

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur

et de la recherche scientifique

Université Abderrahmane Mira Bejaia

Faculté de Technologie

Département de Génie Mécanique

MEMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER II

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Construction Mécanique

Présenté Par :

Latreche farouk

Ouatah youba

Thème

L'influence de la distribution des contraintes résiduelles sur la déformation de l'alliage d'aluminium lors de l'usinage par tournage

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

Dr. Harrouche. F

Président

Dr. Bensaid. N

Rapporteur

Dr. Boutaani.S

Examineur

Année Universitaire 2022-2023

Remerciements

Je remercie Dieu pour le peu de savoir qu'il nous a permis d'acquérir. Ainsi, nous tenons à remercier chaleureusement et spécialement Dr : Bensaid notre promoteur pour avoir accepté de prendre en charge l'encadrement de notre recherche.

Nous exprimons bien entendu nos remerciements les plus sincères aux membres de jury ainsi que le président de jury pour avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous remercions tout l'ensemble du corps enseignant de la Faculté de technologie, qui ont contribué à notre formation, en particulier les enseignants du Département Génie

Mécanique.

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire. Merci.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail accompagné d'un profond amour à :

A celle qui a insérée le goût de la vie et le sens de la

Responsabilité...merci chère maman.

A celui qui a été toujours la source d'inspiration

Et du courage ...merci chère père.

A mes frères et sœurs qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotions lors de la réalisation de ce travail. A tous mes amis que j'ai connus dans ma vie.

A tous ceux qui sèment le bonheur dans mon chemin

FAROUK

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

*A mes chers parents, source de vie,
D'amours et d'affection*

*A mes chers frères et leurs enfants,
Source de joint et de bonheur*

*A toute ma famille, source d'espoir et de
Motivation*

*A tous mes amis, tout particulièrement
Chère amie avant d'être binôme*

A vous chère lecteur

YOUBA

Sommaire

Remerciements	i
Dédicace.....	ii
Dédicace.....	iii
Sommaire	iv
Liste des figures	viii
Liste des tableaux	x
Nomenclature.....	1
Introduction Générale.....	1

Chapitre I :Aluminium et ses alliages

I.1. Aluminium.....	2
I.2. Alliages de l aluminium	3
I.3. Classification des alliages d'aluminium	4
I.3.1. Les alliages corroyés.....	4
a) Désignation des alliages d'aluminium corroyés	4
I.3.2. Alliages de fonderie	6
a) Désignation des alliages d'aluminium fonderie.....	7
I.4.Propriétés de l'aluminium et ses alliages.....	8
I.4.1.Propriétés physique	8
I.4.2. Propriétés thermique	9
I.4.3.Propriétés mécaniques	9
I.5. La dureté de l'aluminium	10
I.5.1. Essai de dureté Brinell	11

I.5.2.Essai Dureté Vickers.....	12
I.5.3.Essai de dureté Rockwell	13
I.6 Coefficient d'élasticité de l'aluminium	13
I.7.Coefficient de Poisson de l'aluminium.....	13
I.8.Mise en forme de brut d'aluminium	14
I.8.1.Le formage	14
I.8.2.Le moulage.....	15
I.8.3.L'usinage.....	15
I.9. Domaines d'utilisation de l'aluminium.....	16
I.9.1. Domaine d'agro- alimentaires.....	16
I.9.2. Domaine de l'automobile.....	17
I.9.3. Dans le domaine de la construction	17
I.9.4.Dans le domaine marin	17
I.9.5.Dans le domaine de l'aéronautique.....	18
I.9.6.Dans le domaine de l'électricité.....	18
I.10.Le polissage de l'aluminium	18
I.10.1.Définition	18
I.10.2.Types de polissage de l'aluminium.....	18
a) Polissage mécanique	18
b) Polissage chimique.....	18
c) Le polissage électrolytique.....	19

Chapitre II : Usinage par tournage

II.1. Introduction	20
II.2. Le tournage	20
II.2.1.Définition.....	20
II.2.2. Principe de tournage	20
II.3. Les opérations de tournage	21
II.3.1. Le chariotage	21
II.3.2.Le dressage	22
II.3.3.L'alésage	22
II.3.4.Le perçage.....	22
II.3.5. Le Contournage	23
II.3.6. Le Chanfreinage	23
II.3.7. Le Tronçonnage	23
II.3.8.Le Filetage	24
II.4. Machine-outil.....	24
II.4.1. Les tours	24
II.4.2.Classification des machines de tournage	25
II.4.2.1.Les tours parallèles à charioter et à fileter	25

II.4.2.2.Les tours à copier.....	26
II.4.2.3.Les tours automatiques	26
II.4.2.4.Les tours semi-automatiques	27
II.4.2.5.Les tours automatiques multibroches	27
II.4.2.6.Les tours à commande numérique	28
II.5. Les outils de coupe de tournage	28
II.5.1.Composition de l’outil de coupe.....	30
II.5.2.Faces et arêtes de l’outil	30
II.5.3.Angles de l’outil en tournage :	31
II.6.Paramètre de coupe en tournage :	32
II.6.1.Vitesse de coupe :	32
II.6.2.La vitesse d’avance et l’avance par tour.....	33
II.6.3.La profondeur de passe :.....	34
II.7.La rugosité de la surface usinée :	35
II.7.1.Etat de surface usiné :	35
II.7.2.Définition de la rugosité :	35
II.7.3.Paramètres de rugosité :	35
Chapitre III : Partie pratique	
III. 1. Objectif	38
III.2. Matériaux utilisé	38
III.3. Opération d’usinage utilisé	39
III.3.1. Le dressage	39
a. Machine utilisé	40
b. Outil d’usinage utilisé	41
III.3.2. Le polissage.....	41
III.4. Essaie de dureté	42
III.5 Essaie de rugosité.....	44
III.6. Résultats et interprétations.....	44
III.6.1. Résultat de l’essai de dureté	44
III.6.2 Résultats de l’essai de rugosité.....	45
III.6.3.La dureté en fonction de la rugosité	48
III.7. Conclusion	50
Conclusion Générale	51
Références Bibliographiques.....	52

Résumé 54

Abstract 54

Liste des figures

Figure I. 1 : La structure de l'aluminium	3
Figure I. 2 : Les alliages d'aluminium corroyés.....	4
Figure I. 3 : Les alliages d'aluminium fonderie.....	6
Figure I. 4 Désignations des alliages de fonderies (Norme Internationale NF EN 1780).....	7
Figure I. 5 : Comportement plastique sur la profondeur moyenne de contact hc.	10
Figure I. 6 : Essai de dureté Brinell.....	11
Figure I. 7 : Principe de l'essai Vickers.	12
Figure I. 8 : Principe l'essai Rockwell B (HRB).....	13
Figure I. 9 : Petites pièces d'aluminium moulées au sable	15
Figure I. 10 : Pièce en aluminium usiné.....	16
Figure II. 1 : Exemple usinage en tournage.	21
Figure II. 2 : Opération de chariotage	21
Figure II. 3: Dressage extérieur et intérieur	22
Figure II. 4:L'alésage cylindrique et conique	22
Figure II. 5: Le perçage	22
Figure II. 6: Contournage	23
Figure II. 7: Chanfreinage	23
Figure II. 8: Le tronçonnage.....	23
Figure II. 9: Filetage.....	24
Figure II. 10: Composantes d'un tour	25
Figure II. 11: Tour parallèle	25
Figure II. 12: Tours à copier.....	26
Figure II. 13: Tour automatique	26
Figure II. 14: Tour semi-automatique	27
Figure II. 15: Tour automatique multibroches (six broches).....	28
Figure II. 16: Tour à commande numérique.....	28
Figure II. 17: composition d'un outil de coupe	30
Figure II. 18: Les faces et l'arête des outils de coupe	30
Figure II. 19: Plans en main sur un outil de chariotage [Norme NF E 66-502]. [29]	31
Figure II. 20: Angles de coupe d'un outil simple.....	32
Figure II. 21: Vitesse de coupe.....	33
Figure II. 22: Vitesse d'avance Vf. Avance par tour f.....	34
Figure II. 23: Profondeur de passe ap.....	35
Figure II. 24: Les critères de la rugosité.....	37
Figure III. 1 : Cylindre plein d'aluminium (Al-Cu2Mg)	38
Figure III. 2 : Cylindre plein d'aluminium (AL moulé).....	39
Figure III. 3 : opération de dressage réalisé	40
Figure III. 4 : tour conventionnel type SN 40 C.....	40
Figure III. 5 : Outil de coupe à plaquette en carbure métallique amovible.....	41

Figure III. 6 : Essai de polissage réalisé avec une polisseuse mécanique	42
Figure III.7 : durometre type Qness 250 CS	43
Figure III.8 : Empreinte laissée par l'indenteur Vickers.....	43
Figure III.9 : Rugosimètre marque LiteSURF-SOMECO	44
Figure III.10 : Variation de la dureté à proximité du centre la pièce	44
Figure III.11 : Variation de la dureté à proximité de l'extrémité de la pièce.....	45
Figure III.12 : les profils de la rugosité au centre et extrémité de la pièce (Al-Cu2Mg).....	46
Figure III.13 : les profils de la rugosité au centre et extrémité de la pièce (Aluminium moulé)	47
Figure III.14 : variation de la dureté en fonction de la rugosité à proximité du centre de la pièce (Al-Cu2Mg)	48
Figure III.15 : variation de la dureté en fonction de la rugosité à proximité de l'extrémité de la pièce (Al-Cu2Mg)	48
Figure III.16 : variation de la dureté en fonction de la rugosité à proximité du centre de la pièce (AL moulé)	49
Figure III.17 : variation de la dureté en fonction de la rugosité à proximité de l'extrémité de la pièce (AL moulé)	49

Liste des tableaux

Tableau I.1: Production mondiale d'aluminium primaire	2
Tableau I.2: Désignation des alliages d'aluminium corroyés	4
Tableau I.3: Désignation des alliages d'aluminium fonderies	7
Tableau I.4: Propriétés physiques de l'aluminium	8
Tableau II.1: Quelques outils et ses opérations essentielles en tournage.....	29
Tableau III.1 : Composition chimique de matériau 1(Al-Cu2Mg)	38

NOMENCLATURE

Symboles	Définition	Unité (SI)
		-
HB	: dureté brinell	
F	: force	N
D	: diamètre	mm
d	: diamètre de l'empreinte	mm
h	: profondeur	mm
HV	: dureté Vickers	-
HR	: dureté Rockwell	-
ν	: coefficient de poisson	-
ϵ	: l'allongement longitudinal	
ϵ_r	: l'allongement transversal	
A_γ	: Face de coupe	
A_α	: face de dépouille	
γ_o	: angle de coupe	Dégré(C°)
α_o	: angle de dépouille	Dégré(C°)
β_o	: angle de taillant	Dégré(C°)
V_c	: vitesse de coupe	(m/min)
N	: vitesse de rotation	(Tour/min)
V_f	: vitesse d'avance	(mm/min)
f	: l'avance par tour	(mm/tour)
ap	: la profondeur de passe	(mm)
R_a	: Rugosité moyenne arithmétique	(μm)
R_v	: Profondeur maximale des vallées	(μm)
R_z	: Rugosité moyenne profondeurs	(μm)
R_p	: Hauteur maximale des pics	(μm)
R_t	: Rugosité maximale	(μm)
l_m	: longueur d'évaluation	(mm)

Introduction Générale

Introduction Générale

Au cours des dernières décennies, l'aluminium et ses alliages ont acquis une place prépondérante dans le développement industriel et le progrès technologique. En raison de leurs propriétés uniques, ils sont devenus des matériaux de choix dans de nombreux secteurs industriels, allant de l'aérospatiale à l'automobile, en passant par l'électronique et la construction. L'aluminium pur présente déjà des caractéristiques attrayantes telles que sa légèreté, sa résistance à la corrosion et sa conductivité thermique élevée. Cependant, ces propriétés peuvent être encore améliorées en créant des alliages d'aluminium, résultant de la combinaison de l'aluminium avec d'autres éléments

L'usinage par tournage est en effet l'une des techniques d'usinage les plus largement utilisées dans l'industrie de la fabrication. Elle implique la rotation d'une pièce fixée sur un mandrin, tandis qu'un outil de coupe est utilisé pour façonner la pièce. Ce processus permet de créer une multitude de formes, de diamètres et de finitions de surface, et il est largement appliqué dans divers secteurs industriels.

La structure et le contenu de ce mémoire sont organisés de la manière suivante :

Dans le chapitre I : Une recherche bibliographique sur l'aluminium et ses alliages, leurs propriétés, la mise en forme du brut et leur domaine d'utilisation, en intégrant les notions du module de Young et de coefficient de Poisson et une généralité sur le polissage

Le chapitre II : est une étude bibliographique permettant de présenter des généralités sur l'usinage par tournage ou parlerons-nous sur les tours, les opérations de tournage, ses paramètres de coupe et une généralité sur l'état de surface

Le chapitre III : représente la partie pratique qui est consacré à la présentation des résultats expérimentaux et les discussions de la variation de la dureté et la rugosité au voisinage du centre et proche à l'extrémité des deux échantillons (alliage d'aluminium)

Chapitre I

Aluminium et ses alliages

I.1. Aluminium

L'aluminium est un élément du troisième groupe de classification de Mendeleïev, dont le nombre atomique est 13. Les nombreux attributs et qualités de l'aluminium expliquent sa popularité croissante ; en effet ce métal est malléable, de couleur argentée.

L'aluminium a connu un développement spectaculaire depuis sa naissance en 1854 symbolisée par la présentation à l'Académie des Sciences, par le chimiste français Sainte-Claire Deville, d'un petit lingot réalisé par voie chimique. Mais le véritable début du développement industriel de l'aluminium et ses alliages se produit en 1886 avec l'invention du procédé d'électrolyse de l'aluminium par Paul Héroult en France et Charles Martin Hall aux États-Unis. L'aluminium est aujourd'hui le premier métal non ferreux ; en tonnage, il a supplanté l'étain dans les années 1920, le plomb dans les années 1940, le zinc puis le cuivre dans les années 1950[1].

Tableau I.1 : Production mondiale d'aluminium primaire [1]

Année	en 10 ³ T
1900	4.7
1930	270
1950	1500
1970	10000
1990	19400
2000	22000
2005	23500

L'Aluminium est fabriqué en deux temps :

- Obtention de l'alumine à l'état pur.
- Obtention de l'aluminium à partir de l'alumine.

Le minerai utilisé est la bauxite rouge (hydrate double d'aluminium, de fer, de silice et d'oxyde de titane). La bauxite est constituée d'environ 75 % d'alumine hydratée ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ et $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Le minerai est d'abord concassé et ensuite broyé. [2]

La structure de l'aluminium émane de celle du CFC, c'est-à-dire Cubique à Faces Centrées comme il est montré dans la figure (I.1) ci-dessous

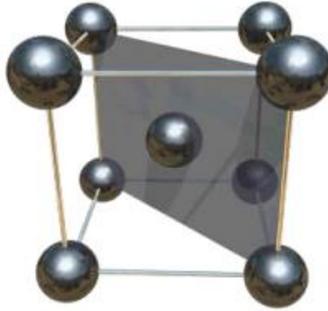


Figure I. 1 : La structure de l'aluminium (CFC) [3]

I.2. Alliages de l'aluminium

L'aluminium est souvent allié à d'autres éléments pour améliorer ses propriétés, notamment sa résistance, sa ductilité, sa conductivité thermique et électrique, ainsi que sa résistance à la corrosion. Il existe trois types principaux d'alliages d'aluminium : les alliages faiblement alliés, les alliages fortement alliés et l'aluminium pur.

➤ Alliages faiblement alliés :

Ces alliages contiennent moins de 5 % d'autres éléments. Ils ont une bonne résistance à la corrosion et une bonne ductilité et peuvent être utilisés pour des applications telles que les feuilles, les plaques, les tôles et les profilés légers.

➤ Alliages fortement alliés :

Ces alliages contiennent plus de 5 % d'autres éléments et ont des propriétés améliorées telles que la résistance à la corrosion, la résistance mécanique, la résistance à la chaleur et la conductivité électrique.

➤ Aluminium pur :

L'aluminium pur a une pureté de 99 % ou plus et est utilisé dans des applications nécessitant une conductivité électrique élevée, telles que les fils électriques, les câbles et les tubes. L'aluminium pur peut également être utilisé pour les composants optiques et les miroirs.

I.3. Classification des alliages d'aluminium

Tous les alliages d'aluminium peuvent être rangés en deux groupes :

- Les alliages d'aluminium corroyés
- Alliages de fonderies

I.3.1. Les alliages corroyés



Figure I. 2 : Exemples des alliages d'aluminium corroyés

Les alliages d'aluminium corroyés sont des matériaux extrêmement importants dans notre domaine. L'aluminium pur présente certaines limitations en termes de résistance mécanique, mais en l'alliant à d'autres éléments, nous pouvons améliorer considérablement ses propriétés.

a) Désignation des alliages d'aluminium corroyés

Tableau I.2 : Désignation des alliages d'aluminium corroyés [4]

Séries d'alliages corroyés	Éléments d'alliages principaux
1XXX	Aucun (99% d'aluminium minimum)
2XXX	Cuivre
3XXX	Manganèse
4XXX	Silicium
5XXX	Magnésium
6XXX	Magnésium et silicium
7XXX	Zinc
8XXX	Autres éléments

Les alliages d'aluminium sont classés en différentes séries, chacune ayant ses propres caractéristiques et applications spécifiques

*Série 1000 (aluminium pur) : Alliages non trempant, principalement composés d'aluminium pur. Ils sont largement utilisés pour leur excellente résistance à la corrosion et leur haute conductivité électrique [5][6].

*Série 2000 (aluminium cuivre) : L'intégration du cuivre en tant que composant principal des alliages d'aluminium vise à améliorer leurs caractéristiques mécaniques. En réalité, cette inclusion favorise la formation d'une phase de durcissement, ce qui entraîne une amélioration des propriétés mécaniques globales de l'alliage tout en conservant sa légèreté. Les alliages d'aluminium de la série 2xxx ont généralement une résistance à la corrosion relativement inférieure par rapport à celle de l'aluminium pur [5][6].

*Série 3000 (aluminium manganèse) : Le manganèse (Mn) est l'élément d'alliage principal de cette série. Dans certains alliages de cette catégorie, la teneur en magnésium (Mg) est significativement élevée. Le manganèse a pour effet d'augmenter les caractéristiques mécaniques. Ces alliages se distinguent par leurs propriétés mécaniques relativement modestes, une excellente formabilité, une bonne soudabilité et une résistance appréciable à la corrosion [5][6].

* la série 4000 (aluminium silicium) : c'est une famille d'alliages d'aluminium qui sont principalement utilisés dans les applications aérospatiales. Le silicium est le composant principal de ces alliages.

* Série 5000 (aluminium magnésium) : Le composant d'alliage utilisé est principalement du magnésium, avec une concentration pouvant atteindre 5%. Ces alliages sont obtenus par un processus d'écrouissage. Leurs propriétés mécaniques sont généralement de niveau moyen, mais elles s'améliorent à mesure que la teneur en magnésium augmente. De plus, ces caractéristiques mécaniques s'accroissent également avec l'intensité de l'écrouissage. Ces alliages se déforment facilement et présentent une bonne adaptabilité à la déformation et ils présentent également d'excellentes performances à basses températures. Leur résistance à la corrosion est remarquable, ce qui les rend particulièrement adaptés aux applications marines [5][6].

*Série 6000 (aluminium magnésium silicium) : Les éléments d'alliage couramment utilisés dans cette série sont le magnésium (Mg) et le silicium (Si). Cette famille d'alliages joue un rôle crucial dans l'industrie et est largement utilisée dans la fabrication de profilés. Ils ont une excellente résistance à la corrosion notamment atmosphérique et ils se soudent très bien (soudure à l'arc ou brasage) [5] [6].

*Les alliages 7000 : l'élément principal de cet alliage est le zinc.

- Avec cuivre : Ce sont eux qui ont les meilleures résistances mécaniques
- Sans cuivre : ils ont de moins bonnes caractéristiques mécaniques mais une meilleure résistance à la corrosion, (En les comparant avec les alliages 7000 avec cuivre)

1.3.2. Alliages de fonderie



Figure I. 3 : Les alliages d'aluminium fonderie

Les alliages d'aluminium de fonderie sont des matériaux utilisés pour la fabrication de pièces coulées en aluminium. Ils sont spécifiquement conçus pour répondre aux exigences de diverses applications industrielles. Ces alliages sont caractérisés par leur capacité à être coulés dans des moules pour créer des formes complexes et des pièces de grande taille [7].

Parmi tous les types d'alliages, les alliages d'aluminium de fonderie se distinguent par leur grande polyvalence.

Les trois procédés principaux utilisés sont : [7]

- Le moulage en sable.
- Le moulage en moule permanent.
- Le moulage sous pression.

a) Désignation des alliages d'aluminium fonderies

Tableau I.3 : Désignation des alliages d'aluminium fonderies [4]

Séries d'alliages de fonderie	Éléments d'alliages principaux
1XX.X	99% d'aluminium minimum
2XX.X	Cuivre
3XX.X	Silicium + cuivre et/ou magnésium
4XX.X	Silicium
5XX.X	Magnésium
7XX.X	Zinc
8XX.X	Autres éléments
9XX.X	Autres éléments

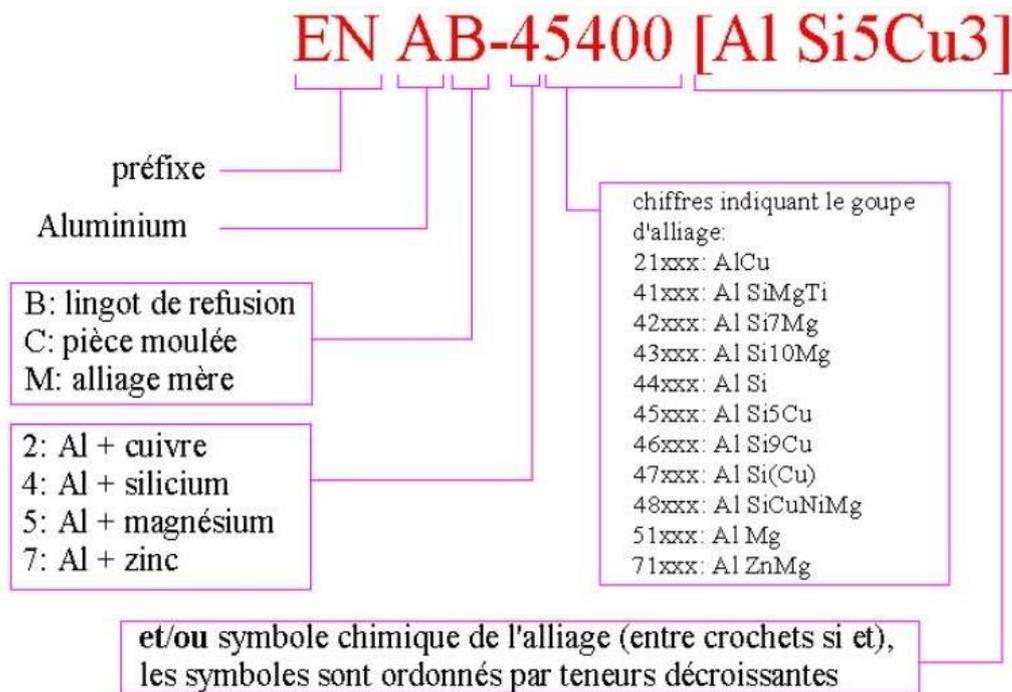


Figure I. 4 Désignations des alliages de fonderies (Norme Internationale NF EN 1780)

I.4. Propriétés de l'aluminium et ses alliages

I.4.1. Propriétés physiques

En résumé sa dans un tableau

Tableau I.1: Propriétés physiques de l'aluminium [8].

Propriété	Valeur	Unité
Symbole	AL	/
Numéro atomique	13	/
Masse volumique	2698	kg/m ³
Point de fusion	660	°C
Point d'ébullition	2056	°C
Conductivité thermique	237	W .m ⁻¹ .K ⁻¹
Résistivité électrique	0,0265	μΩ · m
Limite d'élasticité	10 à 20	MPa
Module de Young	69000	MPa
Coefficient de dilatation linéique	23,1	10 ⁻⁷ K ⁻¹
Coefficient de poisson	0.33	/
Susceptibilité magnétique k	0.0006	
Résistance maximale à la traction	70 a 80	MPa

I.4.2. Propriétés thermiques

La conductivité thermique de l'aluminium est de 237 W/ (m. k) à la température ambiante. Elle varie en fonction de la température. Au-dessous de $-173\text{ }^{\circ}\text{C}$, la conductivité thermique de l'aluminium de pureté titrée à 99,99 % et plus est très sensible au niveau d'impuretés [1].

L'aluminium est un métal qui présente de très bonnes propriétés thermiques. Il possède une conductivité thermique élevée, ce qui signifie qu'il est capable de conduire la chaleur de manière efficace. En fait, l'aluminium a une conductivité thermique environ trois fois plus élevée que celle de l'acier.

Cela signifie que l'aluminium est souvent utilisé dans les applications où la dissipation de chaleur est importante, telles que les radiateurs, les échangeurs de chaleur et les dissipateurs thermiques dans les appareils électroniques. Sa haute conductivité thermique permet de transférer rapidement la chaleur générée vers l'extérieur, ce qui contribue à maintenir les températures de fonctionnement optimales.

L'aluminium lisse présente une réflectivité élevée sur le spectre électromagnétique des ondes radio et dans la gamme infrarouge et thermique. Il réfléchit environ 80 % de la lumière et 90 % de la chaleur qui frappe sa surface. Cette réflectivité élevée confère à l'aluminium un bel aspect esthétique et le rend efficace contre la lumière et le rayonnement thermique dans des applications telles que les toitures et les écrans thermiques pour véhicules automobiles [9].

I.4.3. Propriétés mécaniques

Lorsqu'il est commercialement pur et à l'état recuit, l'aluminium présente des propriétés mécaniques relativement faibles. Cependant, il est possible d'améliorer considérablement ces propriétés en utilisant des techniques telles que l'écrouissage, l'ajout d'éléments d'alliage ou des traitements thermiques appropriés. Les alliages d'aluminium, ainsi que l'aluminium lui-même, ont une structure cristalline cubique à faces centrées. En conséquence, à l'état recuit, ils exhibent une excellente ductilité par rapport aux aciers. Les propriétés mécaniques de l'aluminium sont bien différentes de celles de l'acier. Parmi les principales différences avec l'acier notons l'élasticité (module de Young) et la densité qui sont trois fois moins élevées. La résistance mécanique et la résistance à la fatigue de l'aluminium sont tout aussi différentes de celles de l'acier. C'est pourquoi il est important de bien connaître les limites du matériau avant de l'utiliser [10].

L'aluminium présente la caractéristique d'être entièrement recyclable sans aucune dégradation de ses propriétés. Son recyclage demande seulement une faible quantité d'énergie, représentant environ 5% de l'énergie nécessaire à la production de métal primaire

L'aluminium présente une température de fusion relativement basse, aux alentours de 660°C. Cela se traduit par une facilité de fusion, ce qui est un avantage considérable lors des opérations de fonderie. Sa ductilité à l'état solide permet également de l'usiner aisément, et il ne produit pas d'étincelles. De plus, l'aluminium est un matériau relativement élastique mais peu malléable. Sa rigidité permet l'utilisation de structures tubulaires et profilées, ce qui le rend idéal pour des applications telles que la robotique, l'aviation et le cyclisme [10].

I.5. La dureté de l'aluminium

La dureté mécanique d'un matériau solide est une mesure de sa résistance à la déformation lorsqu'il est soumis à une charge rigide P . Les essais de dureté consistent à utiliser un pénétrateur rigide, généralement en diamant, pour enfoncer dans le matériau solide. Ces tests doivent être peu destructifs, en appliquant une charge normale et constante, et mesurer les dimensions de l'empreinte laissée par le pénétrateur rigide sur la surface plane du matériau solide indenté.

La dureté d'un matériau est exprimée par un nombre qui représente la pression appliquée. Ce nombre de dureté, noté H est obtenu en divisant la force de la charge appliquée P par l'aire de la surface de contact AC , ($H=P/AC$) de l'empreinte formée lors du test de dureté. Pendant cet essai, qui comprend un cycle de charge-décharge, une empreinte d'indentation se forme, entourée d'une zone déformée plastiquement. Il est important de noter que plus la dureté du matériau est élevée, plus petite seront l'empreinte et la zone déformée [10].

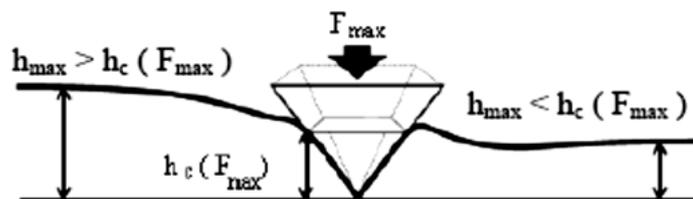


Figure I. 5 : Comportement plastique sur la profondeur moyenne de contact h_c .

La déformation plastique est causée par des microdéformations qui se produisent au niveau de la maille cristalline du matériau, en raison de défauts microstructuraux tels que les précipités, les atomes insérés ou substitués, ainsi que les dislocations [10].

La dureté de l'aluminium peut être mesurée à l'aide de différents tests de dureté, tels que l'essai de dureté Brinell, l'essai de dureté Rockwell, l'essai de dureté Vickers. Chaque test utilise une méthode spécifique pour mesurer la résistance du matériau à la déformation.

I.5.1. Essai de dureté Brinell

Le pénétrateur utilisé dans les tests de dureté peut être une bille en acier trempé (dureté HBS) ou en carbure de tungstène (dureté HB) avec un diamètre D en millimètres. L'empreinte laissée sur le matériau testé est une calotte sphérique dont le diamètre moyen d est mesuré en utilisant un appareil optique approprié, en prenant la moyenne de deux diamètres orthogonaux. La charge d'essai F , exprimée en newtons, est sélectionnée dans une plage normalisée adaptée au diamètre D du pénétrateur et au matériau testé. La dureté du matériau est déterminée en calculant le rapport de F (exprimée en kilogrammes-force) à la surface de l'empreinte. Exprimée sans dimension [11] :

$$HB = \frac{0,102.2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (I.1)$$

F : est la force appliquée en kilogramme-force (kgf) ; Si F est Newton, il faut multiplier F par 0,102

D : le diamètre de la bille en millimètre (mm).

d : le diamètre de l'empreinte laissée par la bille en millimètre (mm).

h : profondeur en millimètre (mm)

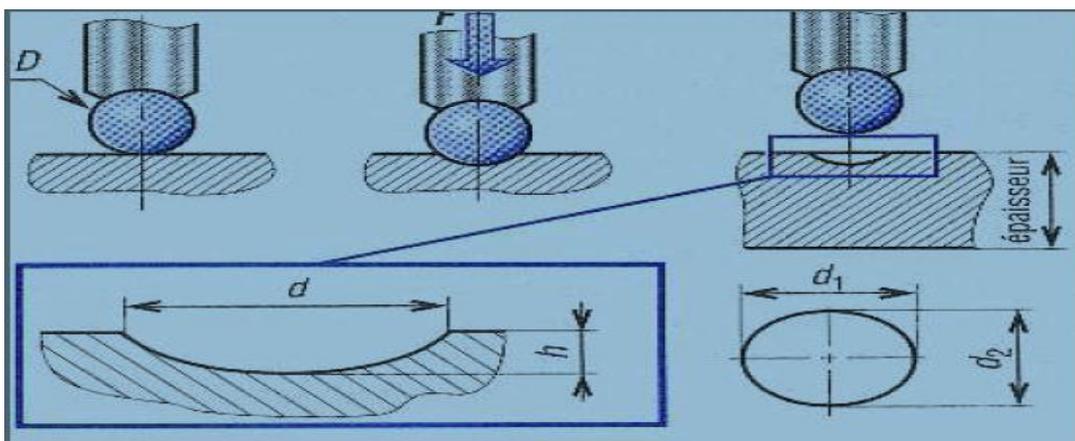


Figure I. 6 : Essai de dureté Brinell [11]

I.5.2. Essai Dureté Vickers

La méthode d'indentation Vickers est couramment utilisée pour mesurer la dureté des matériaux, en particulier pour les pièces de petites dimensions. C'est une technique de mesure de dureté non destructive qui offre des résultats précis. Cependant, la lecture des longueurs de diagonale de l'empreinte laissée par le pénétrateur Vickers peut être relativement lente, ce qui peut être un facteur à prendre en compte lors de l'utilisation de cette méthode sur des échantillons de petite taille.

L'essai de dureté Vickers repose sur un principe fondamental qui consiste à créer une empreinte dans le matériau en utilisant une pyramide de base carrée avec un angle de sommet de 136 degrés. Cette pyramide est enfoncée dans le matériau sous une charge constante et normale. Une fois la charge annulée (c'est-à-dire que le pénétrateur est retiré), les diagonales de l'empreinte laissée sur la surface sont mesurées.

La charge est appliquée pendant une durée de 10 à 15 secondes. Une charge normale est utilisée, suffisamment faible pour que l'empreinte (déformation) causée par la pression de la pyramide Vickers soit localisée au-dessus de la surface plane de l'échantillon de matériau solide à tester. Les longueurs des deux diagonales de l'empreinte carrée, notées d_1 et d_2 , sont mesurées à l'aide d'un appareil d'observation optique. On calcule ensuite la valeur moyenne d en prenant la moyenne de d_1 et d_2 . Cette valeur moyenne est utilisée pour calculer la dureté de Vickers, qui est un nombre caractéristique de la dureté du matériau [10].

$$HV = \frac{2P \sin 136/2}{D^2} \quad (I.2)$$

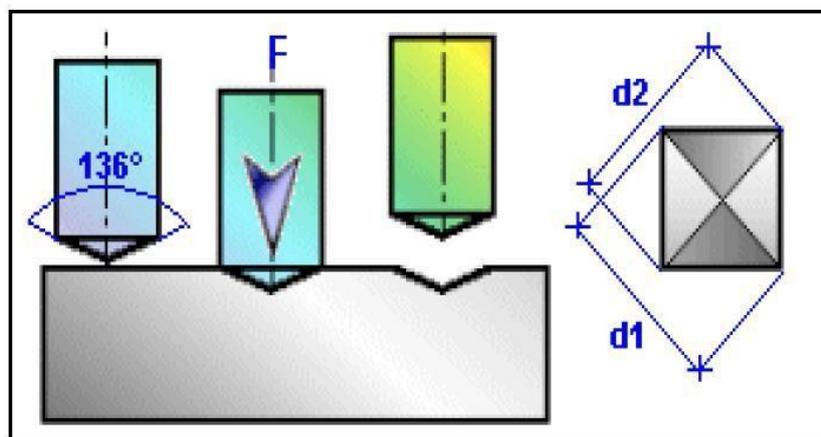


Figure I. 7 : Principe de l'essai Vickers [11].

I.5.3. Essai de dureté Rockwell

Le pénétrateur est soit une bille en acier (diamètre $D = 1,5875$ ou $3,175$ mm) soit un cône à 120° avec une pointe en diamant de rayon $0,2$ mm. La dureté est déterminée d'après la variation de profondeur de pénétration causée par l'application de la charge [11].

Pour l'aluminium et ses alliages on utilise le pénétrateur est une bille d'acier trempé essai Rockwell B (HRB).

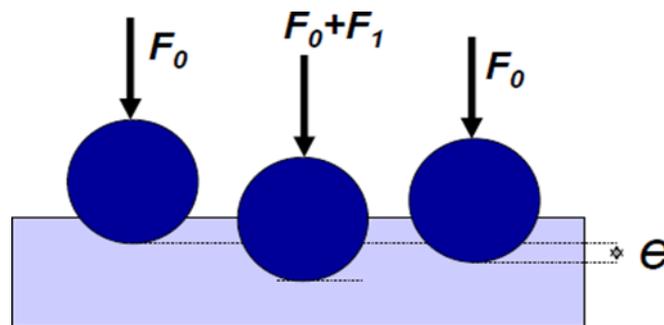


Figure I. 8 : Principe l'essai Rockwell B (HRB) [11]

I.6 Coefficient d'élasticité de l'aluminium

Le module de Young, également appelé module d'élasticité longitudinale, est une constante mesurable qui établit la relation entre la contrainte de traction (ou de compression) et le début de la déformation dans un matériau élastique. Il est généralement noté "E" et est également connu sous le nom de module de traction [12].

Il est égal à $66,6$ GPa pour l'aluminium pur et augmente en présence d'impuretés et d'additions. Pour l'aluminium commercialement pur, la valeur de 69 GPa est généralement admise. Pour les alliages, le module est généralement compris entre 69 et 72 GPa. Il est particulièrement sensible à la teneur en silicium et passe de 70 à 82 GPa lorsque la teneur en silicium augmente de 2 à 18% [1].

Il est important de noter que le coefficient d'élasticité de l'aluminium peut être influencé par des facteurs tels que la température, la présence d'impuretés et la microstructure du matériau. Les traitements thermiques, tels que le recuit, le durcissement par précipitation ou le travail à froid, peuvent également avoir un impact sur le coefficient d'élasticité de l'aluminium.

I.7. Coefficient de Poisson de l'aluminium

Lorsqu'un matériau s'allonge dans une direction, il se contracte inévitablement dans une autre direction. Cela est dû à la conservation de la matière.

Par conséquent, si une éprouvette s'allonge, son diamètre diminuera. En utilisant les notations (ϵ) pour l'allongement longitudinal et (ϵ_r) pour l'allongement transversal. Le coefficient de Poisson peut être exprimé [13].

$$\nu = \epsilon_r \div \epsilon \quad (I.3)$$

Le coefficient de Poisson, généralement noté par la lettre nu (ν), est une mesure de la déformation transversale qui se produit lorsqu'un matériau est soumis à une contrainte de traction dans une direction spécifique. Pour l'aluminium, ce coefficient est généralement d'environ [0,33] mais cela peut varier légèrement en fonction de la pureté de l'alliage et d'autres facteurs [1].

I.8.Mise en forme de brut d'aluminium

La mise en forme fait référence à l'action de donner une forme spécifique à un matériau, que ce soit par déformation, découpage, pliage, etc. La mise en forme peut être réalisée sur différents matériaux tels que le métal, le plastique, le bois, etc. La mise en forme a pour objectif de donner une forme déterminée au matériau. Les grandes catégories de la mise en forme de l'aluminium sont le formage, le moulage et l'usinage.

I.8.1.Le formage

Le formage est un concept global qui regroupe différentes méthodes de fabrication visant à façonner la matière en lui appliquant une force afin d'obtenir une forme géométrique souhaitée, en exploitant ses propriétés plastiques.

L'aluminium présente un intérêt particulier pour les processus de formage en raison de sa capacité à se déformer à l'état solide. Les pièces en aluminium peuvent être formées à froid, à température ambiante ou à chaud. Cependant, il est plus facile de façonner le matériau lorsqu'il est chauffé. La température de chauffage peut varier de 350 °C à 500 °C, en fonction du procédé et de l'alliage utilisé. Grâce à sa ductilité supérieure par rapport à l'acier, l'aluminium nécessite moins d'énergie, de machines de plus petite taille et d'outils moins imposants pour obtenir la même pièce formée. Par conséquent, l'utilisation de l'aluminium est plus économique [14].

Le formage de l'aluminium peut impliquer des méthodes telles que (le pliage, l'emboutissage, le laminage, etc.), en fonction des besoins et des caractéristiques de la pièce à réaliser.

I.8.2. Le moulage [15]

Le moulage est un procédé de fabrication qui consiste à obtenir une pièce de géométrie complexe en coulant un métal en fusion dans un moule

Le moulage dans des moules en sable et argile est le plus ancien des procédés de fonderie, mais le bas point de fusion de l'aluminium permet aussi d'utiliser des moules métalliques. On classifie normalement les procédés de moulage de l'aluminium de la manière suivante :

- Procédés à moule temporaire avec modèle permanent
 - Moulage au sable à vert et au sable à prise chimique
- Procédés à moule temporaire avec modèles perdus
 - Moulage en cire perdue
 - Moulage à modèle évaporatif (Lost foam)
- Procédés à moule permanent
 - Moulage en moule permanent gravité
 - Moulage en moule permanent par basculement
 - Moulage en moule permanent basse pression
 - Moulage sous pression
 - Moulage sous pression sous vide
 - Moulage semi-solide



Figure I. 9 : Petites pièces d'aluminium moulées au sable

I.8.3. L'usinage

Le processus d'usinage implique l'élimination de matière sous forme de copeaux afin d'atteindre des formes géométriques souhaitées. Les opérations d'usinage peuvent être regroupées en trois catégories : usinage conventionnel, usinage par abrasion et usinage non

conventionnel. La principale différence entre ces catégories d'usinage réside dans le type d'outil utilisé [16]

L'aluminium présente plusieurs avantages en tant que métal pour les procédés d'usinage, tout d'abord, il permet d'atteindre des vitesses de coupe plus élevées par rapport aux alliages d'acier, ce qui permet d'usiner les pièces en aluminium plus rapidement. De plus, l'aluminium possède une bonne conductivité thermique, ce qui contribue à réduire la température des copeaux et des outils de coupe. Cette diminution de température prolonge considérablement la durée de vie des outils [17].



Figure I. 10 : Pièce en aluminium usiné

I.9. Domaines d'utilisation de l'aluminium

L'aluminium est utilisé dans de nombreux domaines en raison de ses propriétés physiques et chimiques avantageuses. Voici quelques domaines d'utilisation courants de l'aluminium :

I.9.1. Domaine d'agro- alimentaires

Dans le domaine agro-alimentaire, l'aluminium est utilisé dans plusieurs applications, notamment : [18]

- Les ustensiles ménagers : casseroles, poêles, plats, gourdes.
- Les appareils électroménagers de cuisson, tels que les autocuiseurs.
- Boîtes pour conserves appertisées.
- Canettes de boissons
- Papier chocolat
- Aluminium ménager

I.9.2. Domaine de l'automobile

Grâce à sa légèreté, l'utilisation de l'aluminium permet de diminuer la consommation de carburant et les émissions. De plus, il contribue à réduire le bruit et les vibrations. En cas d'accident, la structure en aluminium absorbe une grande partie de l'énergie cinétique, minimisant ainsi l'impact sur les occupants du véhicule. L'aluminium ne rouille pas comme l'acier [10].

Voici quelques exemples de domaines où l'aluminium est utilisé dans les voitures :

- Blocs moteurs
- Les Culasses
- Carrosserie, (les capots, les portes, les coffres et les ailes)
- Les Radiateurs
- Les Jantes

I.9.3. Dans le domaine de la construction

En raison de sa légèreté et de sa polyvalence, l'aluminium est un matériau parfaitement adapté aux applications de construction et de revêtement. De plus, sa résistance exceptionnelle à la corrosion le rend pratiquement exempt d'entretien [10].

Voici quelques exemples :

- Les cadres de fenêtres et portes
- Revêtements et bardages
- Toitures
- Les panneaux muraux et les panneaux isolants.
- Les plafonds suspendus

I.9.4. Dans le domaine marin

Des alliages d'aluminium ont été développés, et aujourd'hui, 50% des moteurs horsbord sont fait d'aluminium. Une coque en aluminium peut tenir plus de 30 ans sans donner des signes de fatigue. Le peu d'entretien que demande ce matériau est une raison de son utilisation dans ce domaine [10].

I.9.5. Dans le domaine de l'aéronautique

La présence prédominante de l'aluminium dans l'industrie aéronautique est principalement due à sa légèreté exceptionnelle. Il offre ainsi des avantages significatifs tels que des économies de carburant, une réduction des émissions et une augmentation de la charge utile des avions [10].

I.9.6. Dans le domaine de l'électricité

- Lignes aériennes.
- Câbles électriques de distribution et de transport d'énergie électrique
- Câbles d'énergie pour usage industriel.

L'aluminium est spécialement adapté à cette utilisation grâce à sa haute conductivité électrique, sa faible densité et sa résistance remarquable à la corrosion [10].

I.10. Le polissage de l'aluminium**I.10.1. Définition**

Le polissage est une étape clé dans la chaîne des opérations de préparation de surface. Il s'agit essentiellement d'une opération de finition visant à réduire la rugosité et à améliorer la topologie de la surface en éliminant les défauts superficiels qui peuvent être mis en évidence lors d l'usinage. Ces défauts comprennent les microfissures, les porosités et les inclusions etc [19].

I.10.2. Types de polissage de l'aluminium**a) Polissage mécanique**

Le polissage mécanique est une opération visant à obtenir une surface lisse et brillante en appliquant une pression et en effectuant des mouvements relatifs entre la pièce et l'outil. Cela peut être réalisé avec ou sans l'utilisation d'abrasifs et sans enlever de manière significative la matière de la pièce [19].

b) Polissage chimique

C'est la dissolution contrôlée du métal de base afin d'obtenir une surface brillante. la surface est ensuite sujette aux rayures et à la corrosion et le processus doit se compléter par une anodisation ou par une finition organique transparente. Ce processus est utilisé pour des réflecteurs et des éléments de décoration [20].

c) Le polissage électrolytique

Le polissage électrolytique est une méthode de traitement de surface qui implique l'application d'un courant électrique à travers une solution électrolytique, afin de dissoudre sélectivement les couches superficielles indésirables de métal(aluminium), ce qui permet d'obtenir une surface lisse, brillante et exempte de défauts [20].

Chapitre II

Usinage par tournage

II.1. Introduction

L'usinage est un procédé de fabrication qui joue un rôle essentiel dans la production de pièces mécaniques. Il consiste à façonner des matériaux bruts en enlevant de la matière pour obtenir des pièces aux formes et dimensions spécifiques. Le processus d'usinage implique l'utilisation de machines-outils spécialisées telles que des tours, des fraiseuses, des rectifieuses et bien d'autres [21] [22].

En usinage, il existe plusieurs configurations utilisables selon le procédé de coupe (le fraisage, le rabotage, le tournage ...). Durant notre étude, nous nous intéresserons à la technique d'enlèvement de matière par tournage.

II.2. Le tournage

II.2.1. Définition

Le tournage est l'une des opérations d'usinage les plus courantes et largement utilisées dans l'industrie mécanique. C'est une opération d'usinage par enlèvement de matière où l'outil est animé d'un mouvement de translation unidirectionnel parallèle ou perpendiculaire à l'axe de la pièce en rotation. L'outil vient donc réaliser soit le chariotage d'une surface cylindrique, soit le dressage d'une surface plane ...etc [21].

II.2.2. Principe de tournage

La pièce à usiner est fixée dans le mandrin à l'aide des mors, puis le mandrin est fixé à la broche qui est mise en rotation grâce à un moteur. L'outil coupant est positionné dans un porte-outil et serré à l'aide de vis. Le porte-outil est ensuite monté sur une tourelle porte-outils. Les mouvements de l'outil sont assurés par des moteurs d'avance, à la fois sur le chariot transversal et le chariot longitudinal. La contrepointe est utilisée pour effectuer des opérations telles que le pointage, le centrage, le perçage et l'alésage à l'extrémité de la pièce [22].

L'objectif du tournage est de fabriquer des pièces ayant des formes de révolution, telles que des cylindres, des cônes, des torus et d'autres formes de révolution plus complexes

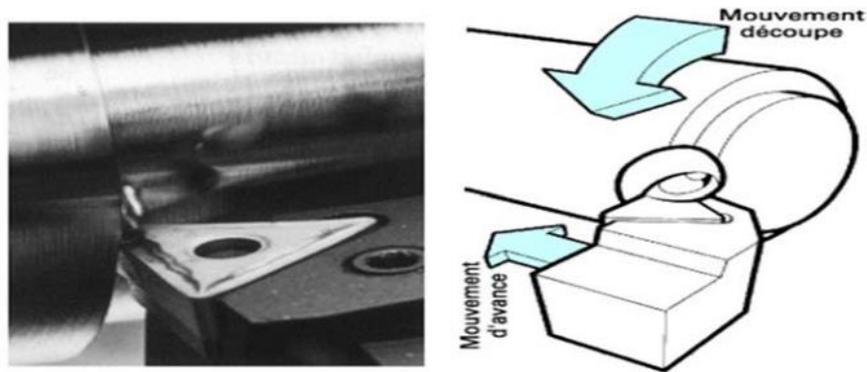


Figure II. 1 : Exemple usinage en tournage. [22]

II.3. Les opérations de tournage

Le tournage est un processus d'usinage qui comprend différentes opérations pour façonner une pièce en rotation :

II.3.1. Le chariotage

Le chariotage consiste à réaliser par tournage des pièces de forme cylindrique circulaire par enlèvement de matière à l'aide d'un outil qui se déplace par rapport au banc de la machine suivant un mouvement d'avance (mouvement de translation rectiligne parallèle à l'axe de la broche). Le mouvement de coupe est donné par la broche qui entraîne un mandrin dans lequel est fixée la pièce à usiner [23].

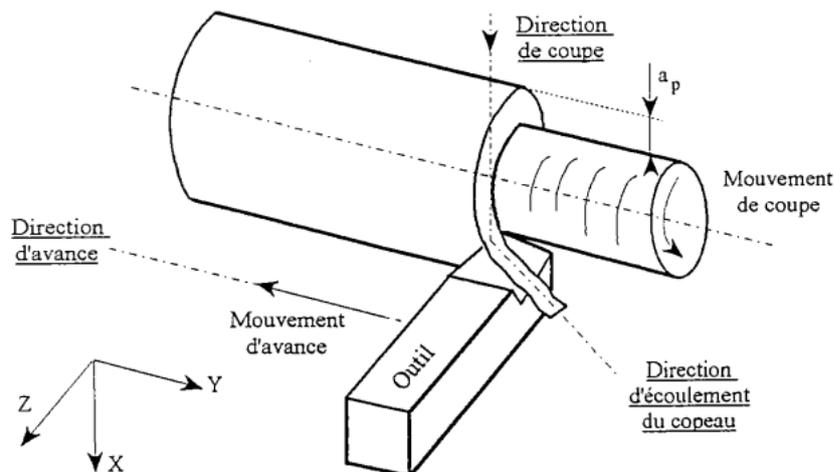


Figure II. 2 : Opération de chariotage [23]

II.3.2. Le dressage

Le dressage en tournage consiste à usiner une surface plane, soit à l'extérieur, soit à l'intérieur de la pièce, de manière perpendiculaire à l'axe de la broche. Son objectif est de réduire la longueur de la pièce en créant une surface plane [24].

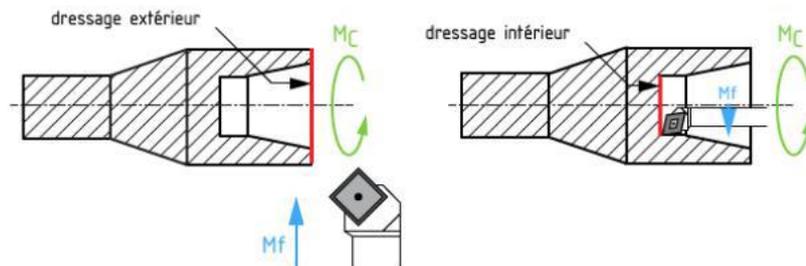


Figure II. 3: Dressage extérieur et intérieur

II.3.3. L'alésage

En tournage l'alésage est une opération d'usinage effectuée sur un tour, qui vise à creuser un trou cylindrique à l'intérieur d'une pièce. L'avantage de cette opération est d'obtenir des dimensions précises, une finition de surface de haute qualité et de respecter des tolérances spécifiques [24].

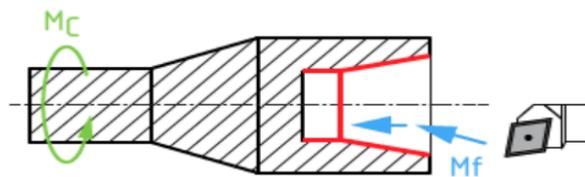


Figure II. 4: L'alésage cylindrique et conique [24]

II.3.4. Le perçage

Le perçage est l'opération qui consiste à usiner un trou dans la pièce (débouchant ou borgne) à l'aide d'une forêt. Souvent, l'axe du trou est confondu avec celui de la pièce [24].

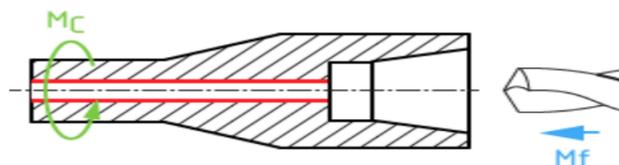


Figure II. 5: Le perçage

II.3.5. Le Contournage

En donnant à l'outil une trajectoire plane quelconque, on peut obtenir une forme de révolution quelconque [24]. Cette opération permet de créer des contours, des profils ou des géométries complexes sur la surface extérieure d'une pièce.

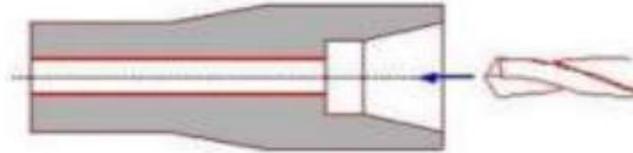


Figure II. 6: Contournage [24]

II.3.6. Le Chanfreinage

Opération qui consiste à usiner un cône de petite dimension de façon à supprimer un angle vif, d'améliorer la sécurité, d'obtenir une meilleure finition et de faciliter l'assemblage de la pièce [24].

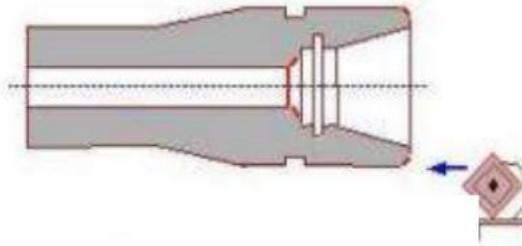


Figure II. 7: Chanfreinage [4]

II.3.7. Le Tronçonnage

Opération qui consiste à usiner une rainure jusqu'à l'axe de la pièce afin d'en détacher un tronçon [24].

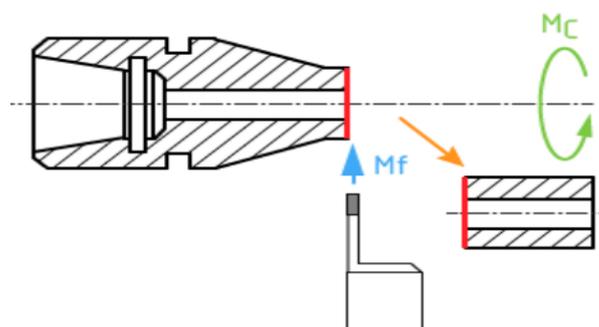


Figure II. 8: Le tronçonnage

II.3.8. Le Filetage

Le filetage est une opération d'usinage réalisée sur un tour ou d'autres machines-outils qui consiste à créer des filets hélicoïdaux sur une pièce (extérieure ou intérieure), le mouvement d'avance est combiné avec le mouvement de coupe [24].

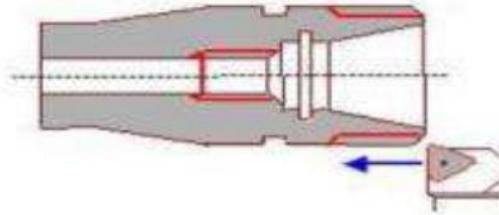


Figure II. 9: Filetage [24].

II.4. Machine-outil

Une machine-outil est un équipement utilisé dans le domaine de l'usinage pour façonner des pièces en enlevant de la matière. Elles comprennent des tours, des fraiseuses, des perceuses, des rectifieuses, des presses et des machines de découpe. Elle est généralement utilisée dans les industries.

En précisant sur le domaine de tournage

II.4.1. Les tours

Les tours sont des machines qui permettent de réaliser des pièces présentant des surfaces de révolution, des filetages hélicoïdaux, des cylindres, des cônes et des plans où la génératrice est perpendiculaire à l'axe de rotation. L'utilisation principale de ces machines est l'usinage des arbres. La pièce à usiner est généralement maintenue par un mandrin et effectue un mouvement de rotation, appelé mouvement de coupe, qui est transmis par la broche. L'outil de coupe peut se déplacer selon deux directions de translation. Ces deux directions, perpendiculaires entre elles, se situent dans un plan parallèle à l'axe de la broche. Le premier mouvement de translation s'effectue parallèlement à l'axe de la broche, tandis que le deuxième mouvement de translation est perpendiculaire à l'axe de la broche [25].

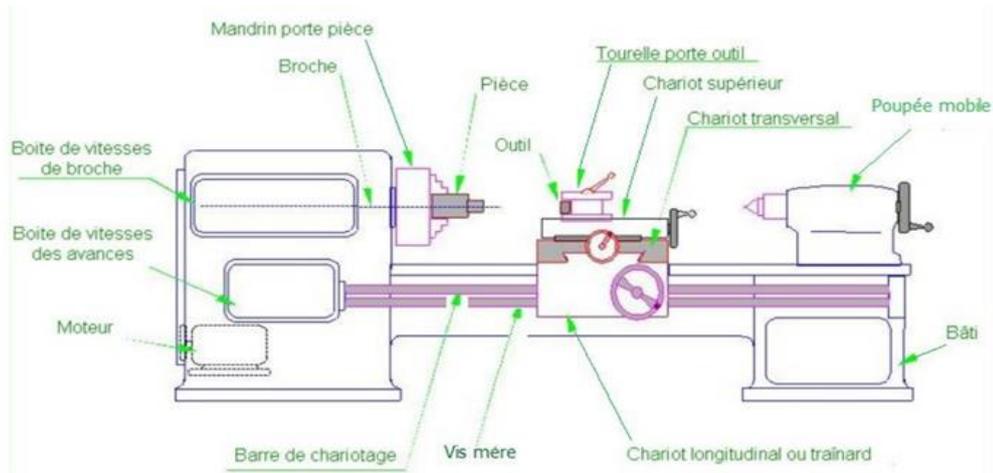


Figure II. 10: Composantes d'un tour [24]

II.4.2. Classification des machines de tournage

Les machines de tournage sont généralement classées en fonction de divers critères tels que leur taille, leur configuration, leur niveau d'automatisation et leur fonctionnalité.

Voici quelques classifications courantes des machines de tournage :

II.4.2.1. Les tours parallèles à charioter et à fileter

Les tours parallèles à charioter et à fileter sont principalement utilisés pour des travaux unitaires ou des petites et moyennes séries impliquant des pièces simples. Ces tours offrent une certaine flexibilité, mais ils sont limités aux surfaces dont les génératrices sont parallèles ou perpendiculaires à l'axe de la broche. Ils sont particulièrement adaptés pour les opérations de tournage où seule la surface extérieure de la pièce est travaillée [25].

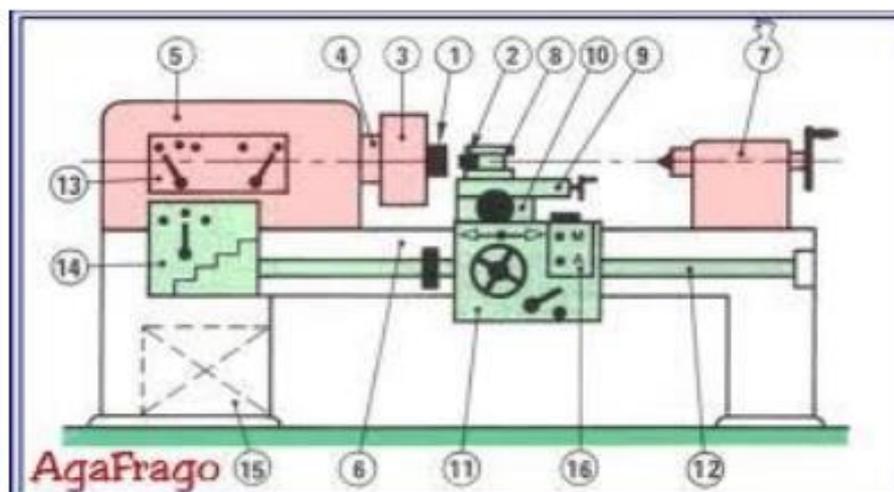


Figure II. 11: Tour parallèle

II.4.2.2. Les tours à copier

Les tours à copier sont des machines spécialisées dans la reproduction de pièces à partir d'un modèle donné. Leur fonctionnement repose sur un système hydraulique de copie qui contrôle précisément le déplacement du chariot transversal. Ces machines offrent une grande flexibilité, ce qui les rend adaptées tant pour des travaux en petites séries que pour des projets nécessitant une production à grande échelle. De plus, elles sont capables de générer des surfaces de révolution de formes variées, ce qui élargit encore davantage leur champ d'application [25].



Figure II. 12: Tours à copier

II.4.2.3. Les tours automatiques

Les tours automatiques sont dotés de multiples outils montés de manière tangentielle à la pièce. Les cames contrôlent les mouvements de ces outils, déterminant ainsi leur vitesse d'avance et leur course. Chaque opération et chaque pièce nécessitent l'utilisation d'une came spécifique. Ces tours fonctionnent de manière entièrement automatisée, n'offrant aucune flexibilité. Ils sont principalement utilisés pour des séries de production très grandes [25].



Figure II. 13: Tour automatique

II.4.2.4. Les tours semi-automatiques

Les tours semi-automatiques sont des machines-outils essentielles dans le domaine de l'usinage mécanique. Ces tours sont équipés d'un trainard similaire à celui d'un tour parallèle, avec la particularité d'avoir une tourelle hexagonale indexable munie de 6 postes d'outils. Cette tourelle permet de changer rapidement les outils pendant les opérations d'usinage, ce qui améliore considérablement l'efficacité du processus. La flexibilité de ces machines est très limitée. On les utilisera pour des travaux de moyenne série. La commande de ces tours peut être manuelle ou en partie automatique [25].



Figure II. 14: Tour semi-automatique

II.4.2.5. Les tours automatiques multibroches

Ce type de tour est équipé de plusieurs broches, chacune étant associée à un outil spécifique. Les broches travaillent simultanément et effectuent des opérations distinctes. Pour cela, les broches effectuent plusieurs tours pour présenter la pièce devant l'outil suivant. Une fois que les broches ont effectué un tour complet, la pièce est terminée. Il est possible d'usiner la pièce directement à partir de la barre de matériau. Cependant, les réglages sur ce type de tour sont relativement longs et le passage d'une série à une autre immobilise la machine pendant un certain temps. Par conséquent, ce tour est généralement réservé aux grandes et très grandes séries de pièces de dimensions réduites en raison de l'espacement entre les broches [25].



Figure II. 15: Tour automatique multibroches (six broches)

II.4.2.6. Les tours à commande numérique

La génératrice de la pièce peut être de n'importe quel type lorsqu'il s'agit de copiage. Cependant, dans ce cas, la trajectoire de l'outil est déterminée par le déplacement simultané de deux axes. Les positions successives de ces axes sont calculées par un ordinateur utilisant un programme spécifique à la pièce. Ces tours sont équipés d'un magasin d'outils et peuvent éventuellement être dotés d'un système de chargement des pièces. Ces machines offrent une grande flexibilité et sont particulièrement adaptées aux travaux unitaires ou aux petites séries répétitives [25].



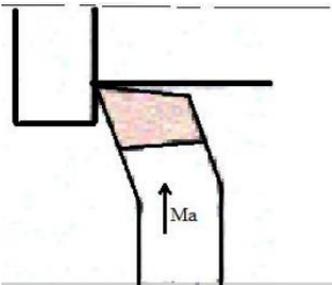
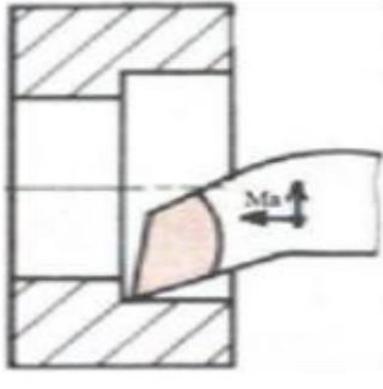
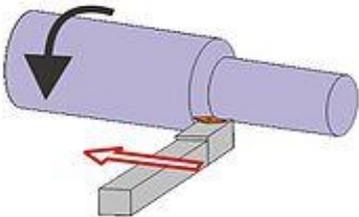
Figure II. 16: Tour à commande numérique

II.5. Les outils de coupe de tournage

Il s'agit de l'outil principal utilisé pour enlever la matière lors du tournage. Il est fixé à un porte-outil et peut avoir différentes formes, telles que des outils à pointe carrée, des outils à pointe ronde, des outils à plaquette carbure, les outils en ARS, etc. L'outil de coupe est sélectionné en fonction du matériau à usiner et de l'opération spécifique à effectuer.

Nous avons cité quelque outil de coupes (outils de coup ARS et outils avec plaquette en carbure) dans le tableau (II.1), tout en donnant quelque types opérations essentielle réalisé avec ses outils dans le tournage

Tableau II.1 : Quelques outils et ses opérations essentielles en tournage [26]

Types d'opération réalisée	L'outil
 <p>Dressage</p>	 <p>Outil a dressé en ARS</p>  <p>Outils à dresser avec plaquette en carbure</p>
 <p>Alésage</p>	 <p>Outil à aléser en ARS</p>  <p>Outil à aléser avec plaquette en carbure</p>
	 <p>Outil a charioté en ARS</p>  <p>Outil a charioté avec plaquette en carbure</p>

II.5.1. Composition de l'outil de coupe

Un outil de coupe se compose d'un corps et d'une queue. Le corps de l'outil est la partie qui porte les éléments coupants ou les plaquettes. La queue de l'outil est la partie utilisée pour le maintenir. La partie de l'outil qui joue un rôle direct dans l'opération de coupe, c'est-à-dire les arêtes, la face de coupe et les faces de dépouille, est appelée partie active [27].

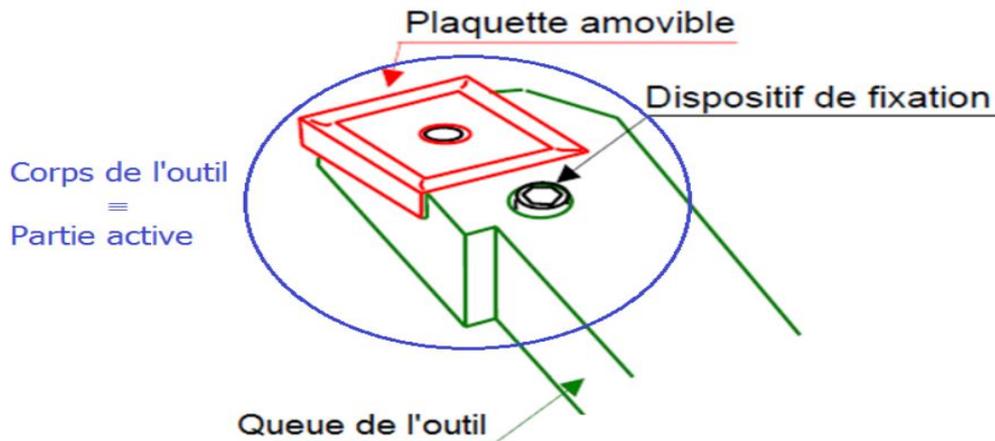


Figure II. 17: composition d'un outil de coupe [27]

II.5.2. Faces et arêtes de l'outil

Les faces et les arêtes d'un outil de coupe sont des caractéristiques essentielles qui déterminent son fonctionnement et son efficacité lors de l'usinage

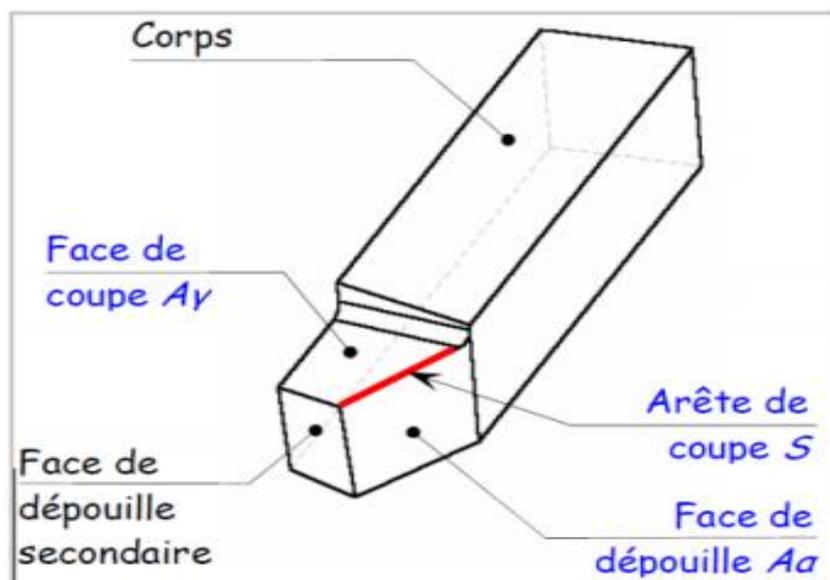


Figure II. 18: Les faces et l'arête des outils de coupe [28]

- Face de coupe $A\gamma$: La surface sur laquelle le copeau glisse
- Face de dépouille $A\alpha$: Face devant laquelle passe la surface qui vient d'être usinée
- Arête de coupe principale S : Intersection entre Face de coupe et Face de dépouille

II.5.3. Angles de l'outil en tournage :

Il est nécessaire de donner les différents angles caractéristiques de l'outil. Ces derniers sont définis par les plans de référence dans le système de l'outil en main sur un outil de tournage (opération de chariotage) [29].

- P_r : plan parallèle à la face d'appui de l'outil.
- P_s : plan tangent à l'arête et perpendiculaire à P_r .
- P_o : plan contenant la vitesse de coupe théorique V_c au point de l'arête et perpendiculaire à P_r et perpendiculaire à P_s (P_o est incliné par rapport à V_f).
- P_n : plan perpendiculaire à P_o et perpendiculaire à l'arête.
- P_f : plan perpendiculaire à P_r et parallèle à la vitesse d'avance V_f . [30]

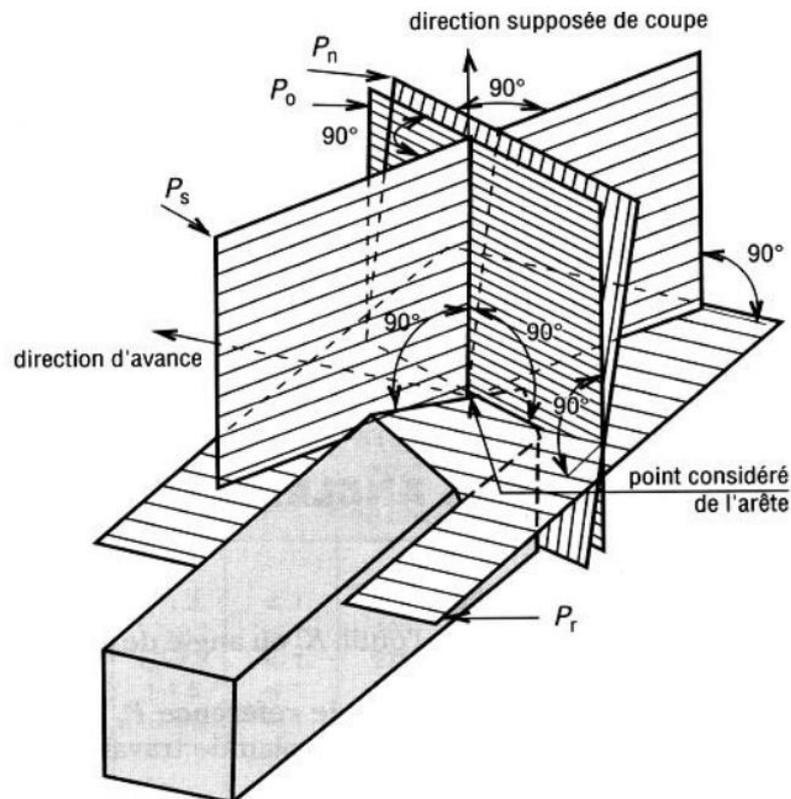


Figure II. 19: Plans en main sur un outil de chariotage [Norme NF E 66-502]. [29]

➤ Angle de coupe (γ_o) :

C'est l'angle entre la face de coupe et un plan de référence P (perpendiculaire à la direction d'usinage). L'angle de coupe affecte la capacité de l'outil à cisailer le matériau à usiner. Il peut être positif, négatif ou nul [31].

➤ Angle de dépouille (α_o) :

C'est l'angle entre la face de dépouille et la surface usinée. Sa valeur, nécessairement positive, oscille généralement entre 2° et 10° [31].

➤ Angle de taillant (β_o) :

C'est l'angle entre la face de coupe et la face de dépouille [31].

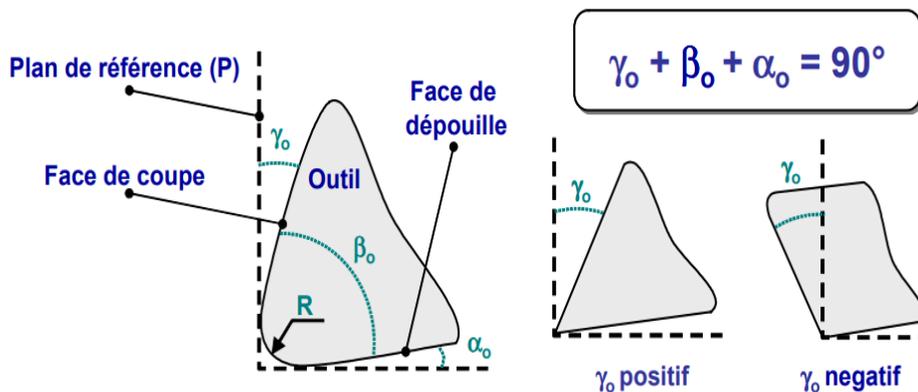


Figure II. 20: Angles de coupe d'un outil simple. [31]

II.6.Paramètre de coupe en tournage :

II.6.1.Vitesse de coupe :

Le choix de la vitesse de coupe (V_c) dépend de la nature de l'opération effectuée et du couple outil-matière (caractéristiques physiques et mécaniques du matériau usiné et du matériau usinant). En pratique, la vitesse de coupe est réglée par la vitesse de rotation de la pièce (notée N et exprimée en [tour/min]). Cette vitesse dépend de la vitesse de coupe et du diamètre de la pièce à usiner. La relation reliant la vitesse de coupe et la vitesse de rotation est donnée par l'Équation (II.1) [29].

$$N = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times D} \quad (\text{II.1})$$

D'après l'équation précédente en détermine

$$V_c = \frac{N \times \pi \times D}{1000} \quad (\text{II.2})$$

Avec

- D diamètre de la pièce exprimée en [mm]
- N vitesse de rotation [tour/min]
- V_c vitesse de coupe [m/min]

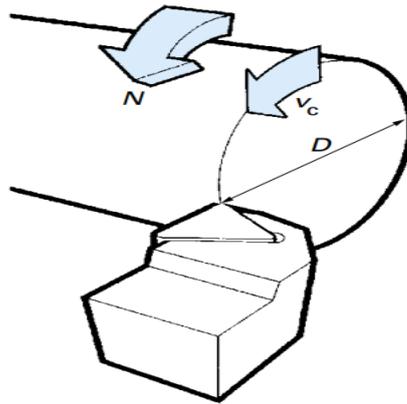


Figure II. 21: Vitesse de coupe [22]

II.6.2.La vitesse d'avance et l'avance par tour

L'avance correspond au déplacement de l'outil en fonction de la rotation de la pièce pendant la formation de copeau. L'avance est notée f et est exprimée en [mm/tour]. Comme pour la vitesse de coupe, en pratique, l'avance s'exprime en vitesse d'avance V_f (mm/ min). Cette dernière représente la vitesse à laquelle l'outil se déplace par rapport au bâti de la machine selon les axes longitudinal et transversal et en fonction du nombre de tours effectués par la pièce [29].

Elle est donnée par l'équation (II.3) :

$$V_f = f \times N \quad (\text{II.3})$$

Cette dernière implique que

$$f = \frac{V_f}{N} \quad (\text{II.4})$$

Avec

- V_f vitesse d'avance (mm/min)
- f l'avance par tour (mm/tour)
- N vitesse de rotation (tour/min)

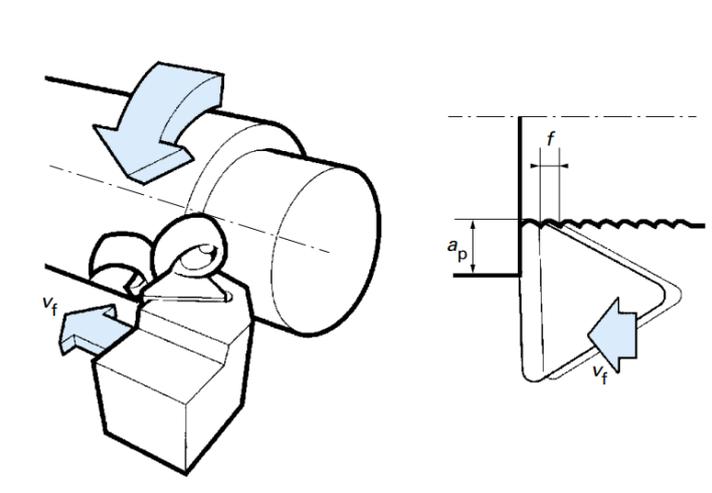


Figure II. 22: Vitesse d'avance V_f . Avance par tour f [22]

En tournage il y a trois types d'avance

- ✓ Avance longitudinale :

Lorsque l'outil de coupe avance longitudinalement, il se déplace dans la direction de l'axe de rotation de la pièce

- ✓ Avance transversale :

L'avance transversale se produit dans une direction perpendiculaire à l'axe de rotation

- ✓ Avance oblique :

L'avance oblique de l'outil de coupe en tournage est le mouvement dans la direction longitudinale et transversale à la fois par rapport à l'axe de rotation de la pièce.

II.6.3. La profondeur de passe :

La profondeur de passe ou de coupe notée a_p (mm) représente la quantité de matière enlevée au rayon de la pièce selon la direction perpendiculaire à l'axe. En considérant respectivement D_1 et D_2 les diamètres de la pièce avant et après tournage, la profondeur de passe est définie par la relation (II.5) [21].

$$a_p = \frac{D_1 - D_2}{2} \quad (\text{II.5})$$

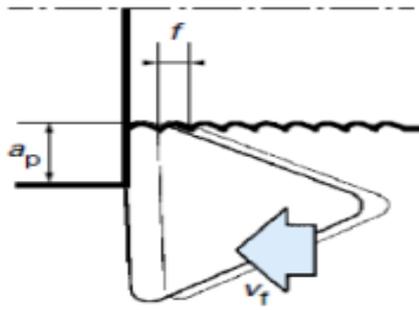


Figure II. 23: Profondeur de passe a_p [22]

II.7.La rugosité de la surface usinée :

II.7.1.Etat de surface usiné :

L'état de surface usiné fait référence à la qualité de la surface obtenue après l'usinage d'une pièce par divers procédés tels que le tournage, le fraisage, le perçage, le meulage, etc.

En tournage l'état de surface dépend principalement de l'avance et du rayon de bec de l'outil. Le choix de l'outil et des conditions de coupe doit donc tenir compte de ces influences et aussi la matière à usiner. Réellement, une pièce après usinage présente toujours des défauts qui influent directement sur les performances de la pièce [32].

II.7.2.Définition de la rugosité :

La rugosité est une mesure quantitative des variations de hauteur et de profil de la surface à une échelle microscopique. Elle se réfère aux irrégularités présentes à la surface d'un matériau ou d'une pièce [32].

En utilise des appareils tels que des rugosimètres pour mesurer la rugosité d'une surface

II.7.3.Paramètres de rugosité : [32]

La rugosité est caractérisée par des paramètres qui sont des mesures spécifiques des caractéristiques de la surface. Les paramètres de rugosité les plus couramment utilisés sont les suivants [ISO 25178] :

➤ **Rugosité moyenne arithmétique R_a (μm) :**

Moyenne arithmétique de toutes les distances absolues du profil de rugosité R mesurée à partir de la ligne médiane du profil sur la longueur d'évaluation (l_m)

$$R_a = \frac{1}{l_m} \int_0^{l_m} |y(x)| dx \quad (\text{II.6})$$

➤ **Rugosité moyenne profondeurs R_z (μm) :**

Moyenne des profondeurs de rugosité de 5 zones d'évaluations successives (l_e)

$$R_z = \frac{1}{5} (R_{z1} + R_{z2} + R_{z3} + R_{z4} + R_{z5}) \quad (\text{II.7})$$

➤ **Hauteur maximale des pics R_p (μm) :**

Hauteur maximale du profil de rugosité R au-dessus de la ligne moyenne sur la longueur d'évaluation l_m

$$R_p = R_{p3} \quad (\text{II.8})$$

➤ **Profondeur maximale des vallées R_v :**

Profondeur maximale du profil de rugosité R en dessous de la ligne moyenne sur la longueur d'évaluation l_m

➤ **Rugosité maximale R_t (μm) :**

Ecart vertical entre le point le plus haut et le point le plus bas du profil de rugosité R , sur la longueur totale d'évaluation l_m

$$R_t = R_p + R_v = R_{p3} + R_{p4} \quad (\text{II.9})$$

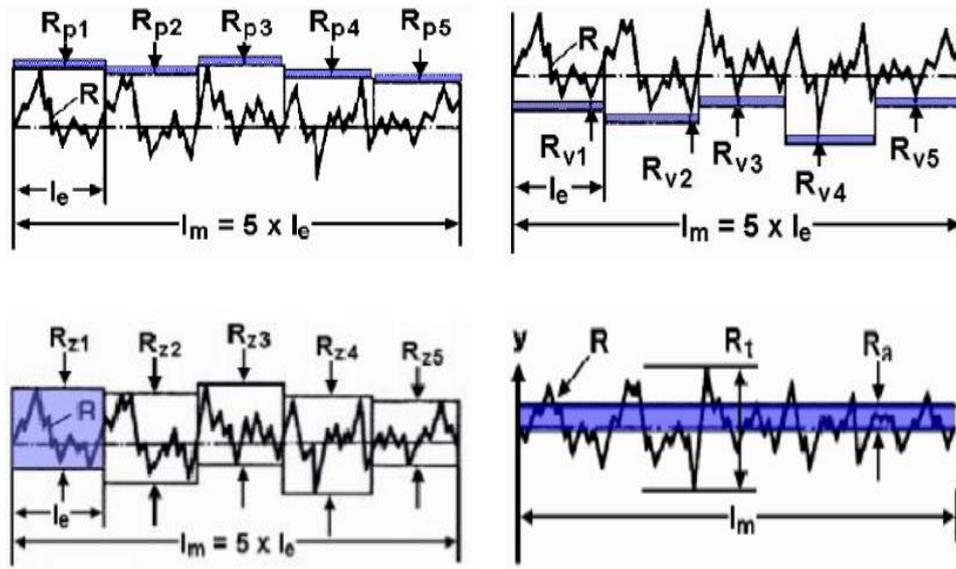


Figure II. 24: Les critères de la rugosité [32]

Chapitre III

Partie pratique

III. Partie pratique

III. 1. Objectif

Dans cette étude, nous avons utilisé deux matériaux en aluminium pour l'objectif d'examiner la dureté Vickers et la rugosité de surface. Nous avons également pris en compte la variation du rayon de contact de l'indenteur Vickers de la zone du centre de la pièce vers son extrémité. De plus, nous avons confirmé nos résultats en analysant l'état de surface dans ces deux zones spécifiques

III.2. Matériaux utilisé

Dans notre travail on a utilisé deux matériaux (alliages d'aluminium) sous forme de cylindre plein (Al-Cu2Mg) et (AL moulé) respectivement

Matériaux 1 :

Cylindre plein d'aluminium (Al-Cu2Mg)

- Longueur : 150 mm
- Diamètre : 50mm



Figure III. 1 : Cylindre plein d'aluminium (Al-Cu2Mg)

- Composition chimique de premier matériau 1

Tableau III.1 : Composition chimique de matériau 1(Al-Cu2Mg)

Éléments	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Cr	Ni	autres	AL
Teneur(%)	0.44	0.51	> 1.5	0.57	0.78	0.13	0.02	0.015	0.02	0.058	Le Reste

Matériaux 2 :

Cylindre plein d'aluminium (aluminium moulé)

- Longueur : 100 mm
- Diamètre : 50mm



Figure III. 2 : Cylindre plein d'aluminium (AL moulé)

III.3. Opération d'usinage utilisé

Pour réaliser notre essais on a passé par des opérations telle que le dressage et le plissage dans le but d'obtenir des surfaces planes pour les deux matériaux et d'avoir des états de surface fiable pour les essais

III.3.1. Le dressage

Dans l'opération de dressage qui vise à usiner une surface plane, perpendiculaire à l'axe de la broche. Nous avons pris toutes les conditions de coupe constantes

- Vitesse de rotation de la broche $N= 710$ [tr/min]
- La profondeur de passe $ap= 1$ [mm]
- L'avance $f=0.18$ [mm/tr]

Nous avons répété l'opération de dressage plusieurs fois, toujours en gardant les mêmes paramètres de coupes pour les deux échantillons



Figure III. 3 : opération de dressage réalisé

a. Machine utilisée

Le dressage est une opération qui se fait à partir d'un tour, dans notre essai nous avons utilisé un tour conventionnel type **SN 40C-50C** situé au niveau du hall technologique de l'université de Bejaia (figure III.4). Il est de marque **TOS TERCIN** d'une puissance de 6.6 KW et du mandrin a 3 mors avec une vitesse de rotation de broche [22,4-2000] tr/min



Figure III. 4 : tour conventionnel type SN 40 C

b. Outil d'usinage utilisé

L'outil utilisé lors de l'opération de tournage (dressage) est un outil de coupe à plaquette en carbure amovible



Figure III. 5 : Outil de coupe à plaquette en carbure métallique amovible.

III.3.2. Le polissage

Après l'opération de dressage, les deux échantillons destinés à l'opération de polissage dans le but d'améliorer la finition et la brillance de la surface. Dans notre essai les deux échantillons sont polis sur des papiers abrasifs de différentes granulométries. On a commencé avec les papiers de grade (320) pour éliminer les imperfections importantes, puis on a répété le processus de polissage progressivement (de grade 400 jusqu'à 2000), en utilisant le grain plus fin pour éliminer les rayures plus légères laissées par le grain précédent jusqu' on a obtenu une bonne finition.

Toutes ses essais à travers d'une polisseuse mécanique situé au niveau de hall de technologie d'université de Bejaia voir la (figure III.6).



Figure III. 6 : Essai de polissage réalisé avec une polisseuse mécanique

III.4. Essai de dureté

Toutes les opérations précédentes sont une préparation des échantillons pour l'essai de dureté, cette dernière est utilisée pour évaluer la résistance d'un matériau à la déformation plastique causée par une force appliquée.

Dans notre travail on a essayé de mesurer la valeur de la dureté sur deux zones aux (centre et extrémité) de brute pour chaque échantillon,

Nos essais sont réalisés au moyen d'un duromètre de marque **Qness 250 CS** situé au hall de technologie d'université de Bejaia (figure III.7)



Figure III. 7 : durometre type Qness 250 CS

A partir de durometre (figure III.7) on a placé l'échantillon sur une platine de l'appareil sous l'indenteur Vickers qui est en forme de pyramide en diamant à base carrée avec un angle de pointe de 136 degrés. Ce dernier nous aidé a appliqué une charge de (0.5 N) plusieurs fois sur le milieu et l'extrémité de l'échantillon pendant 10 à 15 secondes, après le retrait de la charge une empreinte (Figure III.8) laissée par l'indenteur sur la surface de l'échantillon est observée à l'aide d'un microscope optique, d'après le microscope optique on a obtenu des résultats pour les mesures de milieu et celle d'extrémité des deux échantillons

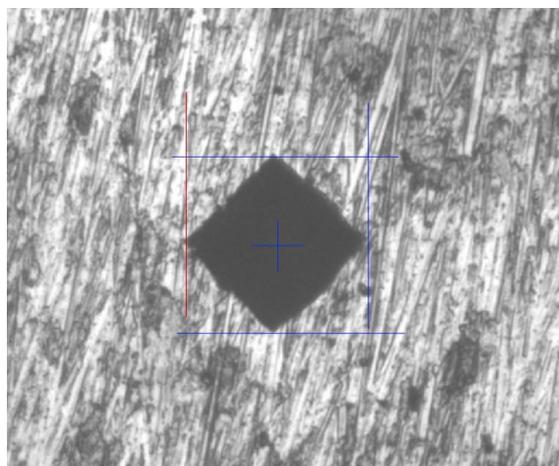


Figure III. 8 : Empreinte laissée par l'indenteur Vickers

III.5 Essai de rugosité

A la suite des opérations d'usinage précédentes on a essayé de mesurer la rugosité de surface pour les deux échantillons en deux zones (centre et extrémité) au moyen d'un Rugosimètre portable voir (Figure III.9). Ce dernier est de marque LiteSURF-SOMECO qui est assisté à un ordinateur nous permettant d'obtenir les profils de rugosité.



Figure III. 9 : Rugosimètre marque LiteSURF-SOMECO

III.6. Résultats et interprétations

III.6.1. Résultat de l'essai de dureté

Le test de dureté Vickers sur les deux échantillons d'alliage d'aluminium à proximité de centre et proche de l'extrémité de la pièce a donné les résultats suivants :

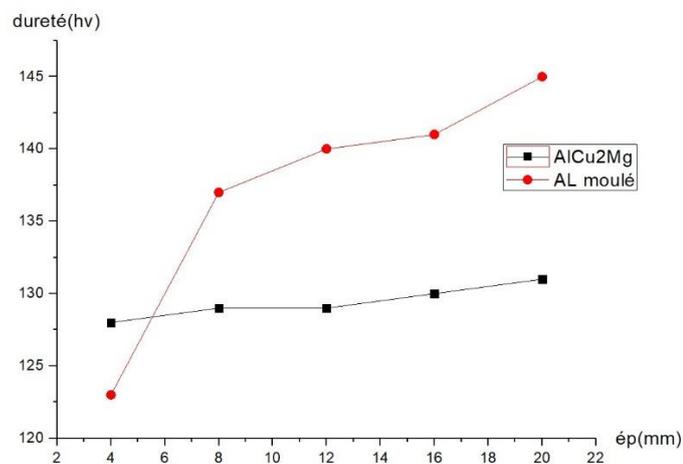


Figure III. 10 : Variation de la dureté à proximité du centre la pièce

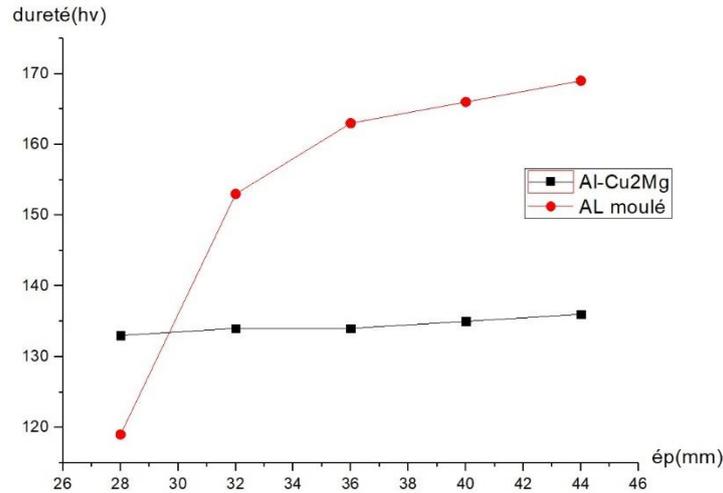


Figure III. 11 : Variation de la dureté à proximité de l'extrémité de la pièce

Les figures (III.10) et (III.11) représente la variation de dureté Vickers en fonction de l'épaisseur de l'échantillon à proximité du centre (figure III.10) et à proximité de l'extrémité (figure III.11) de l'alliage (Al-Cu2Mg) et de l'aluminium moulé.

D'après la (figure III.10) on remarque une augmentation légère de dureté Hv autour de centre de l'alliage (Al-Cu2Mg), par contre autour de centre de l'aluminium moulé on constate que la dureté Hv tend vers une augmentation un peu plus grande en intensité tous en s'éloignant du centre.

D'après la (figure III.11) on remarque que la dureté Hv de l'alliage (Al-Cu2Mg) à proximité de l'extrémité tend vers une stabilisation et on remarque une augmentation de dureté en valeur de l'aluminium moulé tous en s'approchant d'extrémité.

D'après les deux figures (III.10) et (III.11) on constate que la dureté (au centre et extrémité) de l'aluminium moulé est plus grande que celle de l'alliage (Al-Cu2Mg).

III.6.2 Résultats de l'essai de rugosité

Les essais de rugosité sur la surface des deux échantillons (alliage (Al-Cu2Mg) et l'aluminium moulé) à proximité de centre et proche de l'extrémité de la pièce a donnés les résultats suivants :

Matériau 1 : Al-Cu2Mg

Etat de surface au centre de la pièce

Etat de surface loin de centre de la pièce

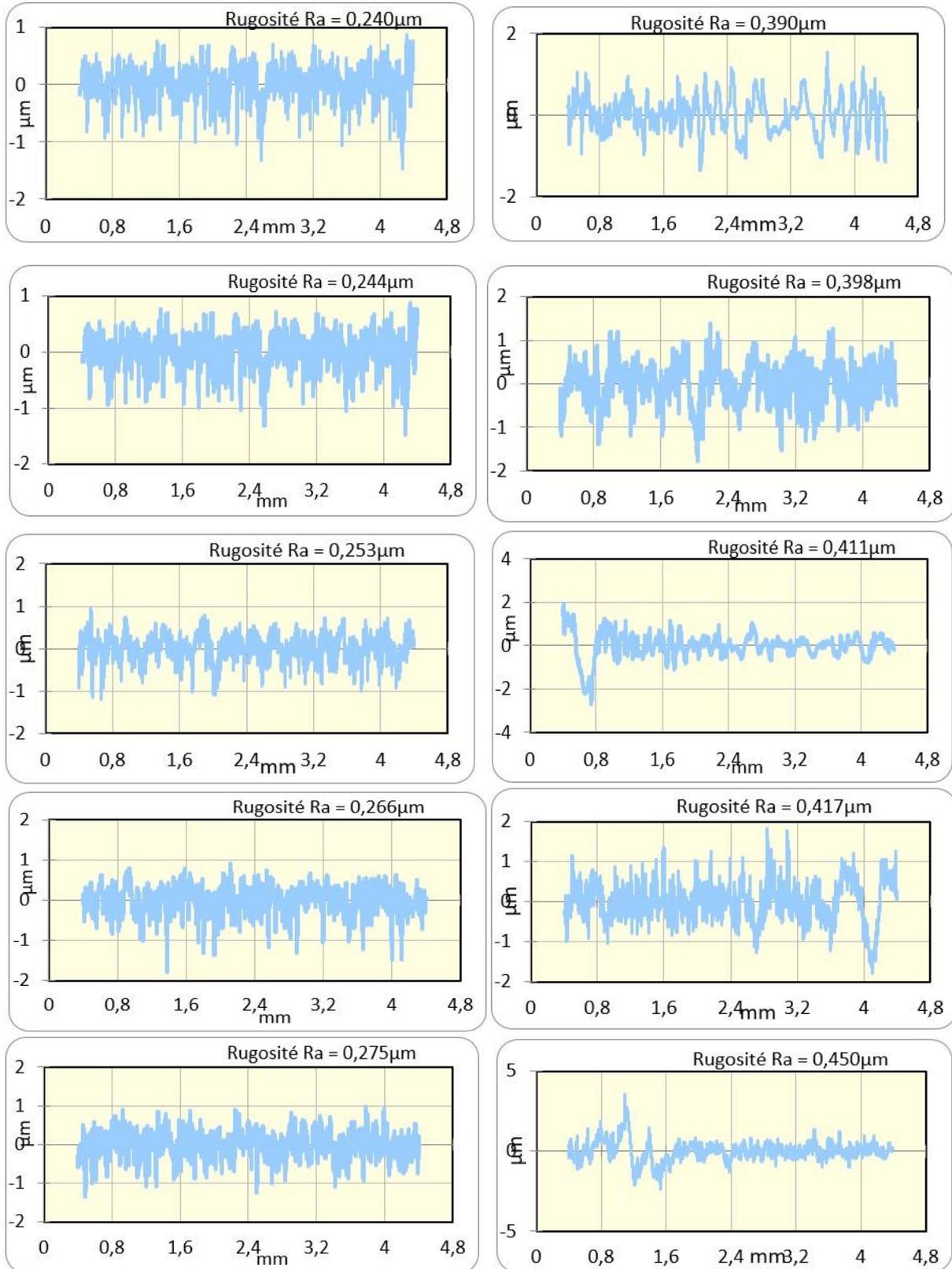


Figure III. 12 : les profils de la rugosité au centre et extrémité de la pièce (Al-Cu2Mg)

D'après les profils de rugosité au centre et à l'extrémité (figure III.12) du premier matériau (Al-Cu₂Mg), on remarque que les valeurs de la rugosité arithmétique Ra s'augmentent légèrement autour de centre et elle augmente encore plus à chaque fois qu'on s'éloigne de centre.

Matériau 2 : AL moulé

Etat de surface autour de centre de la pièce

Etat de surface loin de centre de la pièce

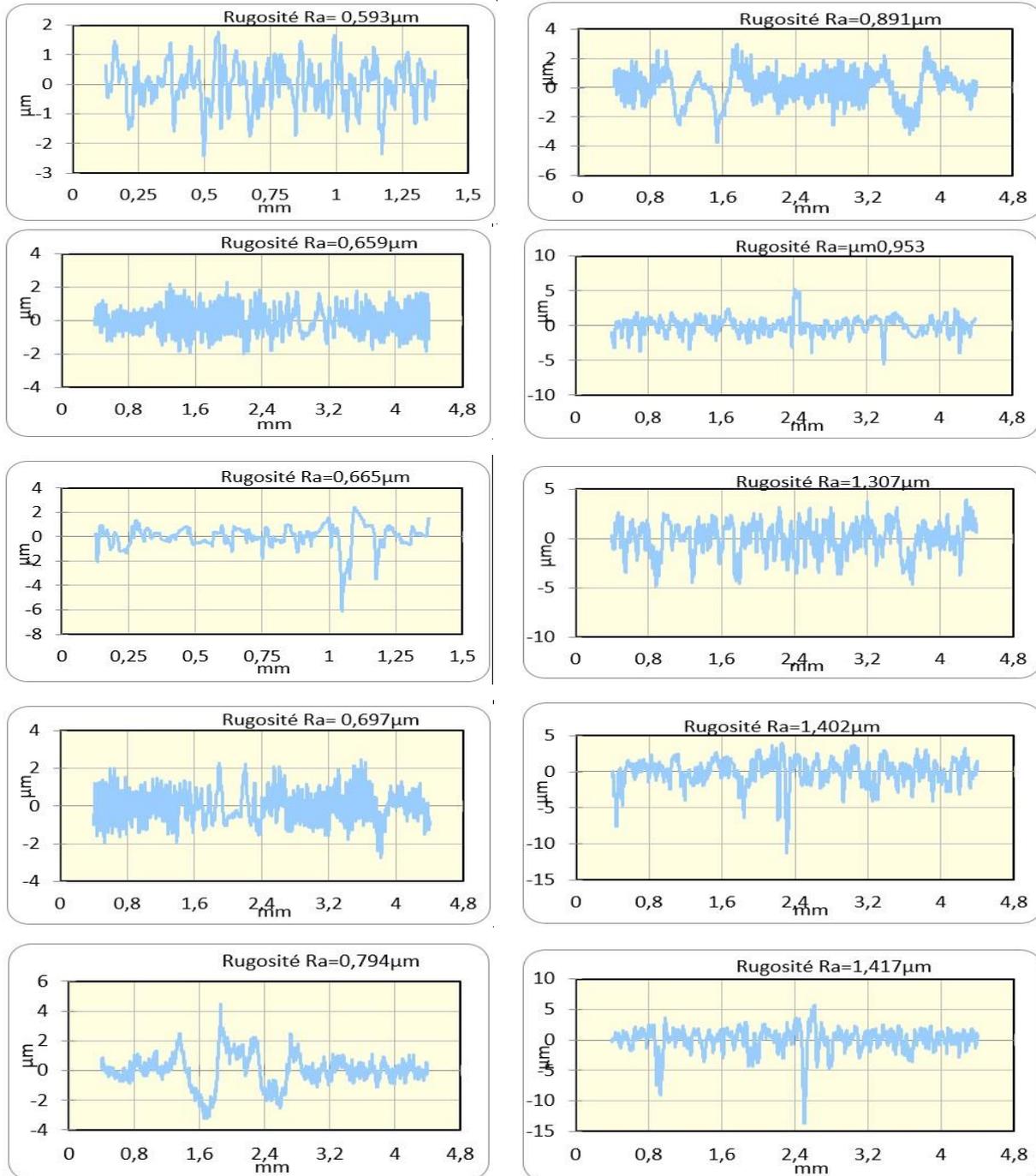


Figure III. 13 : les profils de la rugosité au centre et extrémité de la pièce (Aluminium moulé)

D'après la figure (III.13) on constate que les valeurs de rugosité arithmétique Ra au voisinage de centre de l'aluminium moulé augmente légèrement et elle continue à augmenter tout en s'approchant à l'extrémité cela se traduit par une surface difficile a usiner vers l'extrémité et un peu plus facile à usiner vers le centre

III.6.3.La dureté en fonction de la rugosité

Matériau 1 : Al-Cu2Mg

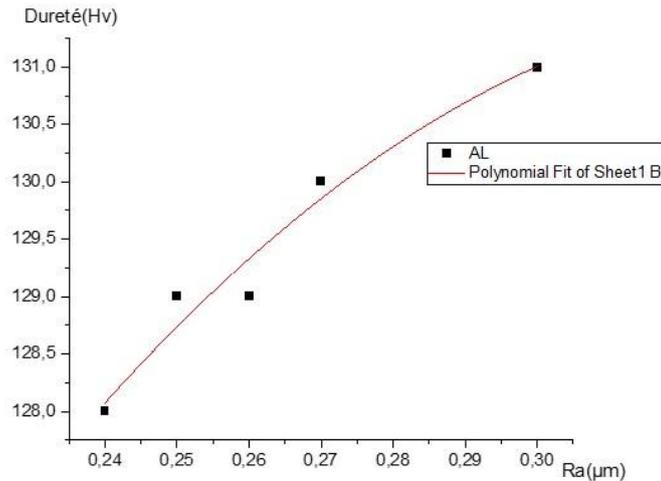


Figure III. 14 : variation de la dureté en fonction de la rugosité à proximité du centre de la pièce (Al-Cu2Mg)

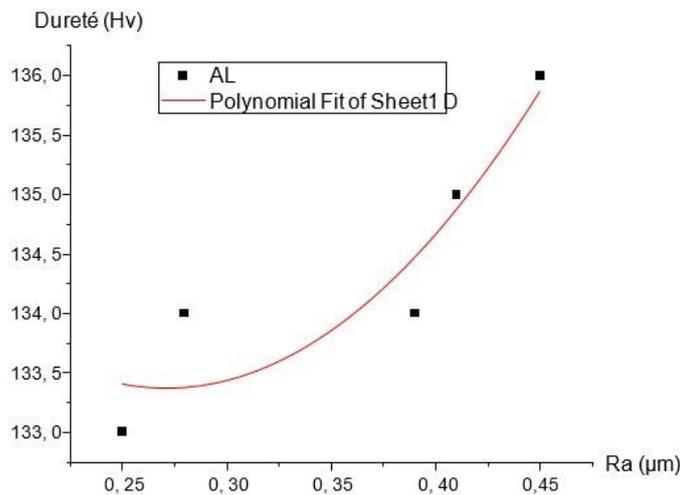


Figure III. 15 : variation de la dureté en fonction de la rugosité à proximité de l'extrémité de la pièce (Al-Cu2Mg)

Les figures (III.14) et (III.15) représentant la variation de la dureté en fonction de la rugosité à proximité de centre (figure III.14) et à proximité de l'extrémité (Figure III.15) respectivement de premier matériau (Al-Cu2Mg).

On remarque qu'à chaque fois la rugosité à proximité du centre de premier matériau (Al-Cu2Mg) augmente la dureté tend vers une augmentation lente en intensité tout en s'éloignant du centre comme le montre la courbe de tendance (figure III.14). Par contre la dureté à proximité de l'extrémité tend vers une augmentation rapide tout en s'approchant à l'extrémité comme le montre la (figure III.15).

Matériau 2 : AL moulé

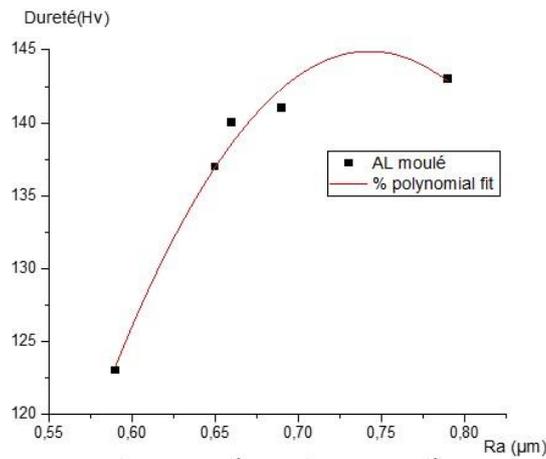


Figure III. 16 : variation de la dureté en fonction de la rugosité à proximité du centre de la pièce (AL moulé)

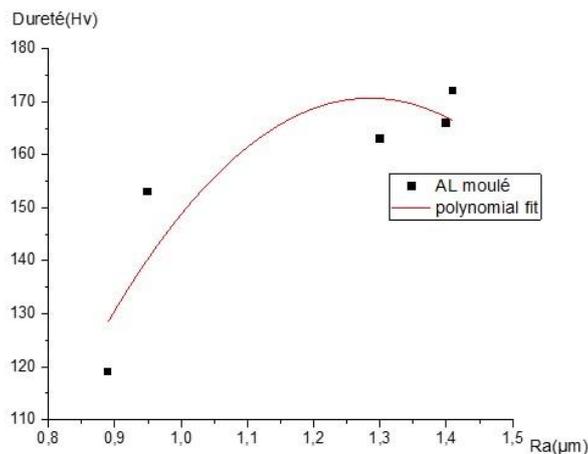


Figure III. 17 : variation de la dureté en fonction de la rugosité à proximité de l'extrémité de la pièce (AL moulé)

D'après la (figure III.16) on constate que la dureté de deuxième matériau (AL moulé) au voisinage du centre augmente d'une façon croissante avec l'augmentation de la rugosité et on remarque la même chose à proximité de l'extrémité de l'aluminium moulé comme le montre la (figure III.17)

III.7. Conclusion

D'après les essais et les opérations qu'on a examinées on conclue dans ce chapitre que :

- La dureté Vickers diminue en intensité à proximité du centre de la pièce
- La dureté Vickers augmente en s'éloignant du centre de la pièce
- L'état de surface montre une résistance à l'usinage près de l'extrémité de la pièce par une rugosité supérieur
- La compression des couches au voisinage des extrémités de la pièce défini par des duretés supérieures revient aux contraintes résiduelles survenues lors de la mise en forme du matériau

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Les différences de duretés, de rugosités de surface constatés entre le centre et l'extrémité des pièces en aluminium utilisé ont montrés que la déformation générée lors de l'usinage est contrôlée par :

- Le gradient de température entre le centre et l'extrémité crée lors de la mise en forme
- Les impuretés, les pores, et les défauts de surfaces jouent un rôle dans la compression des couches extrêmes à celles du centre et à l'apparition des contraintes résiduelles
- Le contrôle de l'opération de refroidissement au moment de la mise en forme élimine les diverses tensions qui peuvent créés des zones de surface non uniformes
- La distribution des contraintes résiduelles a bien montré la différence de ces deux paramètres dans leurs tests et la conséquence sur la déformation en procédé d'usinage et en procédé du moulage

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

- [1] **M. COLOMBIE**, COLL. Matériaux métalliques. DUNOD Paris 2000.
- [2] **Dr. Ghomari fouad**. Université aboubekr belkaid. Faculté des sciences de l'ingénieur
- [3] **Équipe Gr.A.M.M.E. S.** structure des solides. Université Bordeaux 1 - 2005
- [4] (**Vennekens, Verstraeten, and Broeckx** 2003 ; **ALMET** 2012a) Traitements thermiques thermomécaniques.
- [5] **M. Khatirn**, Etude des traitements thermiques et du soudage d'alliage d'aluminium corroyer 2024 T3 et 7075 T6 par le procédé TIG. Thèse d'ingénieur. Université de Blida.2006
- [6] **R.Develay**, Traitement thermiques des alliages d'aluminium. Techniques de l'ingénieur. M1290, M1291, 1986
- [7] Aluminum Alloy Castings (321pages) Properties Processes Applns. ed2004
- [8] **Tho. G. Thompson**. Porous anodic alumina .Fabrication characterization and application. Thinsolid. Films ; 29 (1-2) -192-201, 1997.
- [9] **Weerg staff**. Aluminium, les propriétés : conductivité, résistance, température, juin 23.2021
- [10] **Ibtissem RAHEB**. *Thèse Doctorat* en Sciences. Option : Sciences des Matériaux .2021
- [11] **LAZIZI Hakim**. Influence de la variation de la température de revenu sur l'évolution des caractéristiques mécaniques et structurales de l'alliage Al-4%Cu trempé dans un fluide à 70% h₂o et 30% d'huile soluble. Université Mouloud MAMMARI de TIZI-OUZOU. 2013.
- [12] **j. Michel baes max B. Christian**. (Mai 2004).la goutte essai de tractions. Institut des techniques d'ingénieur de l'industrie.
- [13] Document usine N2 contrôle de qualité des matériaux métallique, essai de traction –NF10002-1(1990)
- [14] **Beaulieu, D.** (2013). Les caractéristiques de l'aluminium structural (2e édition). Chicoutimi, Québec : Les Presses de l'aluminium. p.10
- [15] 6 février 2019. **Guy Morin** ing. Franco Chiesa Ph.D. Moulage. Généralités. Capacités des procédés. Centre de Métallurgie du Québec ...
- [16] **Groover, M.P.**, Fundamentals of Modern Manufacturing, materials, processes and systems (4e Edition). Hoboken, NJ: John Wiley & sons, Inc. p.483. (2010).
- [17] The Aluminum Association (1975). Forming and Machining Aluminum. Washington, D.C.: The Aluminum Association. p.38

- [18] **Rim Karbouj**. Transfert d'aluminium : cas des matériaux pour contact alimentaire. Sciences de l'ingénieur [physics]. Institut National Polytechnique de Grenoble - INPG, 2008.
- [19] **M.Y. Sadallah**. Polissage des alliages légers et des métaux précieux.
- [20] **P. Moller**. Traitement de surface d'aluminium.1994
- [21] **M Rancic**. Etude des mécanismes de déformation et de transformations métallurgiques en sous-couche et sur la surface usinée lors du tournage du Ti-6Al-4V avec un outil en carbure cémenté WC-Co non revêtu. Corrélation de l'intégrité matière par la surveillance de l'opération et la compréhension des mécanismes d'endommagement de l'outil. Thèse de doctorat en Génie mécanique.2012
- [22] **Alain Passeron**, Tournage, Techniques d'Ingénieur, BM7086, 1997.
- [23] **M RAUSCH**. Modélisation du chariotage et du fraisage de face à partir d'une approche thermomécanique de la coupe. Thèse. 1998
- [24] **Rocdacier**, Cours sur le Tournage - Usinage Cours Technologie, 2011
- [25] **Benabdi faiza**. Modélisation de la poupée mobile du tour pc turn 55 à commande numérique, proposition de la gamme de fabrication du fourreau. Mémoire.2015
- [26] **Catalogue sandvik coromant**. Outils de tournage, outils rotatifs, 2017
- [27] **Gara Souhir**, institut supérieur des études technologiques de Nabeul, 2015.
- [28] **T° BEP MPMI**. La coupe des matériaux : identification des paramètres « Géométrie de l'outil de coupe »
- [29] **M. HABAK**, Etude de l'influence de la microstructure et des Paramètres de coupe sur le Comportement en Tournage dur de l'acier a roulement 100Cr6, Thèse de doctorat De l'école Nationale Supérieure d'Arts et Métiers / Paris 6 – France, 2006.
- [30] **P. DEPEYRE**, Fabrication mécanique, Licence de Technologie et Mécanique, Faculté des Sciences et Technologies, Université de la Réunion – France, 2005.
- [31] **Juan David PUERTA VELÁSQUEZ**. Étude des copeaux et de l'intégrité de surface en usinage à grande vitesse de l'alliage de titane TA6V. THESE. 2007 à Metz
- [32] **O ZERTI**. Investigation expérimentale et analyse multi-objective lors du tournage De l'acier AISI D3 en utilisant les méthodes RSM, ANN, Taguchi et GRA.THÈSE.2018

Résumé

Ce mémoire étudie l'influence des contraintes résiduelles sur les propriétés de dureté et de rugosité de l'aluminium lors de l'usinage par tournage. Les contraintes résiduelles sont des tensions internes qui subsistent dans un matériau après son traitement de fabrication.

L'objectif de notre travail est de comprendre comment les contraintes résiduelles affectent sur la dureté et la rugosité de l'alliage d'aluminium, en se concentrant sur la variation de ces propriétés entre le centre et l'extrémité de la pièce. Pour cela, deux échantillons d'aluminium ont été préparés et soumis à des mesures de dureté et de rugosité à différentes zones (centre et extrémité).

Abstract

This thesis studies the influence of residual stresses on the hardness and roughness properties of aluminum during turning machining. Residual stresses are internal tensions that remain in a material after its manufacturing treatment

The objective of our work is to understand how residual stresses affect the hardness and roughness of the aluminum alloy, focusing on the variation of these properties between the center and the end of the part. For this, two aluminum samples were prepared and subjected to hardness and roughness measurements at different areas (center and end).