

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
Faculté des Sciences Appliquées
Département de Génie Mécanique



Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : fabrication mécanique et productique

Présenté par : **BENARIF Nesreddine**

BENRETMIA Oussama Badreddine

Thème

**Etude et contrôle de la température de
contact outil-pièce durant les opérations de
tournage avec un capteur infrarouge**

Soutenu le : **15/06/2023**

Devant le jury :

BELLOUFI Abderrahim	MCB	Université Kasdi Merbah Ouargla	Président
ABDELKRIM Mourad	MCA	Université Kasdi Merbah Ouargla	Encadreur
TOUGI Youcef	MCB	Université Kasdi Merbah Ouargla	Examineur

Année universitaire : 2022/2023

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
Faculté des Sciences Appliquées
Département de Génie Mécanique



Mémoire

MASTER PROFESSIONNEL

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : fabrication mécanique et productique

Présenté par : BENARIF Nesreddine

BENRETMIA Oussama Badreddine

Thème

**Etude et contrôle de la température de
contact outil-pièce durant les opérations de
tournage avec un capteur infrarouge**

Soutenu le : /06/2023

Devant le jury :

BELLOUFI Abderrahim
ABDELKRIM Mourad
TOUGI Youcef

Université Kasdi Merbah Ouargla
Université Kasdi Merbah Ouargla
Université Kasdi Merbah Ouargla

Président
Encadreur
Examineur

Année universitaire : 2022/2023

Dédicace

Dédicace

Nous tient à dédier ce modeste travail à :

À nos parents.

À nos frères,

À nos sœurs,

À nos familles,

À tous nos amis et notre collègue

Remerciement

Remerciement

Avant tout, nous remercions en premier lieu Allah le tout puissant de nous avoir illuminé et ouvert les voies du savoir, et pour nous avoir accordé la volonté et le courage pour élaborer ce travail.

Au terme ce modeste travail, nous tenons, tout particulièrement, à témoigner notre profonde gratitude à notre encadreur **Dr. A. MOURAD**, pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant de diriger ce mémoire.

Nous remercions également le Dr. H. CHIBA pour ses efforts au cours de cette étude.

Nous tiens aussi à remercier **Pr. BELLOUFI ABDERRAHIM** pour l'intérêt qu'il a bien voulu porter à ce travail ainsi que pour l'honneur qu'il nous a fait en présidant le jury.

Nos remerciements vont également à : **Dr. TOUGI YUCEF** Pour s'être intéressé à ce travail et d'avoir bien voulu nous honorer de leur présence dans ce jury.

À tous les étudiants de promotion, j'adresse un grand merci pour leur soutien et leurs aides.

Table de matières

Dédicace	III
Remerciement	Error! Bookmark not defined.
Table de matières	V
Liste des tableaux	IX
Liste des Figures	X
Nomenclature	XII
Introduction générale	1

Chapitre I : les principes techniques d'enlèvement de matières

Introduction.....	4
I.1 Enlèvement de matière	4
I.1.1 Tournage.....	4
I.1.2 Les différents types d'opérations sur du tournage.....	5
Chariotage	5
Dressage	6
Rainurage	6
Chanfreinage	6
Filetage	7
Perçage	7
Alésage	8
Tronçonnage	8
I.2 Paramètres des coupe	8
I.2.1 Vitesse de coupe.....	9
I.2.2 Avance.....	Error! Bookmark not defined.
I.2.3 Profondeur de passe.....	9
I.3 Matériaux des outils	9

Table de matières

I.3.1 Outils en acier rapide.....	10
I.3.2 Outils en carbure de tungstène	10
I.3.3 Outils en céramique.....	10
I.4 Phénomène d’usure des outils de coupe.....	10
I.4.1 Types d’usure des outils de coupe.....	11
a) Usure en cratère :	11
b) Usure en dépouille :.....	11
I.4.2 Modes d’usure des outils de coupe.....	13
a) Usure par abrasion	13
b) Usure par adhésion	14
c) Usure par fissuration.....	14
d) Usure par diffusion	14
e) Usure par corrosion.....	15
I.5 L’usinage à sec et l’usinage a grand vitesse.....	15
I.5.1 L’usinage à sec	15
I.5.2 l’usinage a grand vitesse.....	16
a) Principe	16
b) Avantage de l'UGV.....	16
c) Les caractéristiques de l'usinage à grande vitesse	16
I.6 La température de coupe	18
1.6.1 Méthodes de mesure de la température de coupe	19
a) Mesures indirectes de la température de coupe	19
b) Mesures directes de la température de coupe	20
c) Mesure de la température par la méthode optique.....	20
1.6.2 Influence des paramètres de coupe sur la température de coupe.....	21
I.7 La microstructure de la surface usinée	21
I.7.1 Matériau de la pièce	22

Table de matières

I.7.2 Paramètres de coupe	22
I.7.3 Outils de coupe	22
I.7.4 Refroidissement et lubrification	22
I.7.5 Conditions d'usinage	22
I.8 Phénomène de couche blanche	23
I.8.1 Usure de l'outil	23
I.8.2 Température élevée	23
I.8.3 Réaction chimique	23
I.9 Revue de littérature de l'étude de la température de coupe	24
Conclusion	26

Chapitre II: Méthode expérimentale

II.1. Introduction	28
II.2 Outils expérimentaux utilisés	28
II.3 Matériau utilise	29
II.4 Plaquettes utilisées	30
II.4.1. Composition chimique de la plaquette	31
II.4.2. Caractéristiques techniques de la plaquette	31
II.5. Machine utilisée	31
II.6 Capteur infrarouge	32
II.7 Montage et mesure de la température de coupe par capteur infrarouge	33
II.7 Mesure de la rugosité de surface	33
II.7.1 Méthode synthétique de mesure de la rugosité	34
II.8 Procédures d'essais	35
II.8.1. Eléments considérés durant l'expérimentation	35
a) Paramètres à vérifier	35
b) Résultats à observer	35
II.9. Méthodologies d'essais	36

Table de matières

II.10. Essais d'usinage	37
II.10.1 Température de coupe en fonction des conditions de coupe	37
II.11 Conclusion	37
Chapitre III : Analyse et interprétation des résultats	
Introduction.....	41
III.1 Résultats expérimentaux	41
III.2 Température de coupe en fonction de temps	42
III.3 Température de coupe en fonction des paramètres de coupe	44
III.3.1 Température de coupe en fonction de la profondeur de passe.....	44
III.3.2 Température de coupe en fonction la vitesse de rotation	46
III.4 La rugosité de surface en fonction des paramètres de coupe.....	48
III.4.1 Rugosité de surface en fonction de la vitesse de rotation	48
III.4.2 La rugosité de surface en fonction de l'avance par tour	50
Conclusion générale.....	54
Références Bibliographiques	56
Résumé.....	58

Liste des tableaux

Chapitre II : Méthode expérimentale

Tableau II.1 Composition chimique de l'acier utilisé	30
Tableau II. 2 caractéristiques mécaniques moyennes (état normalisé) de l'acier C45	30
Tableau II. 3: Dimensions des plaquettes type triangle	31
Tableau II. 4 Composition chimique de la plaquette utilisée	31
Tableau II. 5 Caractéristiques techniques de la plaquette.....	31
Tableau II. 6: Caractéristique de rugosimètre type Mitutoyo utilisé.	35

Chapitre III Analyse et interprétation des résultats

Tableau III. 1: Résultats expérimentaux.....	41
--	----

Liste des Figures

Chapitre I : les principes techniques d'enlèvement de matières

Figure I.1 . Exemples des procédés d'usinage par enlèvement de matière	4
Figure I.2 . Enlèvement de matière par tournage.....	5
Figure I.3 . Chariotage	5
Figure I .4: Dressage.....	6
Figure I.5 : le rainurage intérieur et extérieur	6
Figure I.6 le chanfreinage intérieur et extérieur	7
Figure I.7 : Filetage tournage.....	7
Figure I.8 : Perçage sur tournage	7
Figure I.9 : L'alésage cylindrique et conique.....	8
Figure I. 10: Tronçonnage	8
Figure I. 11: Usure en cratère	11
Figure I. 12 Usure en dépouille	12
Figure I. 13: L'usure en dépouille et l'usure en cratère.....	13
Figure I. 14: Processus d'usure par abrasion.....	13
Figure I. 15 Processus d'usure par adhésion mécanique	14
Figure I. 16 : Processus d'usure par diffusion.....	15
Figure I. 17 : Processus d'usure par oxydation	15
Figure I. 18: Plages de vitesses de coupe pour différents matériaux.....	17
Figure I. 19 : Evolution des copeaux suivant la vitesse de coupe (A: copeau continu B; copeau segmenté et C; copeau dentelé)	17
Figure I. 20: Formation du copeau en usinage conventionnel.....	18
Figure I.21 : Distribution des flux de chaleur générés par en coupe orthogonal.....	19
Figure I. 22 : Mesure de la température par thermocouples	20
Figure I.23 : Les valeurs de la Température	21
Figure I.24 : Pyromètre à infrarouge	21
Figure I. 25: Micrographies des surfaces usinées observées au MEB.....	23
Figure I. 26 Exemple de couches blanches observées sur le copeau, (a) avec carbures, (b) sans carbure ($V_C=100$ m/min et $f = 0,1$ mm/tr)	24

Chapitre II: Méthode expérimentale

Figure II. 1: Organigramme expérimental [1].	29
Figure II. 2: Plaquette de type triangle non revêtu (données SANDVICK)	30
Figure II. 3: Tour parallèle universel utilisé	32
Figure II. 4: Capteur de température infrarouge	32
Figure II. 5: Montage d'un capteur de température par infrarouge	33
Figure II. 6: le rugosimètre type Mitutoyo	34
Figure II. 7: Méthode de mesure de la rugosité par le rugosimètre	34
Figure II. 8: Illustrant la forme l'éprouvette utilisée	36

Chapitre III : Analyse et interprétation des résultats

Figure III .1: Variation de la température en fonction de temps pour (N=440 tr/min, ap=0,5 mm, f=0,18 mm/tr)	42
Figure III .2: Variation de la température en fonction du temps pour (N=1230 tr /min, ap=0,5 mm, f=0,09 mm /tr)	43
Figure III .3: Variation de la température en fonction du temps pour (N=2500 tr /min, ap=0.25 mm, f=0,09 mm /tr)	43
Figure III .4: Variation de la température de coupe en fonction de la profondeur de passe pour (N= 440 tr/min)	44
Figure III .5: Variation de la température de coupe en fonction de la profondeur de passe pour (N= 1230 tr/min)	45
Figure III .6: Variation de la température de coupe en fonction de la profondeur de passe pour (N= 2500 tr/min)	45
Figure III.7 : Variation de la température de coupe en fonction la vitesse de rotation (ap= 0.25 mm)	46
Figure III .8 : Variation de la température de coupe en fonction la vitesse de rotation (ap= 0.5 mm)	47
Figure III .9 : Variation de la température de coupe en fonction la vitesse de rotation (ap= 1 mm)	47
Figure III.10 : la variation de la rugosité de surface en fonction la vitesse de rotation (ap= 0.25 mm)	49
Figure III .11: la variation de la rugosité de surface en fonction la vitesse de rotation (ap= 0.5 mm)	49

Liste des figures

Figure III .12: la variation de la rugosité de surface en fonction la vitesse de rotation ($a_p= 1$ mm).....	49
Figure III.13: la variation de la rugosité de surface en fonction de l'avance par tour ($a_p=0.25$ mm).....	50
Figure III .14: la variation de la rugosité de surface en fonction de l'avance par tour ($a_p=0.5$ mm).....	51
Figure III.15 : la variation de la rugosité de surface en fonction de l'avance par tour ($a_p=1$ mm).....	51

Nomenclature

Nomenclature

Symbol	Unité	Désignation
Vc	m / min	vitesse de coupe
N	tr / min	vitesse de rotation
D	mm	Diamètre
Vf	mm / min	vitesse d'avance
f	mm /tr	Avance par tour
ap	mm	Profondeur de passe
T	°C	Température
Ra	µm	Rugosité de surface
Vcap		Vitesse de capteur
Tm	°C	Température max

Introduction générale

Introduction générale

L'usinage par enlèvement de matière est une méthode essentielle dans la fabrication et la transformation des pièces dans de nombreux secteurs industriels. Cette technique consiste à retirer des portions de matériau afin de donner forme, dimension et finition aux pièces brutes. L'usinage par enlèvement de matière offre de nombreux avantages, tels que la possibilité de produire des pièces complexes avec une grande précision, la flexibilité pour travailler avec une large gamme de matériaux et la capacité de répondre aux exigences spécifiques des clients.

Le tournage est un procédé largement utilisé dans de nombreux secteurs industriels, tels que la production de roulements, d'arbres et de diverses pièces mécaniques présentant généralement des formes cylindriques.

L'usinage peut entraîner divers problèmes et phénomènes physiques, dont l'un des plus importants est la température de coupe. Lors du processus d'usinage, l'interaction entre l'outil de coupe et la pièce génère de la chaleur, ce qui peut avoir plusieurs conséquences indésirables

La température de coupe est l'un des aspects les plus pertinents des opérations d'usinage, car elle influe sur la durée de vie de l'outil de coupe et l'état de surface. L'avance, la vitesse de coupe, la profondeur de passe et le matériau de la pièce sont des paramètres de coupe les plus importants et influent sur la variation de température de coupe dans les opérations de tournage.

L'évolution de la température de coupe peut provoquer une usure accrue de l'outil, réduisant ainsi sa durée de vie et nécessitant des changements fréquents. Une température élevée peut également entraîner des déformations thermiques de la pièce usinée, affectant sa précision dimensionnelle. De plus, une température excessive peut modifier les propriétés du matériau, telles que sa dureté ou sa résistance, ce qui peut compromettre la qualité finale de la pièce.

Pour faire face à ce problème, il est essentiel de surveiller et de contrôler la température de coupe. Cela peut être réalisé en utilisant des techniques telles que des capteurs infrarouges ou des systèmes de refroidissement adaptés. En ajustant les paramètres de coupe, tels que la vitesse de rotation, l'avance et le liquide de refroidissement, il est possible de maintenir la température de coupe dans une plage acceptable, garantissant ainsi des conditions d'usinage optimales.

Introduction générale

Dans notre étude, nous allons suivre et étudier les variations de température de coupe dans le processus de tournage en utilisant un capteur infrarouge et contrôler l'état de surface après usinage par un rugosimètre. Afin d'atteindre cet objectif, le travail présenté dans cette étude est organisé de la manière suivante :

Le premier chapitre porte sur une recherche bibliographique sur le procédé de tournage, évoquant d'abord les grands concepts de base du tournage, puis divers phénomènes thermiques liés au procédé, ainsi que les paramètres de coupe et les outils de coupe.

Le deuxième chapitre présente la méthode expérimentale utilisée dans notre recherche. Il comprend également des informations détaillées sur le matériau et outils de coupe utilisés, la conception des expériences et la mise en œuvre de tests réels pour mesurer les variations de la température de coupe selon les paramètres de chaque essai.

Le troisième chapitre est consacré à l'interprétation et à la discussion des résultats obtenus par l'étude expérimentale de la température de coupe en fonction des paramètres de coupe (vitesse de rotation, avance et profondeur de passe), et l'influence de ces paramètres sur la rugosité de surface usinée.

Enfin, nous concluons ce mémoire par une analyse des principales conclusions de cette étude.

Chapitre I : les principes techniques d'enlèvement de la matière

Introduction

L'usinage d'enlèvements de matières est un procédé de fabrication qui donne à la pièce brute une forme et des dimensions précises en retirant le matériau à l'aide de l'outil de coupe, ce dernier est tourné à grande vitesse et se déplace de manière contrôlée selon un trajet prédéterminé pour enlever progressivement le matériau jusqu'à atteindre l'état final des pièces

Dans ce chapitre, nous abordons les principes fondamentaux du tournage, Nous commençons par définir ce procédé et rappelons les conditions de coupe essentielles pour sa réussite. Nous étudions également les différentes méthodes de mesure de la température de coupe et analysons l'impact des paramètres de coupe sur cette dernière.

I.1 Enlèvement de matière

L'usinage est une famille de techniques de fabrication de pièces mécaniques. Le principe de l'usinage est d'enlever de la matière de manière à donner à la pièce brute la forme voulue, à l'aide d'une machine-outil. Par cette technique, on obtient des pièces d'une grande précision. Lors de l'usinage d'une pièce, l'enlèvement de matière est réalisé par la conjonction de deux mouvements relatifs entre la pièce et l'outil : le mouvement de coupe (vitesse de coupe V_c) et le mouvement d'avance (vitesse d'avance V_f) (fig-I.1) [1].



Figure I.1 : Exemples des procédés d'usinage par enlèvement de matière [20].

I.1.1 Tournage

Le tournage est un procédé de fabrication mécanique par coupe, la pièce est animée d'un mouvement de rotation qui est le mouvement principal du procédé, l'outil est animé d'un mouvement complémentaire de translation appelé mouvement d'avance, permettant de définir le profil de la pièce.

La combinaison de ces deux mouvements, ainsi que la forme de la partie active de l'outil, permettent d'obtenir des usinages de formes de révolution (cylindres, plans, cônes ou formes de révolution complexes) [3].



Figure I.2 : Enlèvement de matière par tournage [21].

I.1.2 Les différents types d'opérations sur le tournage

a) Chariotage

C'est une opération qui consiste à usiner une surface cylindrique ou conique extérieure (Figure I.3) [3]

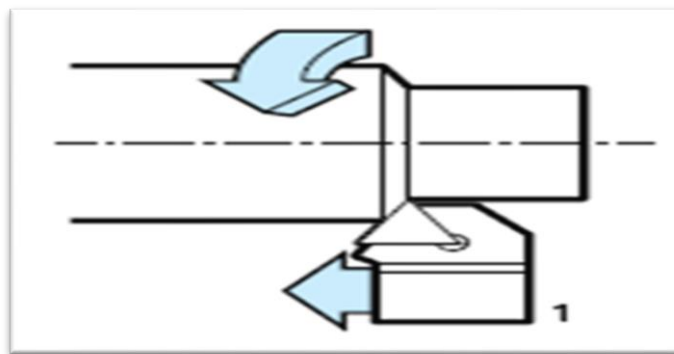


Figure I.3 : Chariotage [23]

Le chariotage est une opération consistant à usiner sur tour un cylindre d'un certain diamètre par déplacement de l'outil de coupe suivant un axe parallèle à l'axe de rotation de la pièce Z. Les paramètres de coupe sont l'avance (f), la profondeur de passe (a_p) et la vitesse de rotation (N) [3].

b) Dressage

C'est une opération qui consiste à usiner une surface plane perpendiculaire à l'axe de la broche extérieure ou intérieure (Figure. I.4) [3].

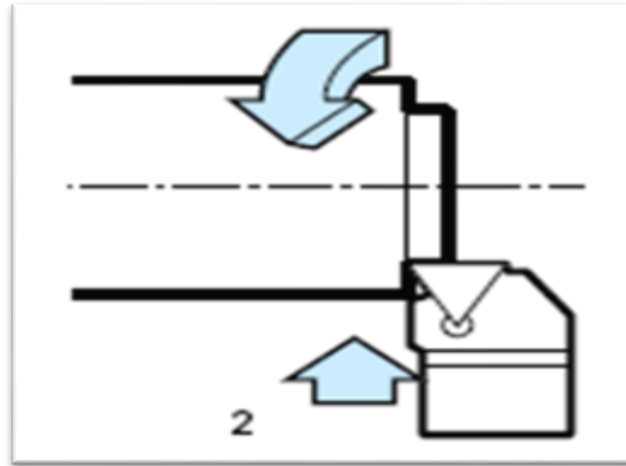


Figure I.4: Dressage [23]

c) Rainurage

Le rainurage est l'opération qui consiste à usiner une rainure (association de 3 plants) intérieure ou extérieure. Celle-ci peut servir par exemple pour le logement d'un circlips ou d'un joint torique (Figure. I.5) [3].

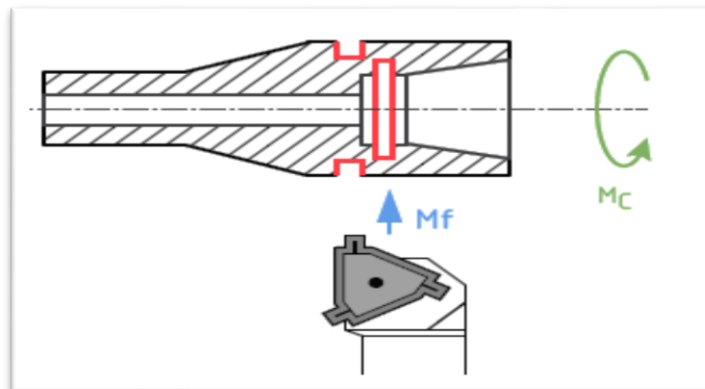


Figure I.5 : le rainurage intérieur et extérieur [23]

d) Chanfreinage

C'est une opération qui consiste à usiner un cône de petites dimensions de façon à supprimer un détachant, un tronçon (Fig. I.6) [3].

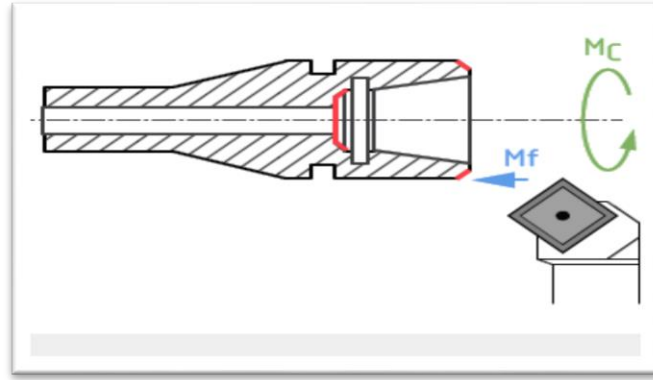


Figure I.6 : le chanfreinage intérieur et extérieur [23]

e) Filetage

C'est une opération qui consiste à réaliser un filetage extérieur ou intérieur (Figure I.7) [3].

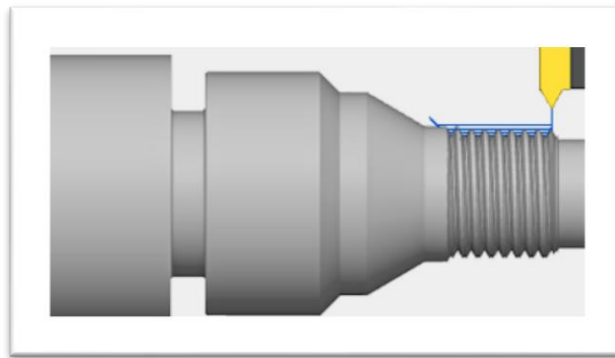


Figure I.7 : Filetage tournage [23].

f) Perçage

C'est une opération qui consiste à usiner un trou à l'aide d'une forêt (Fig. I.8) [3].

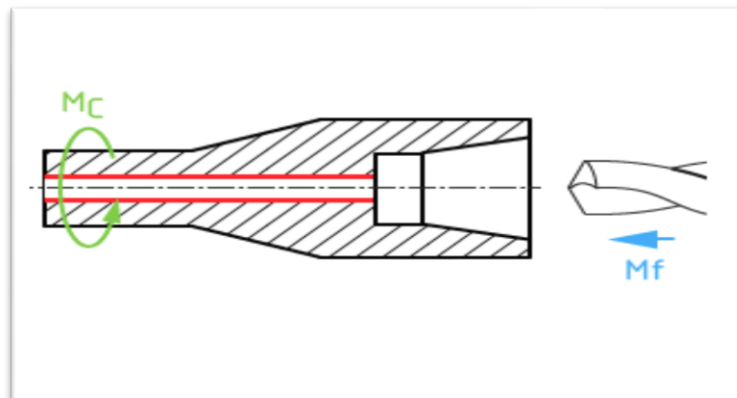


Figure I.8 : Perçage sur tournage [23]

g) Alésage

C'est une opération qui consiste à usiner une surface cylindrique ou conique intérieure (figure I.9) [3].

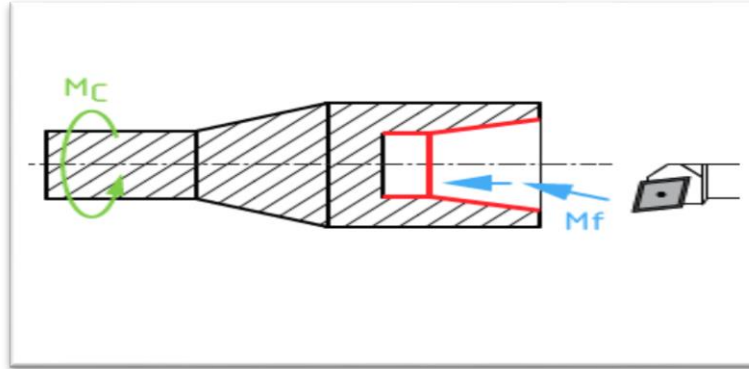


Figure I.9 : L'alésage cylindrique et conique [23]

h) Tronçonnage

C'est une opération qui consiste à usiner une rainure jusqu'à l'axe de la pièce afin d'en détacher un tronçon (Figure I.10) [3].

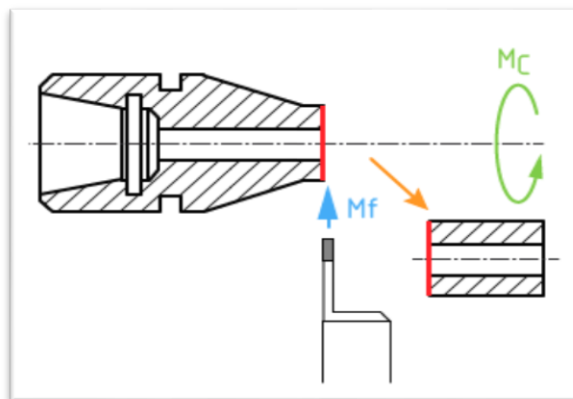


Figure I. 10: Tronçonnage [23].

I.2 Paramètres des coupe

Les paramètres de coupe sont des variables utilisées pour définir la vitesse de coupe, la profondeur de passe, l'avance par tour lors de l'usinage d'un matériau

Ces paramètres sont essentiels pour obtenir une coupe efficace et précise, tout en prolongeant la durée de vie de l'outil de coupe.

I.2.1 Vitesse de coupe

La vitesse de coupe notée (V_C) est un paramètre fondamental pour la formation du copeau, elle dépend de la configuration d'usinage, du procédé et du couple outil/matière. La définition de la vitesse de coupe est très importante, car elle détermine la vitesse de rotation de la pièce, la vitesse de rotation de la pièce est définie par [1]

$$N(tr/min) = \frac{1000 \times V_C}{\pi \times D} \dots\dots\dots (I.1).$$

Où D (mm) est le diamètre initial de la pièce [1].

I.2.2 Avance par tour

L'avance notée f , correspond à la différence de déplacement de l'outil entre deux itérations ou deux révolutions (une révolution de la pièce dans le cas du tournage). La profondeur de passe et l'avance vont influencer aussi la formation du copeau, car elles modifient la section du copeau et donc l'énergie nécessaire au cisaillement de la matière [6].

$$Vf(mm/min) = f(mm/tr) \times N(tr/min) \dots\dots\dots (I.2).$$

I.2.3 Profondeur de passe

La profondeur de passe notée a_p , correspond à la longueur de l'arête de coupe engagée dans la matière, dans le cas de la coupe orthogonale, et à la différence entre le rayon de la pièce avant et après usinage, dans le cas du tournage [7].

I.3 Matériaux des outils

Le choix d'un matériau et d'une nuance de coupe est un facteur important pour la réussite d'une opération d'usinage, pour effectuer un bon choix pour une application donnée, il convient d'avoir une connaissance de base des propriétés des matériaux de coupe et de leur performance, les critères de choix incluant la matière à usiner, le type et la taille de la pièce, les conditions d'usinage et l'état de surface requis pour chaque opération [2].

Les matériaux de coupe ont des propriétés différentes en termes de dureté, de ténacité et de résistance à l'usure. Ils sont divisés en un grand nombre de nuances dotées de propriétés spécifiques.

De manière générale, les matériaux de coupe doivent posséder les propriétés suivantes :

- Dureté : résistance à l'usure en dépouille et à la déformation.
- Ténacité : résistance à la rupture.

- Neutralité chimique : absence de réaction chimique avec la matière usinée.
- Stabilité chimique : résistance à l'oxydation et à la diffusion.
- Résistance aux variations thermiques brusques [2].

I.3.1 Les outils en acier rapide

Ce sont des aciers fortement alliés par carbone (0,7 à 1,6 %) et par tungstène. Pour renforcer les propriétés de ces matériaux, d'autres éléments additifs tels que le chrome (Cr) et le cobalt (Co) sont utilisés. La dureté des outils en aciers rapides est comprise entre 700 et 1000 HV. Ces matériaux sont souvent utilisés dans des opérations d'usinage en perçage, à cause du problème de confinement de la matière dans le trou percé, et beaucoup moins utilisés dans le cas du tournage [5].

I.3.2 Les outils en carbure de tungstène

Il existe deux catégories de carbure, La première est constituée de carbures simples de tungstène WC et de liant cobalt (Co) dont la proportion varie entre 2 à 15 wt%. La seconde composée de carbures mixtes qui possèdent en plus du WC, du carbure de titane (TiC), de tantale (TaC), de Vanadium (VC) ou de niobium (NbC). La dureté de ces matériaux est de l'ordre 1250 à 1800 HV. Ces matériaux possèdent un grand nombre de possibilités d'usinage. Ils sont les plaquettes proposées par les principaux fabricants d'outils pour l'usinage des alliages d'aluminium [5].

I.3.3 Les outils en céramique

Ce sont des matériaux frittés sans aucun lien métallique. Ils sont très durs et donc sensibles aux chocs thermiques et/ou mécaniques. La céramique la plus courante est celle constituée d'oxyde d'aluminium (Al_2O_3). Il existe d'autres types de céramique qui sont également employés dans le cas des alliages à faible usinabilité ; les céramiques noires qui sont mélangées aux Al_2O_3 et au carbure métallique TiC, WC ou à la zircone ZrO_2 et le nitrure de silicium Si_3N_4 [5].

I.4 Phénomène d'usure des outils des coupes

Le phénomène d'usure des outils de coupe est dû aux contraintes extrêmement élevées auxquelles sont soumises les faces de coupe et les engrenages, ces contraintes sont principalement d'ordre mécanique (contraintes permanentes ou périodiques, action de frottement, etc.), Ce qui nécessite que l'outil ait des qualités remarquables de dureté et de ténacité. L'intensité de ces contraintes est augmentée par des effets thermiques qui tendent à diminuer la résistance du matériau de coupe. De plus, ces effets peuvent conduire à des

réactions physico-chimiques principalement au niveau de la face de coupe (interface insert outils), aggravant l'usure de l'outil [8].

Par définition, l'usure est la perte progressive de la matière de la surface active d'un corps à cause du mouvement relatif d'un autre corps sur cette surface [5].

I.4.1 Types d'usure des outils de coupe

a) Usure en cratère :

C'est une usure en creux sur la face de coupe, on mesure donc la profondeur du cratère K_T , la distance de son axe à l'arête de coupe avant usure K_M et on détermine le rapport entre les deux.

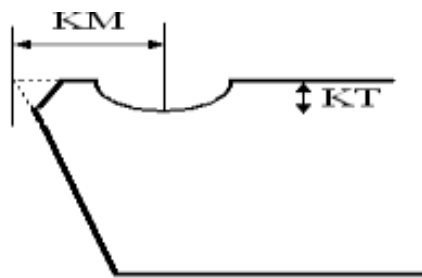


Figure I. 11: Usure en cratère [5]

Elle peut avoir à terme une incidence sur la tenue d'outils (durée de vie, effondrement ou recul de l'arête de coupe).

Elle est due au frottement du copeau sur la face de coupe de l'outil. Lors de l'usinage, la température élevée à l'interface copeau-outil et les pressions de contact entre le copeau et l'outil, provoquent une diffusion importante de la matière de l'outil vers le copeau par processus d'adhésion.

L'usure est souvent constatée sur les outils en carbures, elle provoque généralement la rupture de la pointe de l'outil.

La valeur critique est celle à partir de laquelle l'outil est considéré comme hors d'usage avec risque important de rupture de l'outil, l'usure est généralement due à une vitesse de coupe excessive ou à une avance trop faible [8].

b) Usure en dépouille :

Elle est due au frottement de la pièce sur la face de dépouille de l'outil et provoque une bande striée parallèle à l'arête de coupe. Elle influe sur l'état de surface de la pièce usinée et sur la précision dimensionnelle de l'usinage, car elle modifie la position de l'arête de coupe. C'est un critère général pour la tenue d'outil, caractérisée par une valeur d'usure admissible

VB. Cela est dû à une vitesse de coupe excessive ou à une mauvaise position angulaire de l'outil (interface de coupe/pièce) [8].

Et le type d'usure d'outil le mieux connu dans la plupart des cas, la largeur de l'usure en dépouille est sensiblement uniforme le long de la portion moyenne de la partie rectiligne de l'arête principale. La largeur d'usure en dépouille est facile à mesurer. L'accroissement de la largeur de l'usure en dépouille conduit à une diminution de la qualité de l'outil.

L'accroissement de l'usure en dépouille est généralement uniforme après le taux d'usure élevé initiale, au-delà d'un certain niveau, le taux d'usure en dépouille accélère et provoque des défaillances brutales.

La largeur de l'usure en dépouille VBB est une mesure de l'usure de l'outil convenable et une valeur prédéterminée de VBB est considérée comme un bon critère de durée de vie de l'outil [8].



Figure I. 12: Usure en dépouille [8]

Cause :

- Vitesse de coupe trop élevée.
- Nuance trop tenace.
- Résistance à l'usure insuffisante.
- Arrosage insuffisant.

Solution :

- Réduire la vitesse de coupe.
- Choisir une nuance mieux adaptée en fonction des besoins en ténacité ou en résistance à l'usure.
- Utiliser l'arrosage [7].

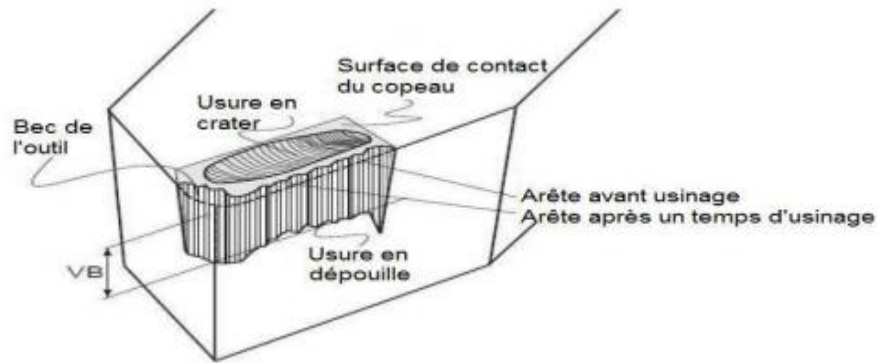


Figure I. 13: L'usure en dépouille et l'usure en cratère [8]

I.4.2 Modes d'usure des outils de coupe

a) Usure par abrasion

Lors de l'usinage, la matière (pièces usinées et copeaux) frotte avec des pressions de contact importantes sur l'outil. Suivent la constitution physico-chimique (nombre, nature, composition et proportion des phases) et la structure (répartition et agencement des composants de l'alliage : forme, dimension, arrangement) la matière est plus ou moins abrasive par rapport à l'outil (Figure I.14).

Si la matière comporte des constituants durs (écrouissage, aluminate, nitrure, oxyde par exemple) et que ces derniers sont plus durs que l'outil, il y aura usure par abrasion de l'outil [8].



Figure I. 14: Processus d'usure par abrasion [5]

Cette usure pourra être :

- ✓ Homogène : dans le cas d'une matière où les constituants sont homogènes ment répartis.
- ✓ Localisée : dans le cas de conditions de coupe particulières : écrouissage, apparition d'oxyde lors de l'usinage.

b) Usure par adhésion

Cette usure est due aux états de surface du copeau, de la pièce et de l'outil, En effet lors de l'usinage, ces entités frottent les unes contre les autres. Or les rugosités et microrugosités de ces surfaces, par contact et sous l'influence des fortes pressions engendrées par l'usinage, vont générer des microsoudures.

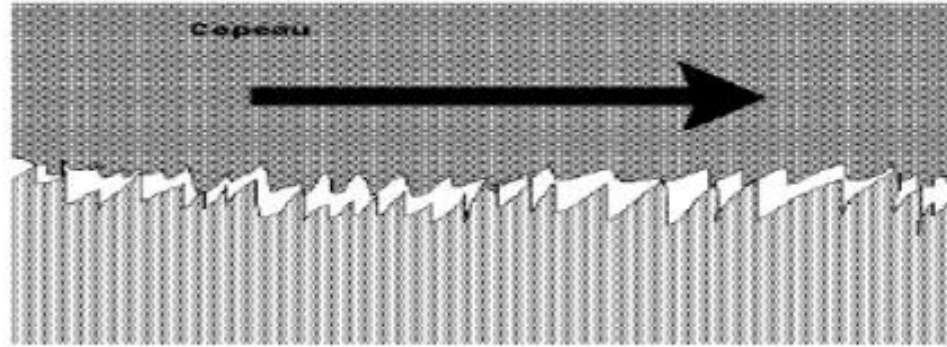


Figure I. 15: Processus d'usure par adhésion mécanique [8].

Ces microsoudures se créent et se rompent très rapidement au cours de l'usinage, ce processus continu génère :

- ✓ l'apparition d'arêtes rapportées si les microsoudures sur l'outil sont plus résistantes que celles du copeau ;
 - ✓ l'usure de l'outil si la microsoudure sur le copeau est plus résistante que celle de l'outil.
- Cette usure est très faible et généralement négligeable.

c) Usure par fissuration

Lors de l'usinage, l'outil est soumis à de très importantes contraintes thermiques et mécaniques, les contraintes thermiques à l'interface copeaux/outils peuvent atteindre le millier de degrés, de plus la déformation plastique du matériau engendre, par réaction, des contraintes qui provoquent les flexions et les vibrations de l'outil.

En effet, les matériaux usinés sont, par nature, rarement homogènes (phase), il y a donc variation rapide des contraintes, La combinaison des hautes températures (choc thermique en début d'usinage) et des vibrations peut provoquer des fissures au sein de l'outil.

d) Usure par diffusion

La diffusion en matière de l'outil vers le copeau est un phénomène qui ne peut se produire qu'à des températures élevées. Ces zones de températures élevées se situent à l'endroit du frottement du copeau sur l'outil. De plus, ce sont aussi des zones de forte pression car le copeau applique des contraintes sur l'outil.

Les hautes températures, ainsi que les pressions et la vitesse relative de défilement du copeau, permettent de donner suffisamment d'énergie (élévation de température) aux atomes pour que ceux-ci puissent migrer de l'outil au copeau. Ce processus est aussi grandement accentué par les phénomènes d'affinités chimiques que l'on peut avoir entre les atomes de la matière usinée et les atomes de l'outil [4].

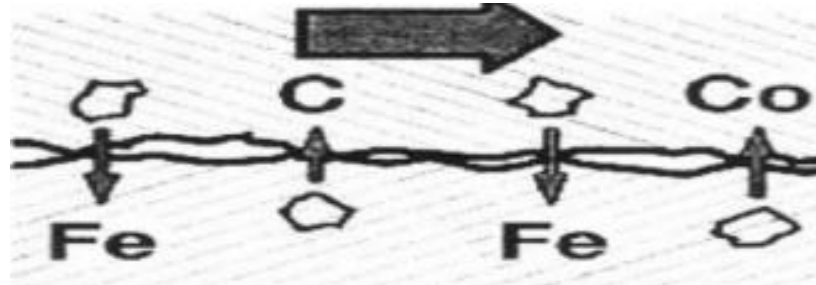


Figure I. 16 : Processus d'usure par diffusion.[8]

e) Usure par corrosion

Le milieu de l'usinage est constitué :

- ✓ de l'oxygène dans l'air.
- ✓ des hautes températures.
- ✓ de l'eau dans les huiles de coupe solubles.

Avec l'élévation de température de l'outil, la vaporisation de l'eau contenue dans les huiles solubles au contact de l'outil et l'oxygène de l'air provoquent localement une fragilisation de l'outil par oxydation de ce dernier (**Figure I.17**).

De plus, le potentiel d'oxydoréduction des Matériaux diminue avec la température ce qui favorise d'autant le processus d'oxydation des outils.



Figure I. 17 : Processus d'usure par oxydation.[12]

I.5 L'usinage à sec et l'usinage a grand vitesse

I.5.1 L'usinage à sec

Les avantages de l'usinage à sec

- ✓ Non pollution de l'atmosphère ou de l'eau, réduisant les dangers pour la santé en particulier les problèmes de peau et respiratoires [9]

- ✓ Absence de lubrifiant sur les composants usinés, réduisant les coûts de nettoyage et les énergies associées ;
- ✓ Absence de lubrifiant sur les copeaux permettant une valorisation plus importante des déchets ; [15]
- ✓ Suppression de l'achat, de la préparation, de la maintenance et du retraitement des fluides de coupe.

I.5.2 l'usinage a grand vitesse

L'usinage à grande vitesse (UGV) est une technique d'usinage caractérisée par des conditions de coupe quatre à dix fois plus élevées que lors d'usinage conventionnel. Mais cette définition n'est pas figée car la frontière entre UGV et usinage conventionnel reste floue [10].

a) Principe

Grâce aux vitesses de coupe élevées, les phénomènes de coupe intervenant entre la pièce, l'outil et le copeau sont différents de ceux observés en usinage conventionnel. La chaleur dégagée lors du cisaillement du copeau n'a pas le temps de se propager dans la pièce et l'outil. Par conséquent, la majeure partie de cette chaleur est évacuée par le copeau (environ 80 % en UGV contre 40 % en usinage conventionnel). On remarque aussi que plus la vitesse de coupe augmente, plus l'énergie spécifique de coupe diminue (puissance électrique consommée par la machine divisée par le débit copeaux).

b) Avantage de l'UGV

- augmentation de la productivité : directement lié à l'augmentation des vitesses de coupe et d'avance.
- amélioration de l'état de surface
- conservation de l'intégrité matière : la chaleur transmise à la pièce étant plus faible, il y a moins de modification de sa structure.
- amélioration de la précision
- usinage à sec la majeure partie de la chaleur étant évacuée avec le copeau, une lubrification de refroidissement n'est plus forcément nécessaire.

c) Les caractéristiques de l'usinage à grande vitesse

L'usinage grande vitesse (UGV) est une opération d'enlèvement de matière à des vitesses de coupe élevées. Ces grandes vitesses engendrent un phénomène de coupe spécifique.

- La vitesse de coupe : Il est aujourd'hui possible d'usiner des pièces mécaniques sur de larges plages de vitesses de coupe. Selon le matériau utilisé, ces plages varient, mais il est toujours possible de distinguer trois zones de vitesses de coupe distinctes :
 - une zone de vitesses correspondant à « l'Usinage Conventionnel »,
 - une zone de vitesses inexploitable, parfois surnommée « Vallée de la mort », où les conditions de coupe sont dégradées (usure rapide de l'outil, mauvais état de surface...),
 - une zone de vitesses de coupe correspondant à « l'Usinage Grande Vitesse ».

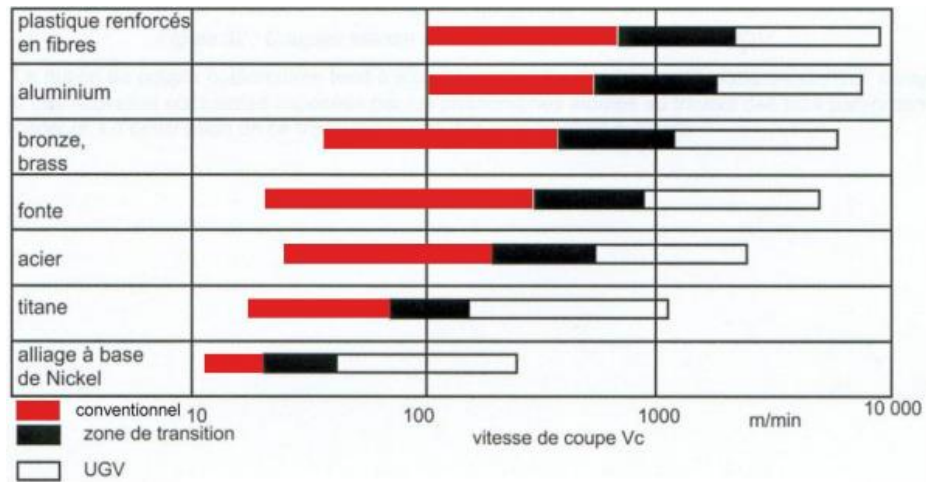


Figure I. 18: Plages de vitesses de coupe pour différents matériaux [9].

- Le phénomène de coupe : L'UGV offre des conditions de coupe excellentes, qui s'expliquent par les phénomènes de formation du copeau.

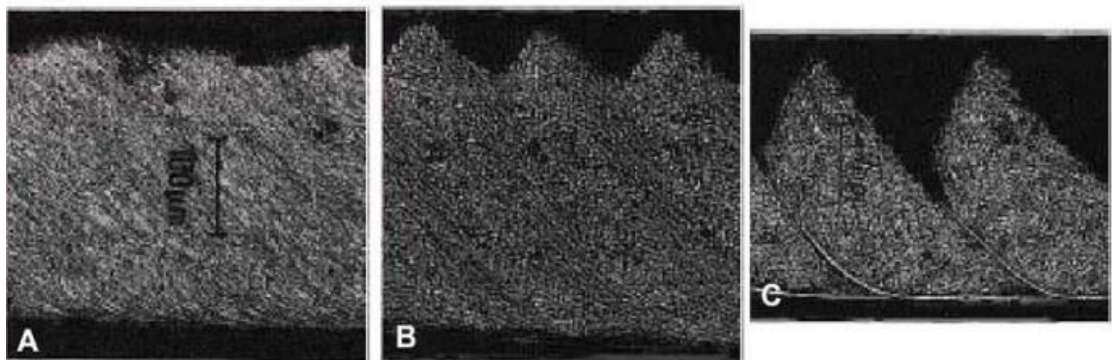


Figure I. 19 : Evolution des copeaux suivant la vitesse de coupe (A: copeau continu B; copeau segmenté et C; copeau dentelé) [9].

Pour les métaux, le processus de formation du copeau est principalement basé sur des déformations plastiques (permanentes) de cisaillement, aux faibles vitesses de coupe, le copeau est continu et ces déformations sont quasi-stationnaires (Figure I.19 A et I.20).

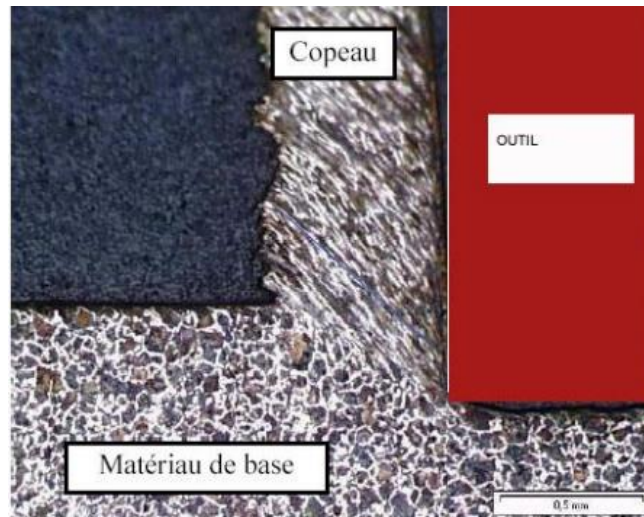


Figure I. 20: Formation du copeau en usinage conventionnel [9]

- Les phénomènes thermiques : L'usinage génère de la chaleur par auto-échauffement du matériau de la pièce et par frottement à l'interface outil/pièce. Les phénomènes thermiques qui en résultent diffèrent entre les deux modes d'usinage. [9]

I.6 La température de coupe

C'est la chaleur qui se forme au cours des processus d'usinages en raison des forces mécaniques et des grands frottements appliqués aux zones de coupe, et elle est plus concentrée aux interfaces pièce outil copeau.

Les valeurs de température de coupe changent en fonction des changements des conditions de coupe appliqués et en fonction des caractéristiques mécaniques du matériau et de l'outil de coupe utilisé (figure I.21).

Les principales sources de chaleur proviennent de:

- Déformation plastique dans les zones de cisaillement primaire et secondaire
- L'augmentation du frottement générée à l'interface outil-copeau et entre la face de dépouille de l'outil et la surface usinée de la pièce. La chaleur ainsi créée va se répartir dans les différentes parties de l'outil, de la pièce et du copeau. Le transfert de chaleur dans le copeau et dans la pièce s'effectue majoritairement par transport alors que dans l'outil le transfert s'effectue principalement par diffusion. De fait, la répartition des flux ne se fait pas de manière équivalente et dépend bien sûr des conditions de coupe et des propriétés thermiques des matériaux. Seul un faible pourcentage de la chaleur générée est transmis à l'outil et la pièce, la majorité étant évacuée par le copeau [11].

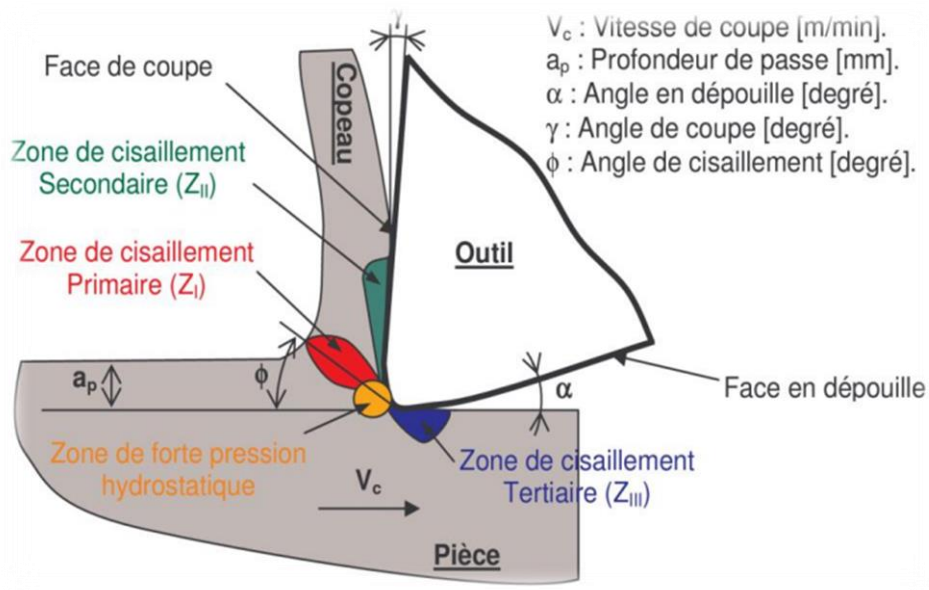


Figure I .21: Distribution des flux de chaleur générés par en coupe orthogonale [22]

1.6.1 Méthodes de mesure de la température de coupe

Lors de l'usinage, on suppose que la majeure partie de la puissance mécanique appliquée le travail est converti en énergie thermique, les zones de cisaillement (primaire, secondaire, et tertiaire) résultant de la découpe sont des lieux de production de chaleur, flux de chaleur

Les parties de ces régions sources se dissipent de manière non équivalente, l'outil, les coupures, les copeaux et les plus petites pièces sont expulsés par l'air (Figure I.20) lors de la coupe, la connaissance des phénomènes thermiques induits est primordiale pour la compréhension de la coupe et pour améliorer l'usinabilité de certains matériaux.

De plus, ces températures influent sur le produit final (contraintes résiduelles, états de surfaces, tolérances géométriques...). A cet effet, dans ce qui suit, nous présenterons les différentes techniques expérimentales qui permettent d'évaluer la température de coupe à l'interface outil-pièce copeau [13].

a) Mesures indirectes de la température de coupe

Avec ces méthodes la température de coupe est mesuré à l'aide d'un vernis thermosensible, ce dernier est déposé sur l'outil et change de couleur à partir d'une valeur de température bien définie. La frontière entre deux couleurs présente l'isotherme.

D'autres méthodes consistent à introduire une poudre, dont on connaît le point de fusion, entre deux parties d'une plaquette, lorsque la température de fusion de la poudre est

atteinte, l'essai est arrêté. Les points où la poudre a atteint son point de fusion matérialisent l'isotherme.

b) Mesures directes de la température de coupe

La mesure de la température par un thermocouple se base sur le principe suivant : si deux métaux sont soudés à leurs extrémités et si une de ces soudures est portée à une température bien déterminée, l'autre étant maintenue à une température différente, on observera alors une force électromotrice entre les deux jonctions. L'évaluation de cette force, qui dépend des matériaux utilisés, symbolise la température mesurée. L'avantage des thermocouples est la simplicité et la flexibilité de réalisation et d'utilisation pour de simple acquisition et ce à moindre coût. Il existe plusieurs types de thermocouples, les plus répandus sont les thermocouples standard et dynamique.

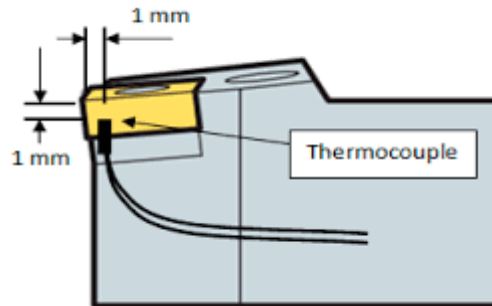


Figure I. 22 : Mesure de la température par thermocouples [13].

c) Mesure de la température par la méthode optique

La méthode d'implantation des thermocouples reste une technique onéreuse et ne permet pas d'effectuer des mesures de la température de contact outil-copeau. De plus, les difficultés liées à la connaissance pour reproduire les conditions de coupe afin de nourrir les modèles basés sur la méthode inverse et les erreurs de mesures liées à l'usure de l'outil. Il est donc nécessaire d'utiliser d'autres systèmes de mesure de température directes qui permettent une acquisition locale et au cours du temps au niveau de la zone de coupe (outil/pièce/copeau). Voir même au niveau des zones de cisaillement. Les seules méthodes permettant de faire des relevés de températures de la zone de coupe sur lesquelles l'évolution du contact pièce-outil copeau n'influe pas, sont celles basées sur l'émission d'onde électromagnétique d'un corps lorsqu'il est chauffé. Les techniques les plus répandues sont le pyromètre optique, la caméra infrarouge et la caméra proche infrarouge.

Le pyromètre est une technique basée sur l'émission d'onde électromagnétique. Le principe consiste à comparer deux énergies (dans la même bande de longueur d'onde), celle émise par le corps chauffé à celle émise par une source étalon. L'étalonnage d'un pyromètre se fait à l'aide d'un corps noir. [13]

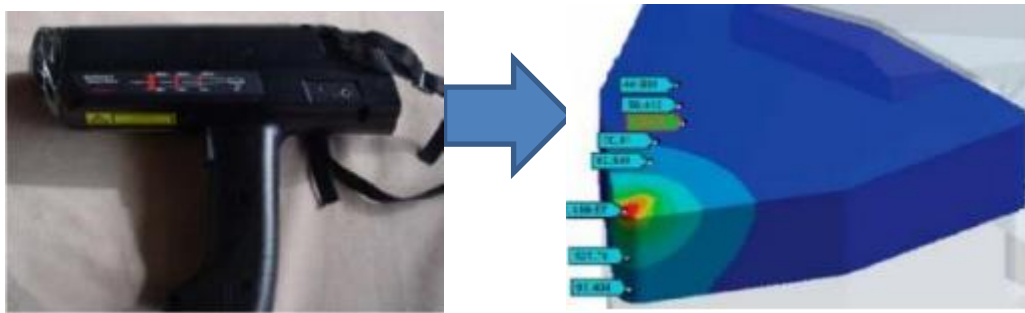


Figure I.23 .: Pyromètre à infrarouge [13].

1.6.2 Influence des paramètres de coupe sur la température de coupe

Influence sur la température de coupe, particulièrement quand elle est élevée, est nuisible pour l'outil de coupe et la pièce. [12]

- L'usure, qui réduit la durée de vie de l'outil de coupe,
- La déformation plastique des arêtes de coupe si le matériau de l'outil n'est pas assez dur
- Endommagement des arêtes de coupe dus aux chocs thermiques.
- Formation de l'arête rapportée
- Endommagement de la surface par oxydation, corrosion rapide, inflammation. Induction des contraintes résiduelles sur la surface.
- L'expansion et la contraction durant et après l'usinage
- Le manque de précision des dimensions de la pièce à cause de la distorsion thermique

I.7 La microstructure de la surface usinée

La microstructure de la surface usinée sur un tour est déterminée par divers facteurs, tels que le matériau de la pièce à usiner, les paramètres de coupe, les outils utilisés et les conditions d'usinage.

Voici quelques éléments importants liés à la microstructure de la surface usinée sur un tour :

I.7.1 Matériau de la pièce

La microstructure d'un matériau peut varier en fonction de sa composition chimique, de son traitement thermique précédent et de ses propriétés intrinsèques. Différents matériaux (acier, aluminium, titane, etc.) auront des microstructures distinctes après l'usinage.

I.7.2 Paramètres de coupe

Les paramètres de coupe, tels que la vitesse de rotation de la broche, la vitesse d'avance et la profondeur de coupe, influencent la microstructure de la surface usinée.

Des vitesses de coupe élevées peuvent entraîner une augmentation de la température de coupe, ce qui peut affecter la microstructure.

I.7.3 Outils de coupe

Le choix de l'outil de coupe peut avoir un impact significatif sur la microstructure de la surface usinée. Différents types d'outils (carbure, céramique, revêtements spéciaux, etc.) peuvent générer des températures de coupe différentes et induire des contraintes thermiques sur la surface usiné.

I.7.4 Refroidissement et lubrification

Liquides de refroidissement ou de lubrifiants pendant l'usinage peut influencer la microstructure de la surface usinée. Ils aident à réduire la température de coupe, à lubrifier les interfaces et à minimiser les déformations thermiques.

I.7.5 Conditions d'usinage

Des conditions d'usinage stables et contrôlées sont essentielles pour obtenir une microstructure de surface cohérente. Des vibrations excessives, des instabilités de la machine ou des défauts de fixation peuvent affecter négativement la microstructure.

La microstructure de la surface usinée sur un tour peut être caractérisée à l'aide de techniques d'analyse métallographique, telles que l'observation au microscope optique ou électronique à balayage (MEB) et l'analyse des échantillons prélevés. Ces techniques permettent d'évaluer les caractéristiques de la microstructure (fig. I.24), telles que la taille des grains, la présence de défauts (comme les écailles ou les fissures) et les zones affectées par la chaleur [13].

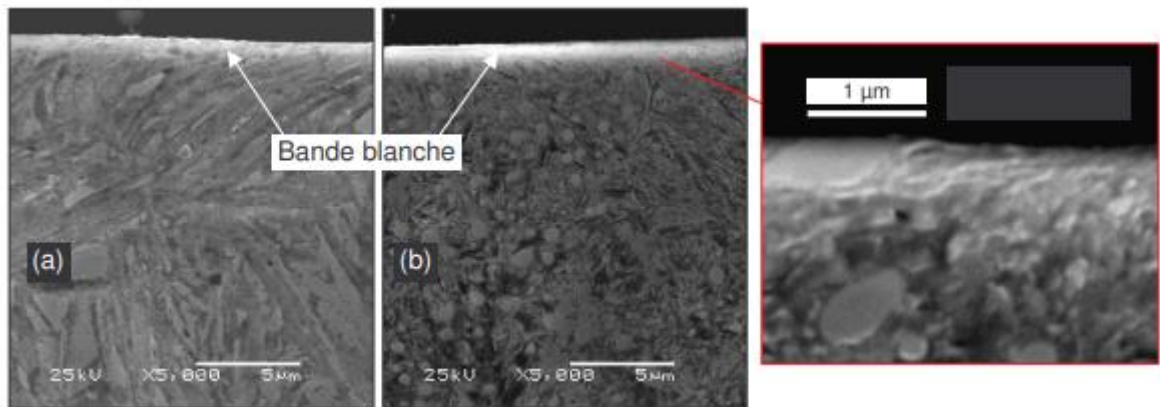


Figure I. 23: Micrographies des surfaces usinées observées au MEB [5]

I.8 Phénomène de couche blanche

C'est un phénomène qui se produit dans les procédés d'usinage mécaniques, où une couche blanche se forme à la surface de l'outil de coupe, cette couche se caractérise par une très grande dureté, par exemple (figure I.26).

La température élevée dans la zone de coupe en est la principale raison, et cela passe par les éléments suivants :

I.8.1 Usure de l'outil

L'outil utilisé pour couper le matériau est usé, il peut entraîner une augmentation de la chaleur pendant le processus de coupe. Cela peut provoquer une réaction chimique entre l'outil et le matériau, formant ainsi une couche blanche sur la surface du copeau.

I.8.2 Température élevée

Lors de la coupe, la chaleur générée peut atteindre des températures élevées. Cela peut causer une réaction thermique entre le matériau et l'air ambiant, formant une couche d'oxydation blanche sur la surface du copeau.

I.8.3 Réaction chimique

Certains matériaux peuvent réagir chimiquement avec l'air ou l'humidité environnante lorsqu'ils sont exposés à des températures élevées. Cela peut entraîner la formation d'une couche blanche, qui peut être un oxyde ou un autre composé chimique.

Pour déterminer la cause exacte de la couche blanche, il peut être nécessaire de prendre en compte le type de matériau, l'outil utilisé, les conditions de coupe et d'autres facteurs spécifiques à usinage.

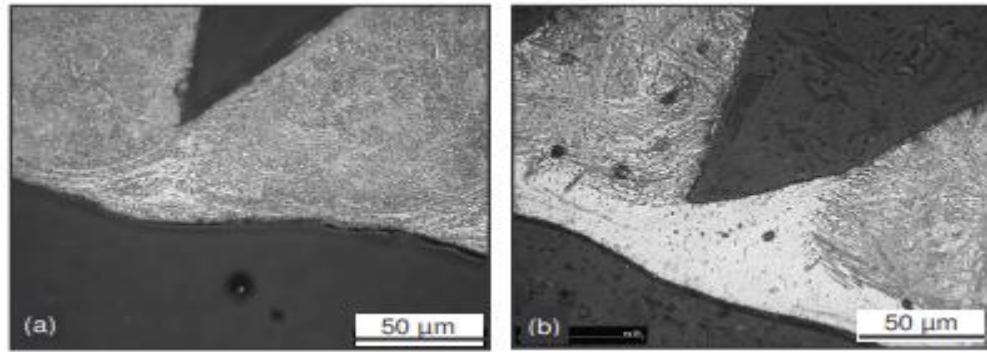


Figure I. 24 :Exemple de couches blanches observées sur le copeau, (a) avec carbures, (b) sans carbure ($V_C=100$ m/min et $f = 0,1$ mm/tr) [13]

I.9 Revue de littérature sur la température de coupe

La mesure et le contrôle de la température de coupe est un sujet très important, d'autant plus que la température a un impact direct sur la durée de vie de la machine de coupe et sur la qualité des pièces produites en fabrication.

Pour cela nous présentons quelques études sur ce sujet et notamment :

En 2007, Mohamed Athmane Yalloseet al, dans leur étude vise à évaluer les efforts de coupe, c'est-à-dire les forces exercées sur l'outil pendant le processus d'usinage, ainsi que la température générée lors du tournage de l'acier AISI 52100 avec l'outil CBN.

Des expériences sont menées en variant les paramètres d'usinage tels que la vitesse de coupe, l'avance et la profondeur de coupe. Les efforts de coupe sont mesurés à l'aide d'un dynamomètre, tandis que la température de coupe est enregistrée à l'aide de capteurs appropriés.

Les résultats de l'étude permettent de comprendre l'impact des paramètres d'usinage sur les efforts de coupe et la température générée lors du tournage de l'acier AISI 52100 avec un outil CBN. Ces informations peuvent être utilisées pour optimiser les paramètres d'usinage et améliorer l'efficacité du processus. [12]

En 2008, Abdelkrim Mourad a mené une étude sur l'influence de la température de coupe dans l'usure des outils et les caractéristiques métallurgiques des alliages usinés. L'objectif de cette recherche était de comprendre comment la température de coupe affecte l'usure des outils utilisés lors du processus d'usinage et comment elle influence les propriétés métallurgiques des alliages travaillés.

L'usure des outils est un problème majeur dans l'industrie de l'usinage, car elle réduit la durée de vie des outils et entraîne des coûts de production plus élevés. La température de coupe est une variable clé qui peut influencer l'usure des outils. Des températures élevées peuvent endommager l'outil, tandis que des températures plus basses peuvent réduire l'usure mais affecter les propriétés métallurgiques de la pièce usinée.

Les conclusions de cette étude ont montré qu'il existe une corrélation significative entre la température de coupe et l'usure des outils. Des températures plus élevées ont entraîné une usure plus rapide des outils, tandis que des températures plus basses ont permis de prolonger leur durée de vie. Cependant. [5]

En 2017, ARBAOUI Mohamed El Hacem et al ; ont présenté une méthode pour l'identification des paramètres en utilisant le système d'inférence flou. Le système d'inférence flou a été utilisé pour déterminer la valeur la température de coupe comme variable de sortie du système en se basant sur les valeurs des paramètres de coupe (vitesse de rotation, avance par tour et profondeur de passe)

L'objectif était de déterminer l'influence des paramètres de coupe sur la température de coupe. Le modèle flou élaboré pour la détermination de la température de coupe formée (règles, floues) et testé en utilisant les données expérimentales. L'écart moyen des données de test était de 4,65%, ce qui correspond à une précision de 95.35%. Les résultats des tests ont montré que le modèle flou proposé peut être utilisé avec succès pour la sélection des paramètres de coupe en chariotage de l'acier AISI 1060

En 2018, Hamiya Tariq Bafa'a et al; cette étude est un système obscur de sélection des paramètres de coupe pour les opérations de fraisage afin de prédire la réduction de température, le modèle flou a été développé pour l'acier AISI 1060.

Les règles et les fonctions ambiguës d'affiliation élaborées reposaient sur des mesures de températures réduites au cours des essais.

Le mystérieux système d'inférence a été utilisé pour déterminer les valeurs initiales de paramètres de coupe (vitesse de coupe, vitesse d'avance, profondeur de passe) en utilisant une température plus basse comme sortie, l'impact de ces paramètres et leurs interactions dans les machines sont analysés en détail.

Les résultats ont montré que pendant la fabrication de l'acier AISI 1060, la température de coupe a augmenté tout en augmentant la profondeur de coupe et la vitesse de coupe.

Le paramètre résiduel (l'avance par dent) avec moins d'impact sur la réduction de la température l'étude réalisée dans ce résumé montre que le facteur le plus important affecte la réduction de température est la profondeur de passe [10].

Conclusion

Dans ce chapitre de notre étude, nous avons exposé le processus de tournage ainsi que les diverses opérations associées telles que le chariotage et le dressage. Nous avons également abordé les conditions de coupe. La deuxième partie de ce chapitre offre un aperçu de la température de coupe et de ses effets, ainsi que quelques méthodes permettant de la mesurer. En outre, nous avons réalisé une revue de littérature afin de situer notre étude dans son contexte approprié.

Chapitre II :
Méthode expérimentale

II.1. Introduction

Les expérimentations font appel à diverses techniques pour établir la distribution de la température dans la zone de coupe. L'une de ces méthodes modernes pour mesurer la température de coupe est l'utilisation de capteurs infrarouges.

Ce chapitre présente une seule technique expérimentale utilisée pour mesurer la température dans les procédés d'enlèvement de matière par tournage, notamment le matériau et l'outil et la pièce, la configuration des tests pratiques.

II.2 Outils expérimentaux utilisés

L'agencement opérationnel utilisé pour mener toutes les expériences (détection de la température de la coupe ainsi que la mesure des rugosités des surfaces) en corrélation avec les paramètres de coupe est clairement démontré sur le schéma fonctionnel (figure II.1). Ce système est principalement constitué des éléments ci-dessous ;

- ❖ Machine-outil (tour universel) ; marque EMCO modèle MAXIMAT V13
- ❖ Outil de coupe en carbure métallique à forme triangulaire ;
- ❖ Éprouvette cylindrique d'acier c45
- ❖ Instrument de mesure de la rugosité des surfaces ;
- ❖ Capteur à infrarouge ; MLX90614ESF-BAA
- ❖ PC; ordinateur portable

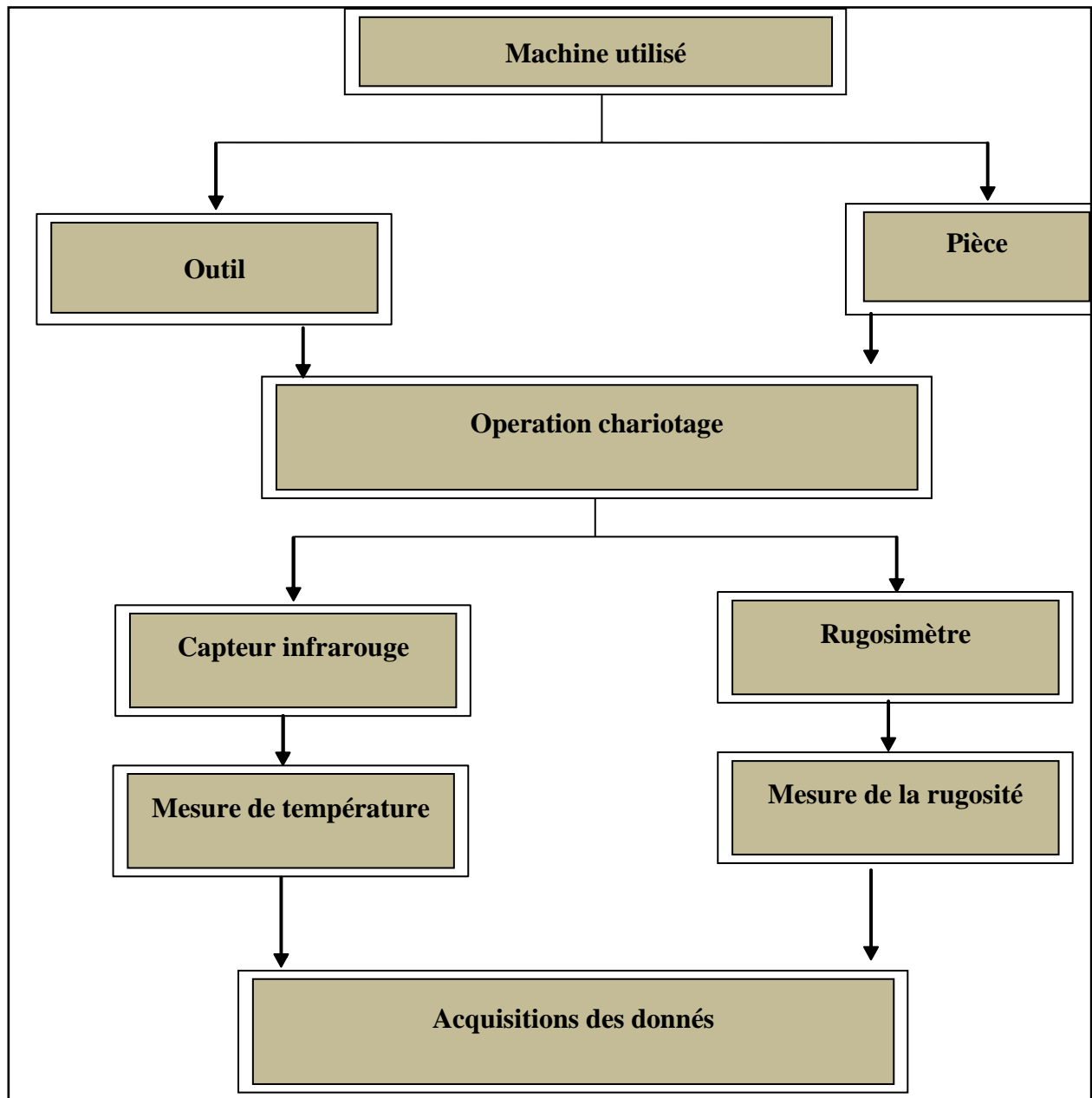


Figure II.1: Organigramme expérimental [1].

II.3 Matériau de la pièce usinée

Les échantillons utilisés dans ce travail sont en acier C45, l'acier C45 est un acier au carbone de qualité moyenne à haute dureté, qui est couramment utilisé dans la fabrication de pièces mécaniques, d'engrenages, de pièces d'usure, de pignons, d'arbres, de paliers, de boulons, de rivets, de clavettes, de ressorts et d'autres composants.

Voici les principales caractéristiques techniques de l'acier C45 :

Tableau III . Composition chimique de l'acier utilisé [17].

Composition	C	Mn	Si	P
%	0.45	0.58	0.25	0.008

Tableau II. 2 caractéristiques mécaniques moyennes (état normalisé) de l'acier C45 [17].

valeurs	Propriétés			
	Rm N/mm ²	Re N/mm ²	A %	Dureté HB
	680	369	18	197

II.4 Plaquettes utilisées

Des plaquettes en carbure non revêtu sont utilisées comme outils de coupe, elles sont fixées sur des corps d'outils qui ont été spécialement conçus pour le tournage. Ils permettent de disposer de trois angles de coupe.

La face de coupe des plaquettes outils n'est pas réaffûtée, ils sont obtenus par frittage et sont essentiellement composés de carbure de tungstène WC, pour améliorer certaines propriétés, des additions de carbure de titane ou de tantale.

Ces carbures sont caractérisés par leur haute réfractivité et des duretés très élevée, les plaquettes de coupe utilisées sont amovibles et de forme triangle (figure II.2)

**Figure II. 2: Plaquette de type triangle non revêtu utilisée**

Les dimensions des plaquettes utilisées sont représentées dans les tableaux II.1

Tableau II. 1: Dimensions des plaquettes type triangle [17].

Dimension (mm)	R	e	l
	0.4	3.18	16

II.4.1. Composition chimique

Le tableau II.4 montre la composition chimique des plaquettes (outils) utilisées lors de l'usinage, elles ont la composition chimique suivante :

Tableau II. 2 Composition chimique de la plaquette utilisée [17].

Composition	Co	WC (C)	(Ti-W)C
%	6.00	56.2	37.8

II.4.2. Caractéristiques techniques de la plaquette

La mesure des différents critères à savoir la dureté, la densité et la résistance à la rupture des plaquettes utilisées toujours dans notre travail est regroupée dans le tableau (II.3).

Tableau II. 3 Caractéristiques techniques de la plaquette

Dureté (HRA)	91
Densité (g/cm²)	11.7
Résistance à la rupture (N/mm²)	1550
Rétrécissement (%)	1.22

II.5. Machine utilisée

La machine de tour Emco Maximat V13 est une machine à tour de précision produite par Emco, une entreprise autrichienne spécialisée dans la fabrication de machines-outils. Elle est conçue pour être utilisée dans des ateliers de fabrication et des centres de formation pour usiner des pièces en métal ou en plastique.

La machine de tour Emco Maximat V13 est équipée d'un moteur puissant de 0,9 kW (1,2 ch), d'un mandrin de 3 mors, d'un chariot transversal et longitudinal, d'un chariot porte-outil et d'une boîte de vitesses à changement rapide pour une sélection facile de la vitesse de coupe. Elle est également équipée d'un dispositif de refroidissement pour éviter

la surchauffe de la pièce à usiner et de l'outil de coupe.

La machine à tour Emco Maximat V13 (**Figure II.3**) est capable d'usiner des pièces jusqu'à un diamètre de 140 mm et une longueur maximale de 400 mm. Elle peut être utilisée pour effectuer des opérations d'usinage telles que le tournage, le perçage, le filetage.



Figure II. 3: Tour parallèle universel

II.6 Capteur infrarouge

Pour cette étude expérimentale, la température de coupe est mesurée en utilisant un capteur de température infrarouge sans contact MLX90614ESF-BAA permettant de mesurer une température ambiante et la température d'un objet.

Le module communique avec un microcontrôleur via une sortie PWM ou une liaison I2C (en fonction du mode de sortie choisi).



Figure II. 4: Capteur de température infrarouge

II.7 Méthode synthétique de mesure de la température de coupe par capteur infrarouge

Pour mesurer la température de coupe à l'interface outil pièce copeau, nous avons implanté un Capteur de température infrarouge sans contact. Le montage de capteur est représenté sur la figure II.5, les mesures de températures sont directement enregistrées au cours du test d'usinage avec un système d'acquisition de données commandée par un ordinateur avec un logiciel spécifique (Arduino 2.0.4).

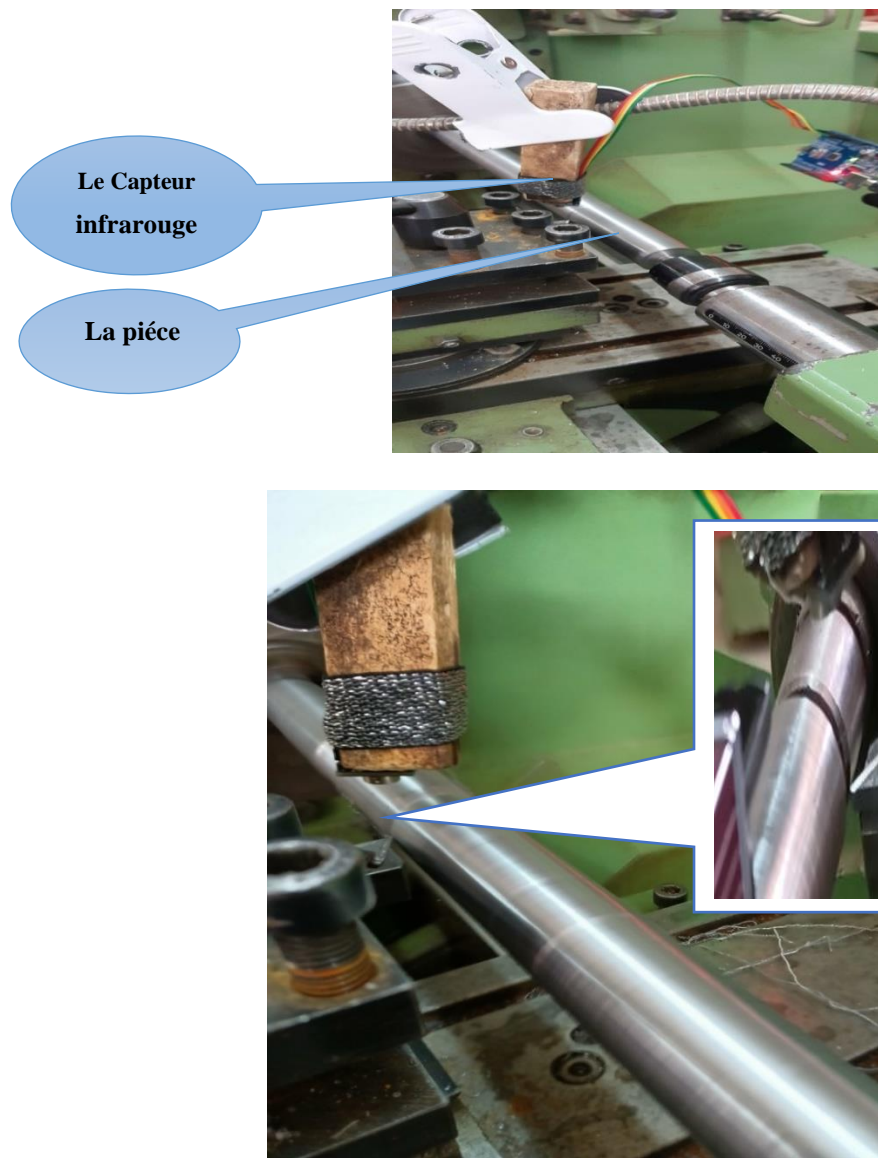


Figure II. 5: Montage d'un capteur de température par infrarouge

II.7 Mesure de la rugosité de surface

La figure II.6 montre le rugosimètre type Mitutoyo utilisé pour mesurer le moyen

arithmétique du profil (R_a), Le tableau II.7 présente les caractéristiques générales du rugosimètre utilisé lors de l'expérimentation.

Pour l'ensemble des essais de l'état de surface des valeurs de rugosité ont été mesurées à trois reprises et que des valeurs moyennes sont signalées pour réduire les erreurs expérimentales.



Figure II. 6: le rugosimètre type Mitutoyo

II.7.1 Méthode synthétique de mesure de la rugosité

Comme représente sur la figure II.7

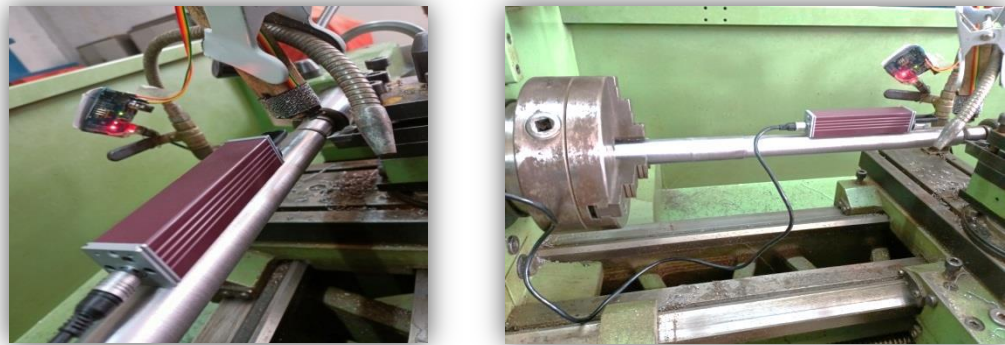


Figure II. 7: Méthode de mesure de la rugosité par le rugosimètre

Tableau II. 4: Caractéristique de rugosimètre type Mitutoyo utilisé.[1]

Modèle	Mitutoyo SJ 201P
Vitesse de translation	0.25 mm/s, 0.5mm/s and 0.8 mm/s
Longueur d'évaluation	12.5 mm
Procédé de détection	Inductance différentiel
Pointe rayon de Stylus	5 μ m
Force de mesure	4mN
Longueur d'échantillonnage	0.25mm, 0.8 mm and 2.5 mm
Plage d'affichage Ra	0.01– 100 μ m

II.8 Procédures d'essais

II.8.1. Eléments considérés durant l'expérimentation

- ✓ Paramètres de coupe : vitesse de coupe, avance et profondeur de passe
- ✓ Gammes des plaquettes à employer Intégrité des surfaces usinées

En considérant l'ensemble des résultats à obtenir et des facteurs qui influents à priori, sur leur niveau, on peut établir un bilan récapitulatif :

a) Paramètres à vérifier

- ✓ Vitesse de coupe,
- ✓ Vitesse d'avance,
- ✓ Profondeur de passe,
- ✓ Assurez-vous que le capteur est orienté à un point outil-pièce

b) Résultats à observer

- ✓ La température de coupe, sur le point de contact outil-pièce
- ✓ Mesure de la rugosité de surface,

Donc :

Le but du travail consiste à établir et quantifier les modes d'évolution de ces résultats en fonction de l'ensemble des paramètres utilisé.

II.9. Méthodologies d'essais

Les essais sont effectués en chariotage sur des éprouvettes cylindriques en acier (diamètre 60mm et longueur 430 mm). Les lopins ont été pris en mors doux épaulés. Pour la prise de mort, une portée de 80 mm a été usinée ce qui laisse une longueur usinable de 350 mm (figure. II.8). Les deux faces ont été dressées et un chariotage extérieur a été effectué sur une profondeur voisine des 3mm pour éliminer la couche superficielle brute.

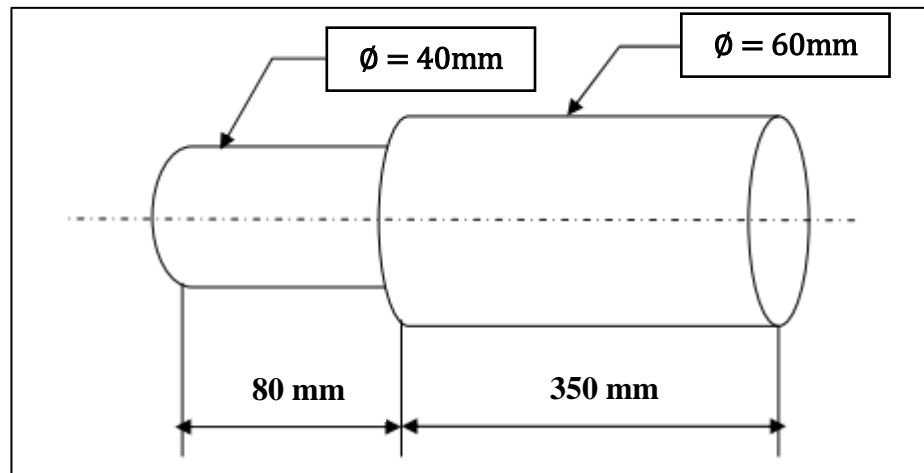


Figure II. 8: Illustrant la forme l'éprouvette utilisée

Les essais ont été menés avec les plus grandes précautions. La démarche générale des essais est la suivante :

- ✓ Mise en position de l'éprouvette sur le tour,
- ✓ Remise au rond de l'éprouvette. Lors de la mise en place de la pièce, un défaut de remise en position existe. Pour des vitesses de coupe relativement importantes, il convient particulièrement d'éviter les faux ronds de la pièce.
- ✓ Réglage de l'avance, de la profondeur de passe et choix de la plage de vitesse.
- ✓ Afin de s'affranchir d'une erreur sur la profondeur de passe, nous avons effectué une mesure du diamètre avant et après usinage,
- ✓ Mesure de la température,
- ✓ Contrôle des états de surface Ra,
- ✓ Démontage de la plaquette,
- ✓ Observation visuelle périodique des plaquettes utilisées (face de coupe, et la face de dépouille),
- ✓ Traitement informatique des données,

- ✓ Analyse des résultats

II.10. Essais d'usinage

Notre observation a porté sur la température de coupe, la rugosité, pour déterminer les limites du domaine d'usage du couple outil matière, il s'agit de déterminer un domaine de validité de production d'une surface dans de bonnes conditions technologiques en fonction des trois paramètres : la vitesse de rotation(N), la profondeur de passe (a_p) et l'avance (f).

II.10.1 Température de coupe en fonction des conditions de coupe

L'objectif de cette campagne d'essais est de voir l'évolution de la température de coupe au cours du temps et d'observer leurs allures pour différentes valeurs de paramètres de coupe.

II.11 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté en détail notre méthode expérimentale. Nous avons fourni une description exhaustive du matériel utilisé, notamment l'ordinateur "PC", le tour, le capteur infrarouge, la pièce utilisée et l'outil de coupe. Le but des essais est de mesurer la température de coupe pendant les opérations de tournage et après en mesurant la rugosité de surface pour chaque essai.

Chapitre III

Analyse et interprétation des résultats

Introduction

L'interprétation des résultats est nécessaire pour comprendre les causes et les conséquences de tous phénomènes physiques.

Dans ce chapitre, nous expliquons les résultats obtenus à partir des essais expérimentaux basés sur l'effet des paramètres (vitesse de rotation, l'avance et la profondeur de passe) sur la température de coupe et la rugosité de surface.

III.1 Résultats expérimentaux

Le tableau représente les résultats de mesure de la température de coupe et la rugosité de surface en fonction des paramètres de coupe durant une opération de chariotage sur un tour semi-automatique au niveau de l'atelier mécanique.

Tableau III.1: résultats expérimentaux

Essais	Paramètres de coupe			Résultats	
	N (tr/min)	f (mm/tr)	ap (mm)	T _m (c°)	Ra (µm)
1	440	0.09	0.25	41.87	3.6
2		0.18		60.65	4.1
3		0.36		91.19	5.85
4		0.09	0.5	48.65	4.05
5		0.18		68.75	5.82
6		0.36		101.1	9.26
7		0.09	1	70.77	4.19
8		0.18		98.54	5.2
9		0.36		129.51	11.60
10	1230	0.09	0.25	85.11	2.06
11		0.18		111.6	3.86
12		0.36		151.41	10.23
13		0.09	0.5	110.21	2.9
14		0.18		148.71	4.8
15		0.36		204.72	12.8
16		0.09	1	128.21	3.44
17		0.18		200.32	4.72

18		0.36		247.65	13.42
19	2500	0.09	0.25	135.56	1.30
20		0.18		158.67	3.28
21		0.36		184.43	15.70
22		0.09	0.5	160.45	1.42
23		0.18		193.21	4.25
24		0.36		241.29	16.18
25		0.09	1	203.8	2.13
26		0.18		320.6	3.90
27		0.36		420.34	16.38

III.2 Température de coupe en fonction du temps

Nous avons mené plusieurs essais expérimentaux (27 essais de chariotage) au cours de notre étude au niveau de l'atelier du département de génie mécanique à l'Université de Kasdi Merbah Ouargla, en utilisant un capteur infrarouge pour mesurer la température de coupe.

Les courbes présentées dans les figures III.1, III.2 et III.3 représentent les variations de température de coupe en fonction du temps pour différents paramètres de coupe. Nous avons choisi trois types de courbes pour la vitesse de rotation : faible, moyenne et haute vitesse de rotation ($N=440$, 1230 et 2500 tr/min).

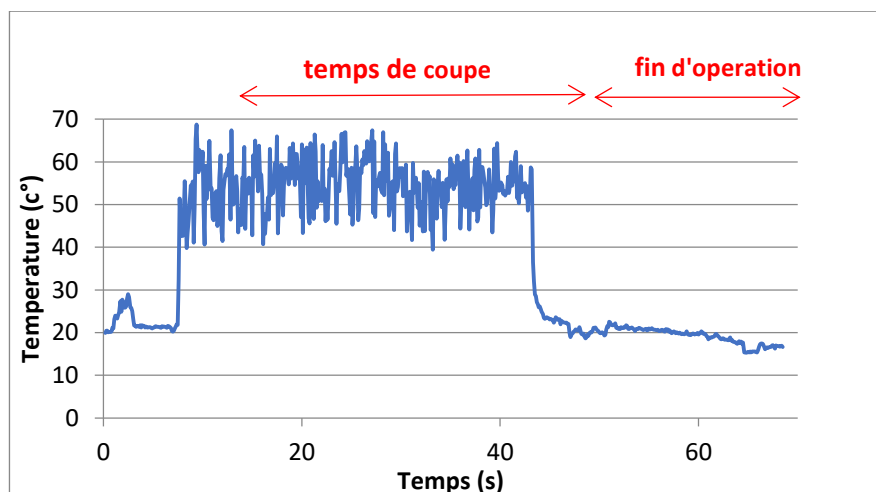


Figure III1 : Variation de la température en fonction du temps pour ($N=440$ tr/min, $ap=0,5$ mm, $f=0,18$ mm/tr)

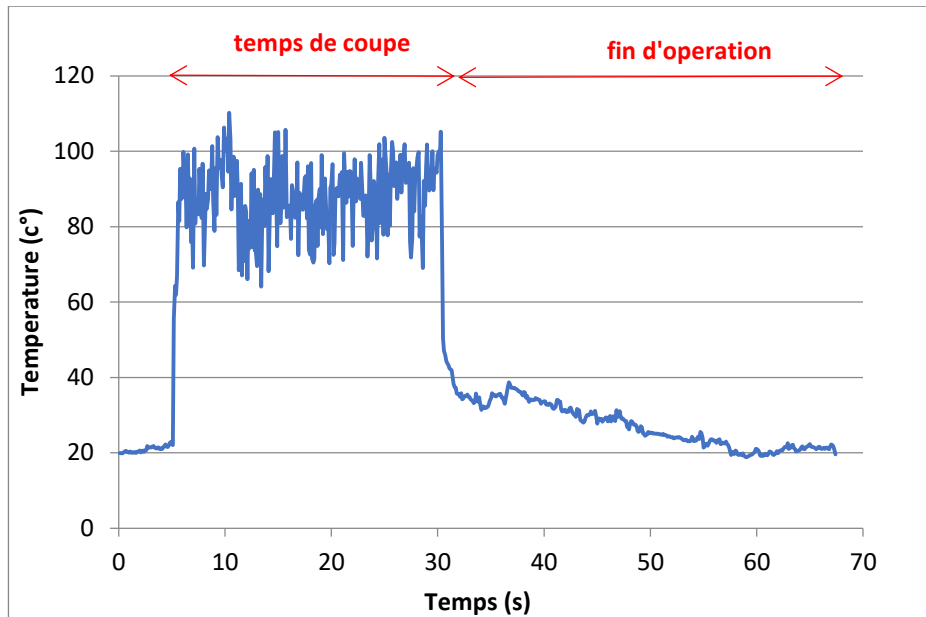


Figure III 2: Variation de la température en fonction du temps pour ($N=1230$ tr /min, $a_p=0,5$ mm, $f=0,09$ mm /tr) .

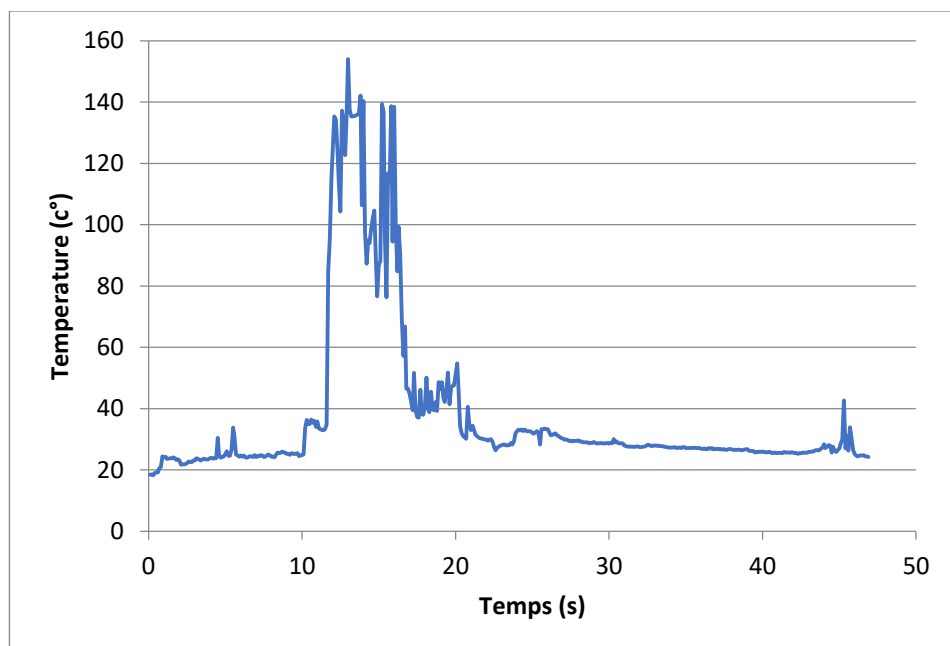


Figure III3 : Variation de la température en fonction du temps pour ($N=2500$ tr /min, $a_p=0.25$ mm, $f=0,09$ mm /tr)

En général, Il y a une similitude dans la forme et la direction générale des trois courbes, ce qui permet de diviser chaque courbe en trois phases distinctes :

- La première phase correspond à une augmentation rapide de la température de coupe, s'étendant du temps ($t = 0$ s) à la phase de temps de coupe. Pendant cette

période, la température augmente rapidement en raison d'un frottement élevé entre l'outil et la pièce.

➤ La 2^{ème} phase : Phase de stabilité, pendant cette phase, les valeurs de température atteignent le maximum, cette augmentation de chaleur est due au contact continu sur le point outil-pièce.

➤ La 3^{ème} phase : Phase de la diminution rapide, la température de coupe se diminue jusqu'à atteindre la même température que l'environnement. Il n'y a aucun contact entre le point outil-pièce pendant cette phase.

III.3 Température de coupe en fonction des paramètres de coupe

III.3.1 Variation de la Température de coupe en fonction de la profondeur de passe

Les courbes représentées dans les figures suivantes III.1, III.2 et III.3 montrent la variation de la température de coupe en fonction des paramètres de coupe, tels que la vitesse de rotation (N), l'avance (f) et la profondeur de passe (ap).

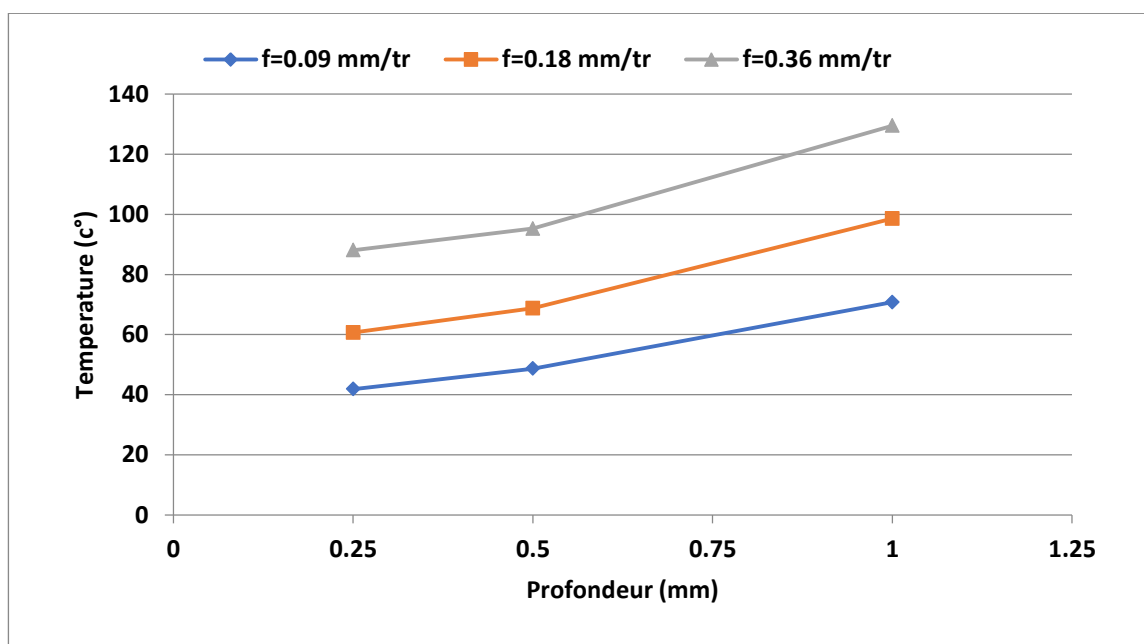


Figure III.4 : Variation de la température de coupe en fonction de la profondeur de passe pour (N= 440 tr/min)

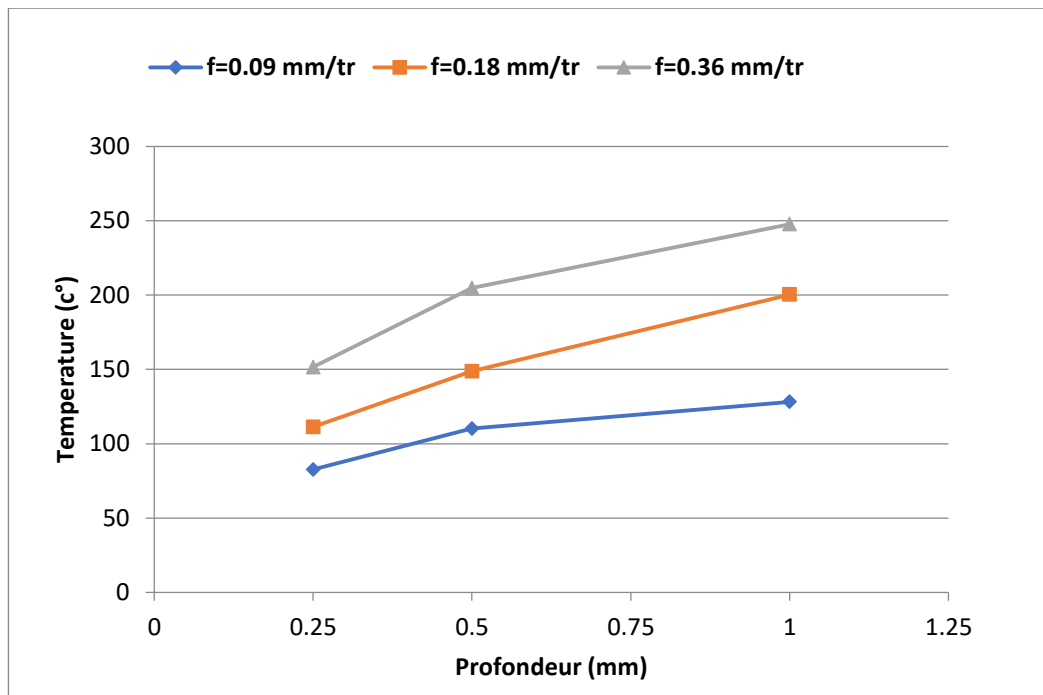


Figure III.5 : Variation de la température de coupe en fonction de la profondeur de passe pour (N= 1230 tr/min)

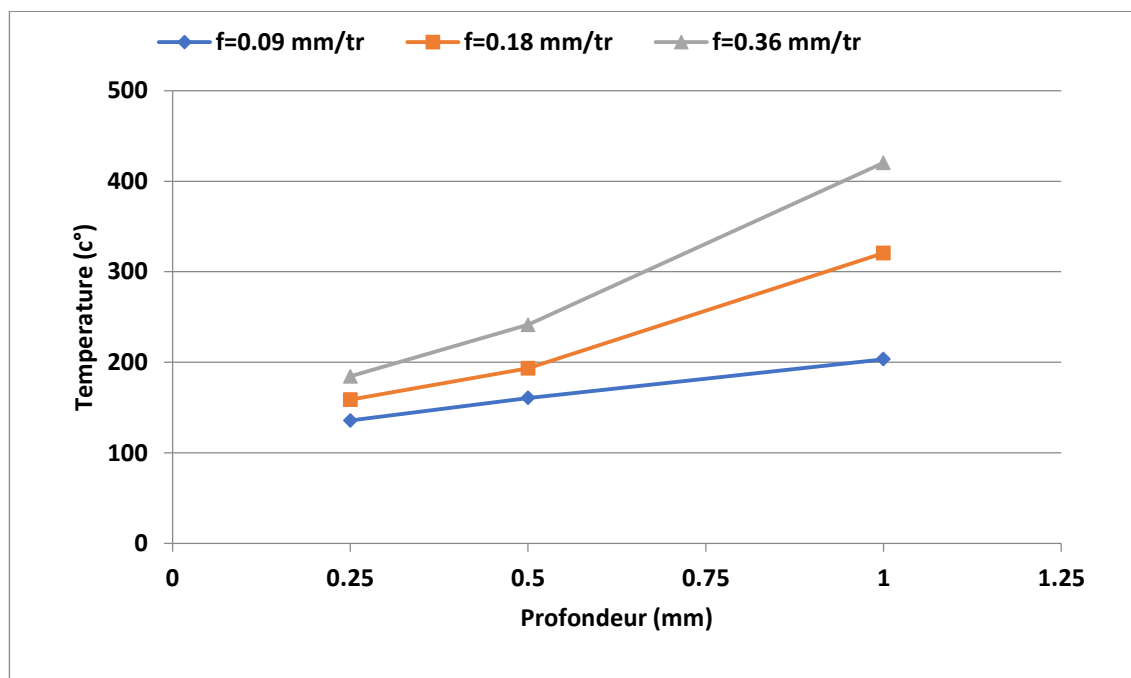


Figure III.6 : Variation de la température de coupe en fonction de la profondeur de passe pour (N= 2500 tr/min)

La courbe de la figure III.4, III.5 et III.6 montrent la variation de la température de coupe en fonction de la profondeur de passe pour ($N= 440, 1230$ et 2500 tr/min et $f= 0.09, 0.18$ et 0.36 mm/tr)

Il est clairement noté que la profondeur de passe a un effet direct sur la température de coupe pour différentes vitesses de rotation et l'avance par tour, ainsi plus la profondeur de coupe est grande, plus la température de coupe est élevée

III.3.2 Variation de la Température de coupe en fonction la vitesse de rotation

Les courbes suivantes représentées dans les figures III.7, III.8 et III.9 illustrent la variation de la température de coupe en fonction des paramètres de coupe, la vitesse de rotation N , l'avance par tour f et la profondeur de passe a_p

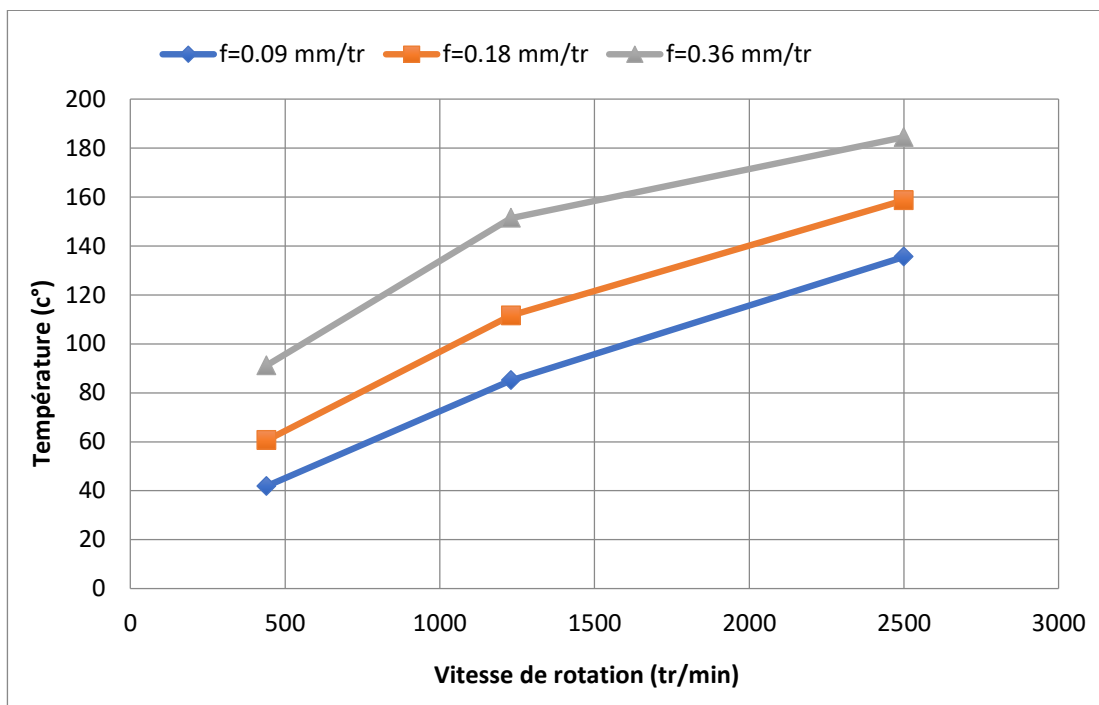


Figure III.7 : Variation de la température de coupe en fonction la vitesse de rotation
($a_p= 0.25$ mm)

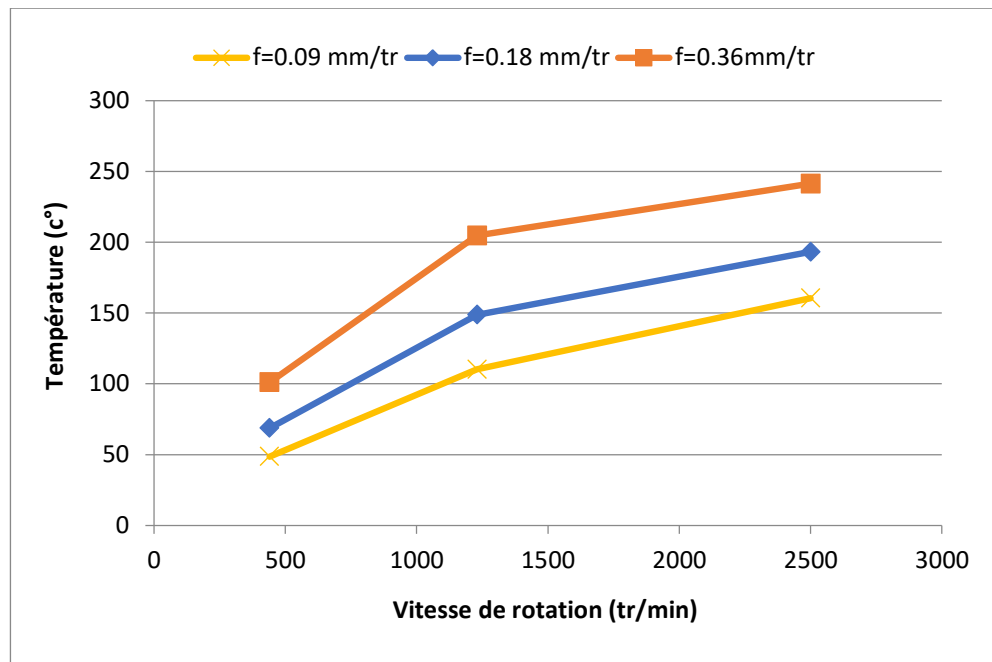


Figure III.8 : Variation de la température de coupe en fonction la vitesse de rotation
(ap= 0.5 mm)

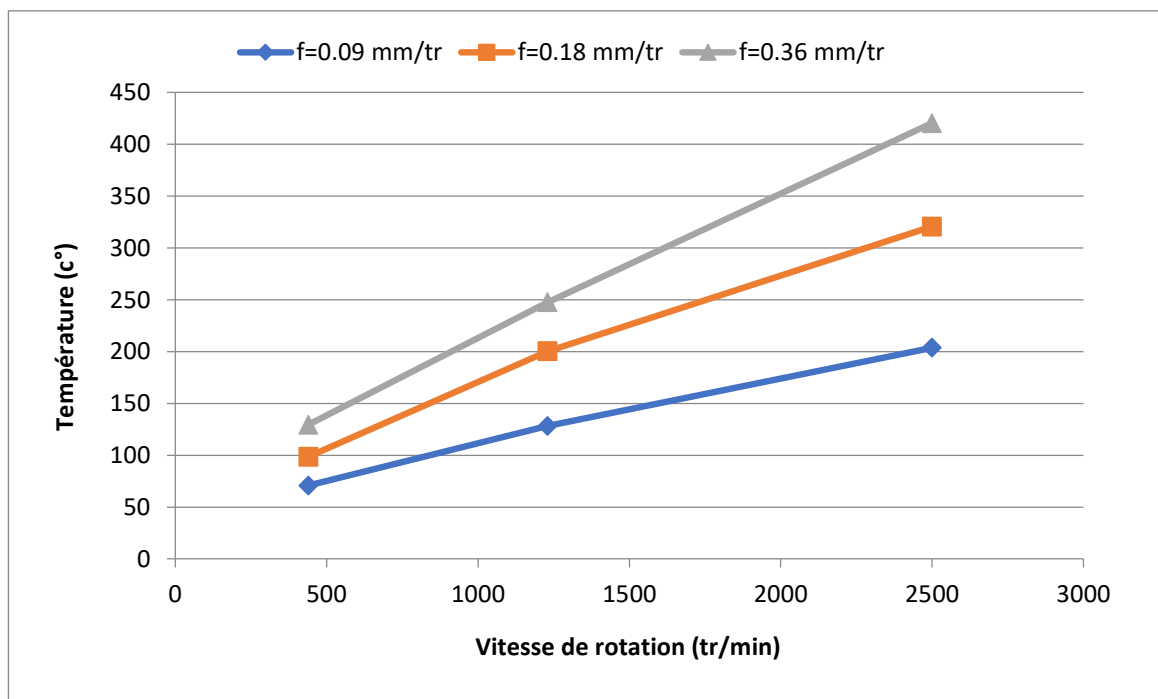


Figure III.9 : Variation de la température de coupe en fonction la vitesse de rotation
(ap= 1 mm)

Une comparaison des courbes des trois figures III.4, III.5 et III.6, qui représentent l'effet des changements de vitesse de rotation sur la montée en température de coupe.

Dans la première courbe, la température maximale était $T_{\max} = 46.87 \text{ C}^\circ$ pour ($N = 440 \text{ tr/min}$, $a_p = 0.25 \text{ mm}$ et $f = 0.09 \text{ mm/tr}$) puis nous conservons les mêmes conditions avec l'augmentation de la vitesse $N = 2500 \text{ tr/min}$ la température maximale devient $T_{\max} = 135.56 \text{ C}^\circ$.

Nous concluons donc que la vitesse de rotation a un effet significatif sur la température de coupe. En général, une augmentation de la vitesse de rotation entraîne une augmentation de la température de coupe. Cela est dû à l'augmentation du frottement entre l'outil et la pièce, ce qui génère plus de chaleur.

L'analyse des 6 courbes conduit à conclure que les grandes valeurs de la température de coupe sont obtenues avec une combinaison des valeurs maximales de deux paramètres de coupe.

La température de coupe la plus élevée est obtenue au moyen d'une combinaison d'une valeur maximale de profondeur de passe et une valeur maximale de la vitesse de rotation de passe.

Les courbes ci-dessus montrent clairement que la condition la plus influente sur la température de coupe est vitesse de rotation, la profondeur de passe, suivi par. L'avance par tour

Donc il est recommandé d'éviter cette combinaison lors de réglages de la machine.

III.4 La rugosité de surface en fonction des paramètres de coupe

III.4.1 Rugosité de surface en fonction de la vitesse de rotation

Les courbes suivantes représentées dans les figures III.10, III.11 et III.12 montrent la variation de la rugosité de surface en fonction des paramètres de coupe, la vitesse de rotation, l'avance et profondeur de passe.

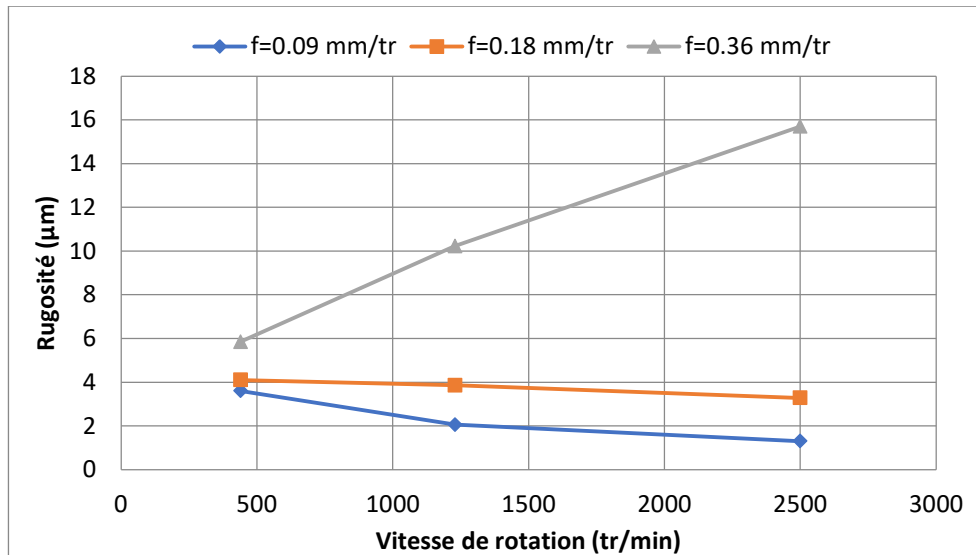


Figure III.10 : la variation de la rugosité de surface en fonction la vitesse de rotation
(ap= 0.25 mm)

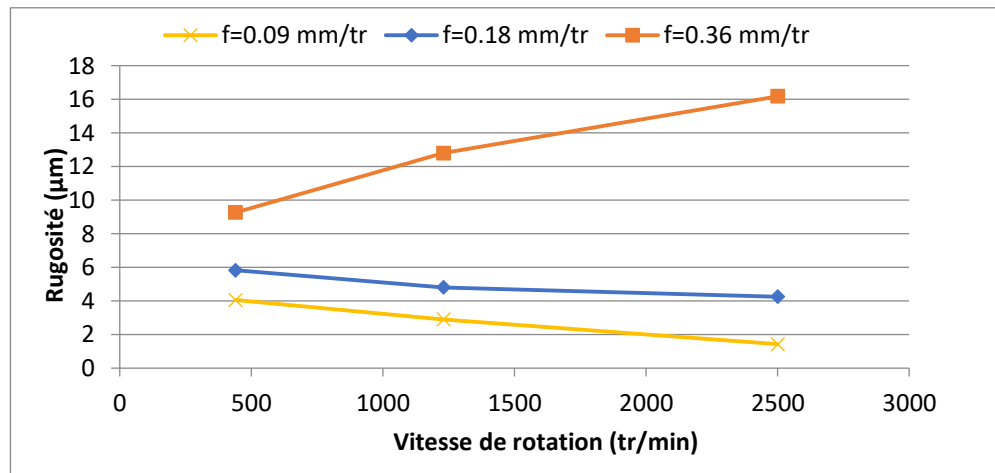


Figure III.11 : la variation de la rugosité de surface en fonction la vitesse de rotation
(ap= 0.5 mm)

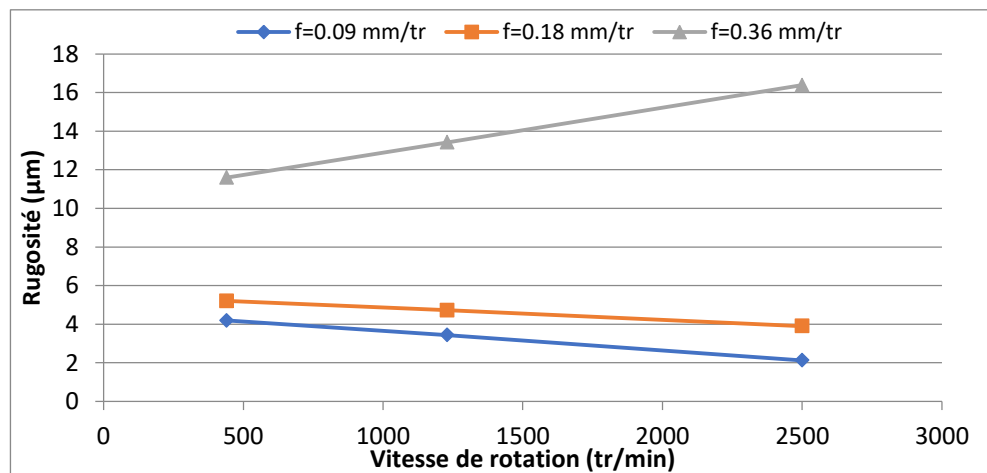


Figure III.12 : la variation de la rugosité de surface en fonction la vitesse de rotation
(ap= 1 mm)

Les courbes III.10, III.11 et III.12 montrent la variation de la rugosité de surface en fonction la vitesse de rotation pour ($a_p=0.25, 0.5$ et 1 mm et $f=0.09, 0.18$ et 0.36 mm/tr).

Il est clair que la vitesse de rotation a un effet direct sur la rugosité de surface pour des différentes valeurs de l'avance par tour par conséquent, plus la vitesse de rotation est élevée et plus la valeur de l'avance par tour est faible, l'état de surface est excellent.

III.4.2 La rugosité de surface en fonction de l'avance par tour

Les courbes suivantes représentées dans les figures III.13, III.14 et III.15 la variation de la rugosité de surface en fonction de l'avance par tour.

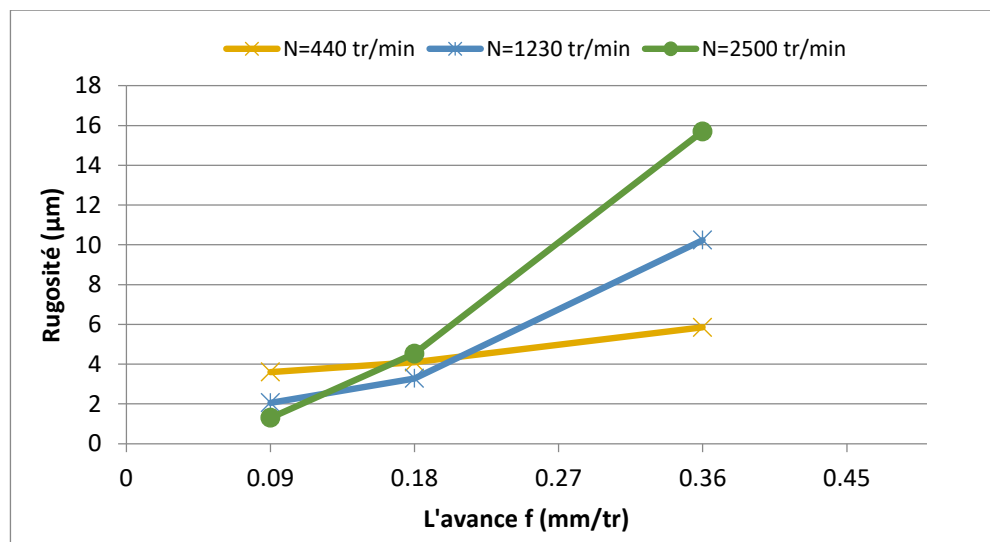


Figure III.13 : la variation de la rugosité de surface en fonction de l'avance ($a_p = 0.25$ mm)

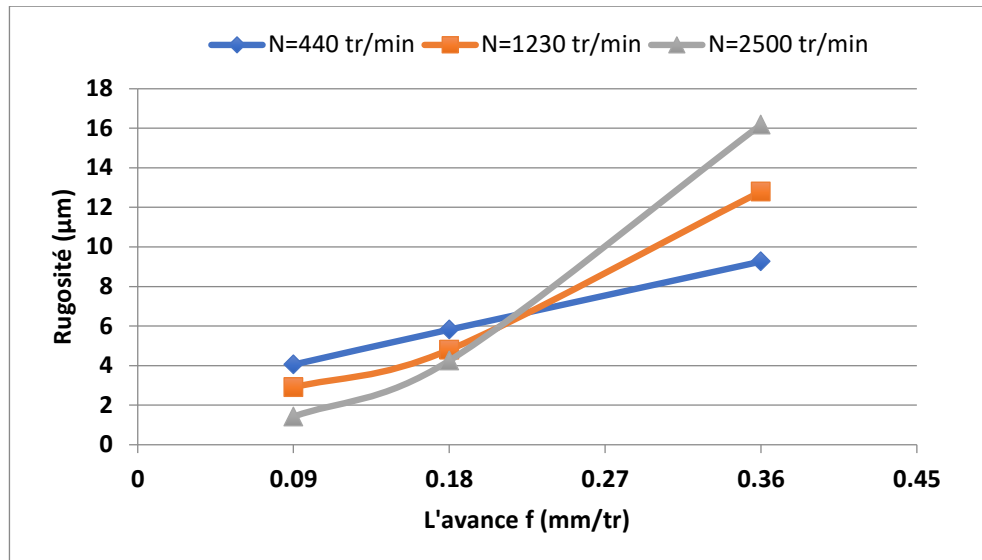


Figure III.14 : la variation de la rugosité de surface en fonction de l'avance
($a_p = 0.5 \text{ mm}$)

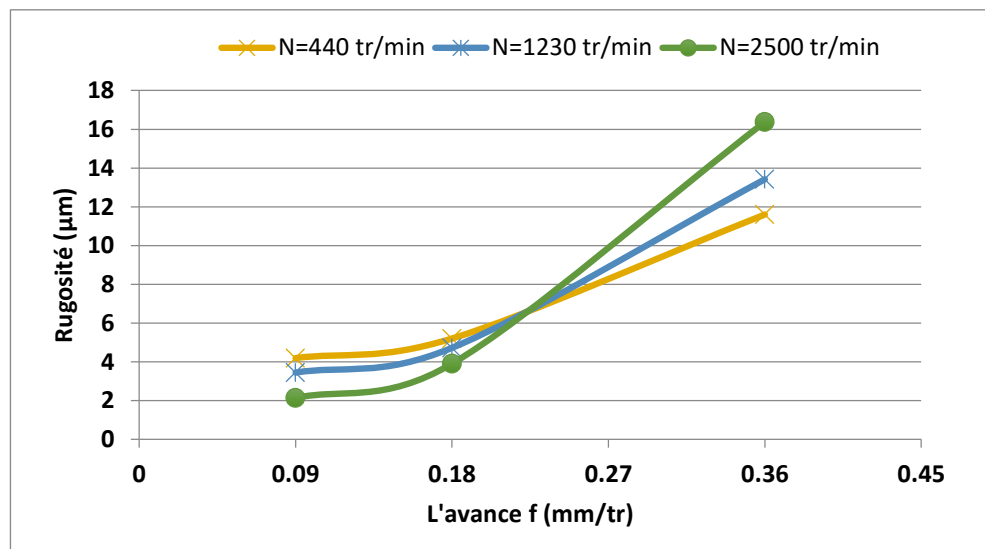


Figure III.15 : la variation de la rugosité de surface en fonction de l'avance
($a_p = 1 \text{ mm}$)

Les courbes III.13, III.14 et III.15 illustrent la variation de la rugosité de surface en fonction de l'avance ($a_p = 0.25, 0.5$ et 1 mm) et de la vitesse de rotation ($N = 440, 1230$ et 2500 tr/min).

Il est clairement démontré que l'avance a un impact direct sur la rugosité de surface pour différentes valeurs d'avance par tour.

En analysant attentivement les courbes précédentes, qui représentent les variations de rugosité de surface en fonction de l'avance, nous constatons une correspondance totale entre

les trois courbes. La rugosité est minimale pour la plus faible valeur d'avance et la plus grande valeur de vitesse de rotation.

Cependant, dès que nous augmentons la valeur de l'avance par tour, la rugosité commence à augmenter, en particulier à grande vitesse.

En conclusion, pour obtenir une bonne qualité de surface dans les processus de tournage, il est essentiel de maintenir une base constante : réduire l'avance et augmenter la vitesse de rotation.

La vitesse de rotation peut jouer un rôle dans l'amélioration de la rugosité de surface. Cependant, il est essentiel de trouver un équilibre entre la vitesse de rotation et les autres paramètres pour éviter les effets indésirables et obtenir les résultats souhaités l'état de la rugosité de surface.

Conclusion générale

Conclusion générale

La température de coupe est un paramètre essentiel dans les opérations d'usinage, car elle influence directement les performances et la durée de vie de l'outil ainsi que la qualité de la pièce usinée

Dans ce travail, nous avons mis en œuvre la méthode expérimentale décrite en installant un capteur infrarouge dans la partie mobile du tour pour mesurer la température en fonction des paramètres de coupe. De plus, une autre étude a été réalisée pour contrôler l'état de surface des pièces usinées en acier C45, en respectant les normes de coupe applicables.

Après avoir analysé et interprété tous les résultats, nous parvenons à plusieurs conclusions sur le rôle et l'effet des paramètres de coupe sur la variation de la température de coupe et l'état de surface dans les processus de tournage ;

- ✓ L'utilisation de la technique de capteur infrarouge pour mesurer et contrôler la température de coupe dans les processus d'usinage s'avère très efficace, offrant une précision élevée ($V_{CAP} = 10 \text{ cap/s}$). Cela permet d'obtenir des résultats précis et fiables.
- ✓ La température de coupe est influée par tout changement des paramètres de coupe et cet effet est toujours proportionnel à ce paramètre
- ✓ Le paramètre de coupe le plus influé sur l'augmentation de température de coupe est la vitesse de rotation et la profondeur de passe.
- ✓ La vitesse de rotation peut jouer un rôle dans l'amélioration de la rugosité de surface. cependant, il est essentiel de trouver un équilibre entre la vitesse de rotation et les autres paramètres pour éviter les effets indésirables et obtenir les résultats souhaités de la rugosité de surface.
- ✓ L'avance par tour a un effet significatif sur la rugosité de surface. Pour obtenir un bon état de surface, il est recommandé d'augmenter la valeur de la vitesse de rotation autant que possible tout en réduisant l'avance.
- ✓ Les paramètres de coupe optimums pour déterminer un bon état de surface de l'acier C45 données en tant que valeurs suivantes : l'avance par tour $f \leq 0.18 \text{ mm/tr}$, $N = 2500 \text{ tr/min}$ et $a_p = 0.25 \text{ mm}$.

Références

Bibliographiques

Références Bibliographiques

- [1] **Mourad Abdelkrim**, Détermination De La Densité De Chaleur A L'interface Piece Outil: Application Au Tournage, Thèse De Doctorat, Université De Batna, 2017.
- [2] **Chakir Sara Et Liadi Karima**, Modélisation Et Simulation Des Mécanisme Aux Interfaces Pièce-Outil-Copaux De L'acier Xc48, Mémoire Master, Université Blida, 2016
- [3] **Arbaoui Mohamed Et al** , Surveillance De La Température De Coupe Pendant Le Tournage De L'acier Aisi 1060 En Utilisant La Logique Floue, Mémoire De Master Université Kasdi Merbah Ouargla, 2017.
- [4] **AOUAD RAZIKA**, Contribution A La Détermination De Critères De Dégradation D'un Outil De Coupe Lors Des Operations D'usinage, Thèse Doctorat, Université Des Frères Mentouri Constantine 1,2019.
- [5] **Mourad Abdelkrim**, Etude De L'influence De La Température De Coupe Dans L'usure Des Outils Et Sur Les Caractéristiques Métallurgiques Des Alliages Usines, Thème De Magistère Université De Batna.2008.
- [6] **Reference Internet:** [Http://lut-gmp-toulouse.ups-tlse.fr](http://lut-gmp-toulouse.ups-tlse.fr).
- [7] **A. Passeron**, **Tournage Techniques De L'ingénieur**, Traite Génie Mécanique, Bm 7086, P27
- [8] **TILBI Hamza**, Influence De L'usure Des Outils De Coupe Sur La Qualite D'usinage Discontinue, Mémoire Master, Université Badji Mokhtar – Annaba
- [9] Jean-Baptiste VIDAL, cours l'usinage à grande vitesse de coupe, publiez sur éducol STI 2005
- [10] **Farida Benabid**, Etude Des Transferts Thermiques Au Cours D'une Operation D'usinage Influence Sur L'usinage A Grande Vitesse, Thèse De Doctorat, Université De Batna, 2015.
- [11] **Malek HABAK**, Étude de l'influence de la microstructure et des paramètres de coupe sur le Comportement en tournage de l'acier a roulement 100cr6. Thèse de Mécanique et Matériaux. ENSAM, (décembre 2006), P 191, paris.
- [12] **M.A. Yallese et al.** Etude Des Efforts Et De La Température De Coupe Lors De Tournage Dur De L'acier Aisi 52100 Par Un Outil Cbn, Université Badji Mokhtar – Annaba, 2007

Références Bibliographiques

- [13] **G. Poulachon**, Développement D'un Modelé D'efforts De Coupe Intégrant Le Contact En Dépouille : Application Au Tournage De Superfinition Du Cuivre Cu-C2, Thèse De Doctorat, École Nationale Supérieure D'arts Et Métiers, 2011.
- [14] **A. Dokma, S. Mezzar**, Etude Expérimentale De La température De Coupe Pendant Le Tournage De L'acier Z 200, Mémoire De Master, Université Kasdi Merbah Ouargla, 2016.
- [15]. **G.Boothroyd, J.Eagle, Et Al.**, Effect Of Tool A K Wear On The Temperatures Generated During Metal Cutting. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers 1847- 1982, Vols1-196, 177, 789-810, 1963
- [16] **F.Benabid**, Etude Des Transferts Thermiques Au Cours D'une Opération D'usinage, Influence Sur L'usinage A Grande Vitesse, Thèse De Doctorat, Université De Batna, 2015
- [17] **Sandvik, Outils De Tournage, Tournage Générale, Catalogue.** Sandvik Cormant, 2000. A16 & A54.
- [18] **A.Dabache, M. Benglia**, Optimisation Multi-Passe Des Régime De Coupe En Chariotage, Mémoire De Master, Université De Ouargla, 2011.
- [19] **A.Belloufi**, Cours Procèdes De Fabrication, Master Maintenance Industriel, Université De Ouargla, 2010.
- [20] Reference Internet: [Http:// https://www.tebis.com/fr](https://www.tebis.com/fr)
- [21] Reference Internet <https://www.metallerie-chaudronnerie.com/restauration-ouvrages-metalliques>
- [22] **TIAB Lyes OUCHENE Mohand Akli** ; Influence De La Taille Des Grains D'un Acier Sur La Formation Des Copeaux. Mémoire master Université De Bejaia.2018
- [23] Dr. Kamel AOUES, Cours Procédés de fabrication par enlèvement de matière "USINAGE", l'Université *Mohamed Khider Biskra*, 2018.

Résumé

La température élevée est un phénomène indésirable dans les processus d'usinage, en raison de ses effets importants sur la qualité de surface de la pièce usinée et la durée de vie de l'outil. Dans cette étude, nous présentons la méthode expérimentale de mesure de la valeur de la température de coupe par la technique de capteur infrarouge. L'objectif était de déterminer des paramètres de coupe (vitesse de rotation, l'avance par tour et profondeur de passe) le plus influe sur la température de coupe et les valeurs optimales de ces paramètres afin d'obtenir de bons résultats pour la rugosité de surface. Les résultats des essais ont montré que La vitesse de rotation a le plus grand effet sur l'augmentation de la température de coupe et L'avance par tour est le paramètre le plus influent sur l'état de la surface de l'acier C45.

Mots clés : Tournage, Paramètres de coupe, température, mesure, capteur infrarouge.

Abstract

High temperature is an undesirable phenomenon in machining processes, due to its important effects on the surface quality of the machined part and the lifetime of the tool. In this study, we present the experimental method of measuring the cut temperature value using the infrared sensor technique. The objective was to determine the cutting parameters (speed of rotation, advance per turn and depth of pass) that most affect the cutting temperature and the optimal values of these parameters in order to obtain good results for the surface roughness. The results of the tests have shown that the speed of rotation has the greatest effect on the increase in cutting temperature and the advance per turn is the most important parameter affecting the surface condition of C45 steel.

Key words: turning, cutting parameters, temperature, measurement, infrared sensor.

المخلص

تعتبر درجة الحرارة المرتفعة ظاهرة غير مرغوب فيها في عمليات الانتاج الآلي، نظرًا لتأثيراتها المهمة على جودة سطح القطعة المصنعة وعمر أداة القطع. في هذه الدراسة، نقدم الطريقة التجريبية لقياس قيمة درجة حرارة القطع باستخدام تقنية الاستشعار بالأشعة تحت الحمراء. كان الهدف هو تحديد معاملات القطع (سرعة الدوران، والتقدم لكل دورة وعمق المرور) التي تؤثر بشكل أكبر على درجة حرارة القطع والقيم المثلى لهذه المعلمات من أجل الحصول على نتائج جيدة لخشونة سطح القطعة. أظهرت نتائج الاختبارات أن سرعة الدوران لها أكبر تأثير على زيادة درجة حرارة القطع وأن التقدم لكل دورة هو أهم معامل يؤثر على حالة سطح الفولاذ C45.

الكلمات المفتاحية: خراطة، شروط القطع، درجة الحرارة، القياس، مستشعر الأشعة تحت الحمراء