

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
Et de la recherche scientifique

UNIVERSITE Abderrahmane MIRA BEJAIA
Faculté de Technologie
Département de Génie Mécanique

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Fabrication Mécanique et productive

Par :

MEGUELLATI Amir

MAHIAT Azzeddine

Thème

**Géométrie des outils de coupe : influence de brise copeaux,
Etude de cas suivant la bibliographie**

Soutenu le 19/10/2020 devant le jury composé de:

Mr. BENSALD

Président

Mr. A. BELAMRI

Encadreur

Mr. OURARI

Examineur

Année Universitaire 2019-2020

Remerciement

Avant d'aborder le vif du sujet nous tenons à remercier vivement :

Mr BELAMRI A/Latif pour tout le soutien et l'encadrement qu'il nous a donné. Le corps enseignant administratif du département génie mécanique de l'université de Bejaia. Ainsi que tous les membres du hall technologie.

Nous tenons à remercier également tous ceux qui nous aidé de pré et de loin pour l'élaboration de ce mémoire.

A tous ceux dont le soutien nous a été utile et nécessaire, nous disant :

GRAND MERCI

MAHIAT Azzeddine et MEGUËLLATI Amir

DEDICACE

*Je dédie ce mémoire à ma grande famille pour leurs patiences,
leurs amours, leurs soutiens et leurs encouragements.*

*A mes frères, mes sœurs et mes amis, surtout : Hani, Rahim,
Ali, Houssam, Yacine et mes camarades*

*Sans oublier mon encadreur Mr A. BELAMRI sans qui ce
travail n'aura jamais vu le jour, pour ces conseils et
encouragement pendant tout le parcours universitaire et tous
les enseignants de l'enseignement supérieur.*

AMIR

DEDICACE

Louange à dieu le tout puissant de m'avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire. Je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents, aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent de me combler. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

Ensuite, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu voir le jour sans l'aide et l'encadrement de Mr A. BELAMRI, je le remercie pour la qualité d'encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, à tous mes sœurs et leurs maris : Abdelkarim et Djamel, ainsi qu'à tous mes amis : Loucif, Kony, Fares, Sofiane, Housseem... qui m'ont toujours aidé et encouragé, qu'étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagné durant mon chemin d'étude supérieur.

J'aimerais dédie ce travail à mon grand père Mohammed et ma grande mère Zineb qui m'ont aidé depuis longtemps et soutenu sans relâche durant toute la période de préparation de mes deux diplômes Licence et Master.

Je dédie aussi la fille qui m'a vraiment aidé durant toute mon parcours universitaire, avec toutes les moyennes qu'elle a pour la réalisation de ce travail et je l'ai remercié infiniment.

Azzeddine

Table des figures

Figure.I.1.Les différentes opérations en tournage industrielles.....	3
Figure I.2. Les principaux organes du tour conventionnel.....	4
Figure.I.3. Les différentes opérations en fraisage industrielles.....	4
Figure I.4. Fraiseuse conventionnel u1600.	5
Figure I.5. Les différents mouvements de perçage.....	5
Figure I.6. Perceuse à colonne PROMAC 930C.....	6
Figure.I.7.Les différentes opérations en rectification.....	6
Figure.I.8. Conditions de coupe en tournage.....	7
Figure I.9. Exemple d'outil de coupe, à gauche outil de fraisage, à droite outil de tournage.....	8
Figure.I.10. Configuration de la coupe orthogonale.....	9
Figure.I.11. Illustration de la coupe orthogonale et oblique.....	9
Figure.I.12. Schéma des directions de l'arête en coupe orthogonale et oblique.....	10
Figure II.1. Outils de coupe et géométries de brise-copeaux correspondantes.....	17
Figure II.2 - Résultat du test de rupture de copeaux en opération de tournage.....	20
Figure II.3. Images optiques d'outils avec micro-rainures: a) en ligne avec le flux de copeaux b) perpendiculaire au flux de copeaux.....	22
Figure II.4. a) Force de coupe b) force d'avance c) force de frottement d) force normale pour différents outils.....	24
Figure II.5. Outil de tournage HSS avec point de rupture de copeaux recouvert de laser.....	26
Figure II.6 Comparaison des copeaux tournés par différents outils de tournage HSS.....	27
Figure II.7 Point de rupture des copeaux sur la face de coupe.....	28
Figure II.8. Topographie tridimensionnelle de point de rupture de copeau.....	28
Figure II.9. Schéma de la force exercée sur le point de rupture des copeaux.....	28
Figure II.10 : Conception d'un appareil brise-copeaux dynamique.....	31
Figure II.11. Les formes de copeaux avec ou sans brise copeaux développé.....	33
Figure II.12. Les formes de copeaux avec ou sans brise copeaux développé.....	34

Table des figures

Figure II.13 - Répartition de la température de l'usinage des métaux.....	35
Figure II.14. Exemple d'algorithme de sélection des données de coupe prenant en compte les recommandations du catalogue et la forme des copeaux.....	38
Figure II.15 Mesure des forces de coupe et système de surveillance de la forme des copeaux.....	39
Figure II.16 (a) Géométrie du brise-copeaux de type SM, (b) classification de la forme des copeaux par rapport au copeau testé et (c) la zone réelle et utile des brise-copeaux dans l'environnement de test local (c).....	40
Figure II.17 Composantes de la force de coupe pour le domaine de recherche du brise-copeaux SM : a) F_c et b) F_f	42
Figure II.18 (a) Géométrie du brise-copeaux type MF, (b) classification de la forme des copeaux par rapport à la zone de brise-copeaux testée, et (c) la zone de brise-copeaux réelle et utile dans l'environnement de test local.....	43
Figure II.19 Composantes de la force de coupe pour le domaine de recherche du brise-copeaux MF : (a) F_C et (b) F_f	44
Figure III.1. La géométrie des brise-copeaux -M50, -F50 et-M70.....	48
Figure III.2.formation de copeau avec ou sans Index chipMaster.....	52
Figure III.3. Caractéristiques de brise copeau type MP.....	53
Figure III.4.Comparaison entre la température de l'arrêt de coupe de brise copeau MP et conventionnel.....	53
Figure III.5. Comparaison entre l'arrêt de coupe après l'usinage de brise copeau MP et conventionnel.....	54
Figure III.6. Exemple du Disque de frein de fonte grise GG-25.....	55
Figure III.7. Exemple d'une bague de fonte ductile GGG-80 et boitier différentiel de fonte ductile GGG-60.....	55
Figure III.8.Exemple de boite de vitesse GGG-50 et volant d'inertie GGG-40,3.....	56

Liste des tableaux

Tableau I.1. Classification du modèle de copeaux.....	11
Tableau I.2 : Spécifications du brise-copeaux.....	14
Tableau I.3 : Conditions d'expérimentations.....	15
Tableau I.4 : quelque plaquette négative en tournage et ces conditions recommandées.....	17
Tableau I.5 : quelque plaquette positive en tournage et ces conditions recommandés.....	18
Tableau I.6 - Composition chimique de l'Inconel 718 (% en poids).....	32
Tableau I.7 - Propriétés physiques de l'Inconel 718.....	32
Tableau I.8 - Spécifications techniques de l'outil de coupe et de la plaquette.....	32
Tableau I.9. Gamme des conditions de coupe utilisées dans la recherche.....	39
Tableau I.10. Les différentes formes de copeaux obtenues en tournage avec le brise-copeaux SM, $V_c = 240$ m/min.....	41
Tableau I.11 Les différentes formes de copeaux obtenues en tournant avec le brise-copeaux MF, $V_c = 240$ m/min.....	43
Tableau II.1 : Exemple d'application d'un disque de turbine et vilebrequin.....	51
Tableau II.2. Caractéristique des brise-copeaux.....	54

Nomenclature

Symboles	Définition	Unité
Mc	mouvement de coupe	
Mv	mouvement d'avance	
MC	mouvement de rotation	
Mf	mouvement de descente	
Vc	vitesse de coupe	m/min
N	vitesse de rotation	m/min
D	diamètre de la pièce	mm
Ap	profondeur de passe	mm
f	vitesse d'avance	mm/tour
Q	la quantité de la matière	
Λ_s	angle d'inclinaison	
ε	déformation de matériau	
F	force	N
DC	moteur à courant continu	
Fc	force de coupe	N
W_{ch}	largeur du copeau	mm
σ_A	limite d'élasticité Mpa	

Abréviations

CIRP	: collège international pour la recherche en productique
SCM 4	: pompe immergée d'arrosage NOCCHI
HSS	: acier rapide supérieur
WC-O	: plaquette en carbure cimenté

Remerciements

Dédicaces

Liste des figures

Liste des tableaux

Nomenclature

Introduction générale..... 1

Chapitre I :Généralités sur la fabrication mécanique 2

 I.1.Introduction..... 2

 I.2. Les procédés d'usinage 2

 I.2.1. Procédés de coupe 3

 a.Tournage 3

 b.Fraisage 4

 c. Perçage..... 5

 d.Rectification 6

 I.2.2.Configuration d'usinage 7

 a. Conditions de coupe 7

 b. Classification des outils de coupe..... 8

 i. Outils à arrête unique 8

 ii. Outils à arrête multiples 8

 c. Coupe orthogonale..... 8

 d. Coupe oblique 9

Chapitre II :Solutions techniques de brise copeaux 11

 II.1. Introduction 11

 II.2. Forme géométrique 11

 II.2.1 Plaquettes et caractéristiques 11

 a. Plaquettes négatives 11

 b. Plaquettes positives 14

 II.2.2 Classification des modèles de copeaux 15

 II.2.3 Performances de coupe de brise copeaux 16

 a. Eléments de forme de la brise copeaux 16

 II.2.4 Tests de performance de la brise copeaux 18

 II.2.5 Discussion 20

 II.3. Ajout d'obstacle 21

 II.3.1. Rainure 21

 a. Procédure expérimentale 21

 i. Préparation des inserts texturés 21

 ii. Test de coupe 22

 b. Résultats et discussion 23

 i. Force 23

 c. Résultats 24

 II.3.2. Ajout de point 25

 a. Procédures expérimentales 25

 i. Matériaux expérimentation 25

ii. Méthodes expérimentales	26
b. Résultats et discussion	27
i. Comparaison des copeaux	27
ii. Région de positionnement du point de rupture de copeaux	28
c. Résultats	30
II.4. Ajout de mécanisme externe	31
II.4.1. Procédure expérimentale	31
II.4.2. Résultats expérimentaux et discussion	32
a. Température des outils de coupe	35
b. Résultats	35
II.5. Les conditions de coupe	37
II.5.1. Algorithme de sélection des données de coupe dans le tournage	37
II.5.2. La vérification de l'algorithme	39
II.5.3 Applications	40
a. Tournage avec le brise-copeaux de type SM.....	40
b. Tournage avec le brise-copeaux de type MF	42
II.6. Conclusion.....	45
Chapitre III :Exemplps d'application	47
III. 1. Introduction	47
III.2. Groupe CERATIZIT (Autriche)	47
a. Trois brise-copeaux	48
b. La productivité de trois nuances.....	49
c. Les avantages	49
III.3.Groupe TUNGALOY	50
III.3.1 Pour l'ébauche et la semi-finition.....	50
a. THS brise-copeaux (Plaquette réversible.....	50
b. TUS brise-copeaux (Plaquette non-réversible)	50
c. Exemple d'application.....	51
III.4 INDEX	51
a. La solution proposée	51
b. Les avantages.....	52
III.5. Groupe MITSUBISHI.....	52
III.6. Groupe SUMITOMO	54
a. Caractéristique des brise-copeaux de AC4010K / AC4015K	54
b. Exemples d'application.....	55
III.7. Conclusion	56
Conclusion Générale	57
Références bibliographiques	
Résumé	

Introduction Générale

Les systèmes de fabrication modernes exigent une maximisation productivité pour aider à la réduction des coûts et le système de fabrication, à appliquer avec le développement des ordinateurs et des robots. En conséquence, la qualité des outils de coupe a été améliorée en permanence pour un traitement de coupe supérieur. Récemment, les machines de production à commande numérique sont devenus automatisés, plutôt que contrôlés par l'homme, ce qui a permis d'améliorer la productivité. Toutefois, avec de nombreuses copeaux étant générées pendant une courte période, le contrôle efficace des copeaux longs et continus est le facteur le plus important pour déterminer les performances de travail, lorsqu'il y a des défaillances dans le contrôle des copeaux, il devient très difficile de faire fonctionner le système. En particulier, le tour à commande numérique ou l'automatisation sans peut être utilisé pour un contrôle efficace des copeaux.

La forme du copeau généré lors de l'usinage par enlèvement de la matière est liée à la productivité des produits. Si la forme de copeau instable (on va voir après) cela entraîné des risques pour la sécurité des opérateurs, détérioration des outils de production et de la surface des pièces, sans parler de la perte de productivité due à la l'arrêt de la machine. Les défaillances dans le contrôle des copeaux sont liées à la rugosité de la surface de la pièce, la précision du produit et l'usure de l'outil, etc. Afin d'étudier cette relation, de nombreux scientifiques ont suggéré diverses théories et approches expérimentées au cours des 100 dernières années. Sur la base de ces conséquences, plusieurs méthodes ont été proposées récemment pour un contrôle efficace des copeaux. La méthode utilisant le brise-copeaux est la plus populaire pour avoir cassés les copeaux.

Chapitre I

**Généralités sur la fabrication
mécanique**

I.1. Introduction

Le monde est en évolution perpétuelle et par conséquent le domaine de la fabrication mécanique n'échappe pas à l'exception. Les procédés de fabrication par enlèvement de matière par ces nouvelles techniques et techniques d'usinage ont permis de prendre le pas avec les autres domaines de fabrications comme : la déformation à froid, la déformation à chaud, le moulage, l'ajout de matière, etc.).

L'enlèvement de matière nécessite l'emploi d'un élément physique permettant d'extraire de la matière d'un volume de base appelé brut (bloc, barre, plaque,) dans le but d'obtenir une pièce finie ou semi-finie. Dans cette catégorie d'opérations plusieurs techniques sont à citer :

- a. Le tournage ;
- b. Le fraisage ;
- c. Le perçage ;
- d. La rectification ;
- e. L'électro-érosion ;
- f. La découpe sciage, oxycoupage, plasma, laser, jet d'eau, ...

L'enlèvement de matière ou usinage par les procédés classiques comme le tournage, le fraisage et la rectification ont recours très souvent à des éléments tranchants (outil de coupe) dont la résistance et la géométrie sont spécifiques et l'interaction entre la pièce et l'outil de coupe en mouvement relatif produit l'arrachement du copeau.

I.2. Les procédés d'usinage :

On appelle usinage toute opération de mise en forme par enlèvement de matière destinée à conférer à une pièce des dimensions et un état de surface (écart de forme et rugosité) situés dans une fourchette de tolérance donnée.

L'évolution des machines-outils et l'outil de coupe ont permis d'améliorer leur rendement, leur sécurité, leur rigidité, leur dynamique (vitesse, accélération), leur puissance, et leur productivité.

Dans une première partie, les bases essentielles en usinage sont de définir les différents modes obtention de pièces mécaniques. Comme on l'a présenté auparavant, il existe trois

principaux types (tournage ; fraisage ; rectification) dont deux qui mettent en jeu des outils de coupe à partie active possédant une à plusieurs arêtes tranchantes, par contre le troisième procédé il met en action un outil abrasif (meule).

Les Principaux procédés d'usinage :

- Procédés de coupe
- Procédés physico-chimiques

I.2.1 Procédés de coupe :

a. Tournage :

Le tournage est le procédé d'usinage qui permet l'obtention de pièces de révolutions (de forme cylindrique ou/et conique) par coupe mettant en jeu des outils à arête unique.

La pièce est animée d'un mouvement de rotation appelé mouvement de coupe M_c .

L'outil est animé d'un mouvement de translation (rectiligne ou non) appelé mouvement d'avance M_F .



Figure.I.1.Les différentes opérations en tournage industrielles.

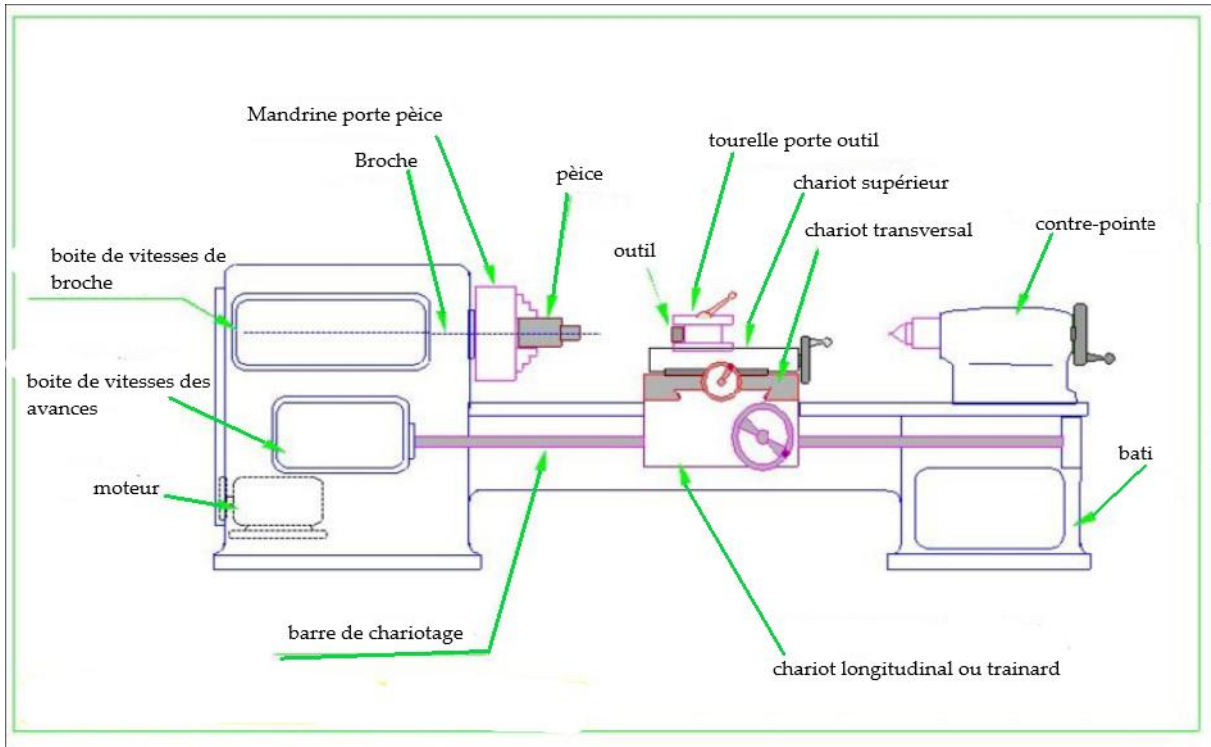


Figure I.2. Les principaux organes du tour conventionnel

b. Fraisage :

Le fraisage est un procédé d'usinage où la génération de surfaces plane résulte de la combinaison du mouvement de rotation de l'outil de coupe (la fraise) et du mouvement d'avance donné à la pièce à usiner.



Figure.I.3. Les différentes opérations en fraisage industrielles.



Figure I.4. Fraiseuse conventionnel u1600

c. Perçage

Le perçage est un procédé d'usinage qui consiste à obtenir un trou circulaire par enlèvement de copeaux.

Le perçage est obtenu à l'aide d'un outil de coupe appelé foret. Il est animé d'un mouvement de rotation continu et d'un mouvement d'avance.

C'est la combinaison de deux mouvements que l'on peut faire varier :

a) Le mouvement de rotation (MC) :

L'outil tourne sur lui-même, c'est la vitesse de rotation en tours par minute (Tr /min).

b) Le mouvement de descente (Mf) :

L'outil pénètre dans la matière, c'est l'avance en mètre par minute (m/min).

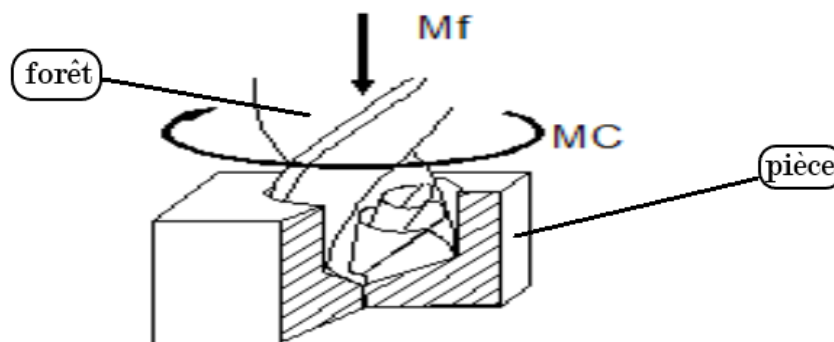


Figure I.5. Les différents mouvements de perçage



Figure I.6. Perceuse à colonne PROMAC 930C

d. Rectification :

La rectification est une opération de finition de surface plane ou cylindrique afin d'améliorer l'état de surface de la pièce semi-finie. L'outil mis en action est appelé meule et la matière est extraite par abrasion

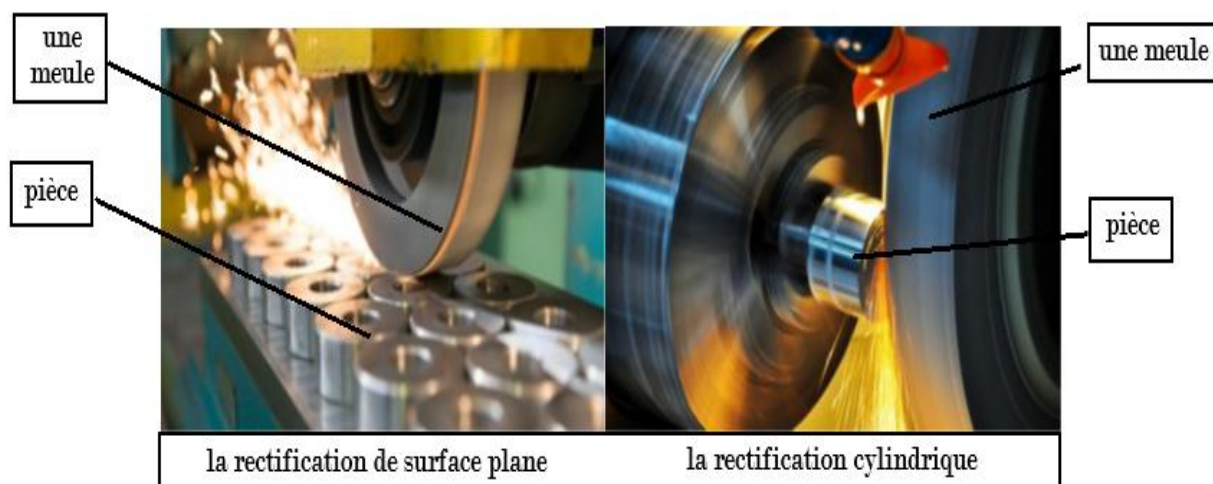


Figure.I.7. Les différentes opérations en rectification. [<https://braidwoodgear.com/>]

I.2.2. Configuration d'usinage

En fonction du procédé de coupe étudié, les outils mis en jeu sont différents en forme et en géométrie. Cependant, afin d'étudier la formation du copeau ou d'établir des analyses et cela quel que soit le procédé, des hypothèses simplificatrices sur la configuration d'usinage et la géométrie des outils sont établies. Selon la géométrie de l'arête de coupe, on peut considérer deux cas de la coupe soit orthogonale soit oblique.

a. Conditions de coupes

Pour pouvoir réaliser une pièce par enlèvement de matière trois grandeurs doivent être réunies: (Figure I.8)

1. Vitesse de coupe V_c ou N – mouvement primaire (mouvement de coupe)

La vitesse de rotation de broche est donnée par l'équation suivante :

$$N = V_c \cdot 1000 / \pi \cdot D$$

Avec D : diamètre de la pièce pour le tournage ou diamètre de la fraise et du foret respectivement pour les opérations de fraisage et de perçage.

2. Mouvement d'avance f – mouvement secondaire

3. profondeur de passe a_p – pénétration de l'outil en dessous de surface de travail d'origine
Pour certaines opérations, la quantité de matière enlevée peut être déterminée comme suit :

$$Q = V_c \cdot f \cdot a_p$$

Où V_c : Vitesse de coupe; f : vitesse d'avance et a_p : profondeur de passe.

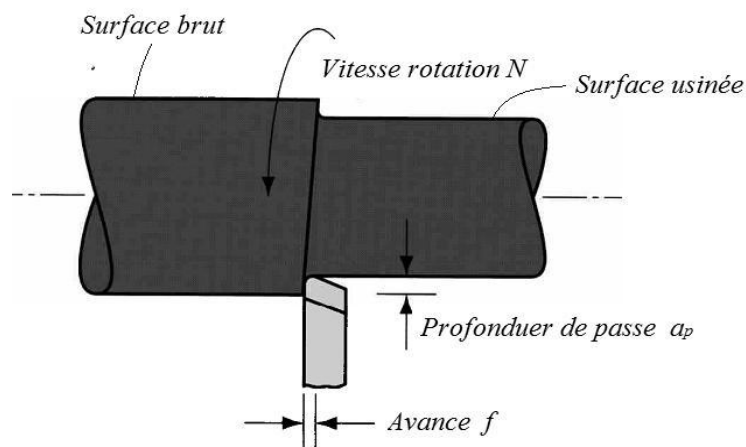


Figure.I.8. Conditions de coupe en tournage.

b. Classification des outils de coupe

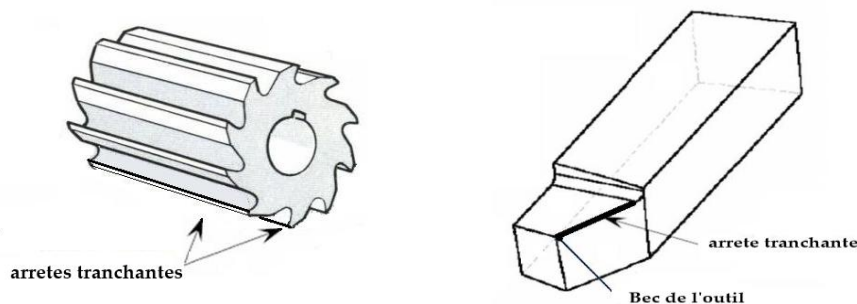
Les machines-outils utilisent une grande gamme d'outils d'usinage et cela selon le type d'opération et la forme de la pièce à réaliser. On distingue deux classes :

1. Outils à arrête unique:

Ce type d'outils a la particularité d'avoir une seule arrête tranchante, ils sont uniquement utilisés en tournage et en rabotage (Étau limeur), leur pointe est généralement arrondie pour former un rayon de bec d'outil. (Figure I.9.b)

2. Outils à arrête multiples:

Ces outils comme leur nom l'indique possèdent plusieurs arrête tranchantes et sont de forme cylindrique. On les utilise dans les opérations de parcage, d'alésage et de fraisage où le mouvement de coupe est leurs attribué. (Figure I.9.a)



(a)(b)

Figure I.9. Exemple d'outil de coupe, à gauche outil de fraisage, à droite outil de tournage

c. Coupe orthogonale

La coupe orthogonale est la configuration la plus simple pour usiner une pièce. Cette configuration est actuellement peu employé dans le monde industriel. En effet, dans la pratique, seuls quelques procédés classiques permettent d'obtenir ces conditions comme par exemple le rabotage, le tournage de tube en bout et l'usinage de palier.

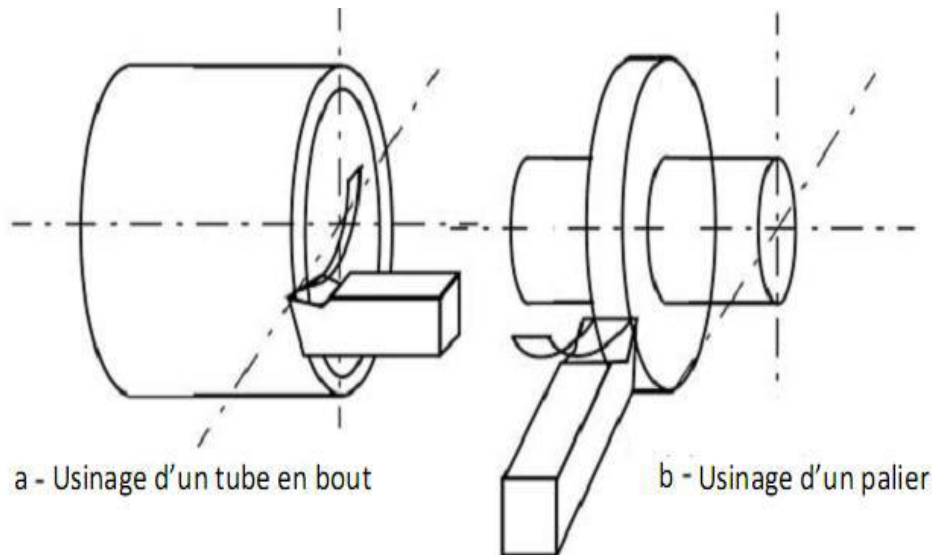


Figure.I.10. Configuration de la coupe orthogonale.

La figure I.10 met en situation la coupe orthogonale au moment où l'outil coupe la matière avec une seule arête tranchante.

d. Coupe oblique

Une deuxième représentation schématique de la formation du copeau où on peut la rencontrer dans la plupart des procédés d'usinage sur machine-outil, est la coupe oblique (Figure I.8 - b). En coupe oblique, l'arête de coupe est orientée d'un angle d'inclinaison λ_s par rapport à la normale de la direction de coupe (dans le plan contenant V_c et l'arête, Figure I.8 - b et I.9). [Albert, 2010]

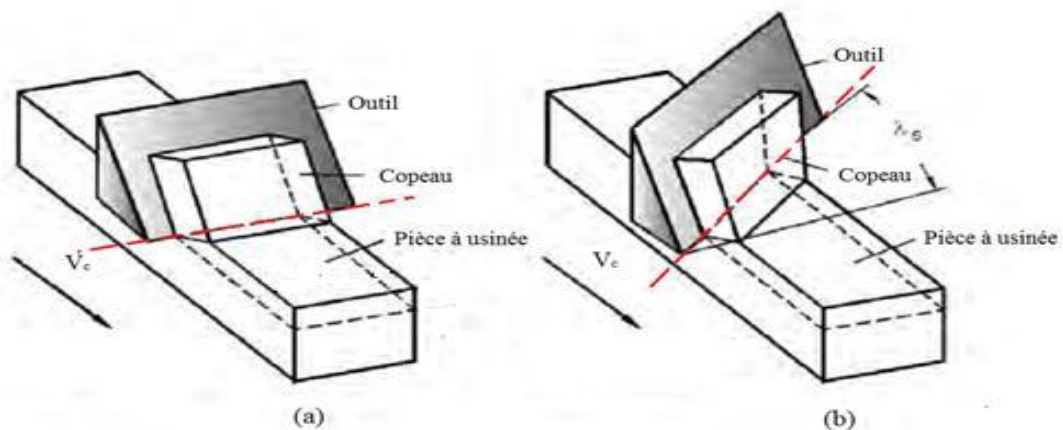


Figure.I.11. Illustration de la coupe orthogonale et oblique.

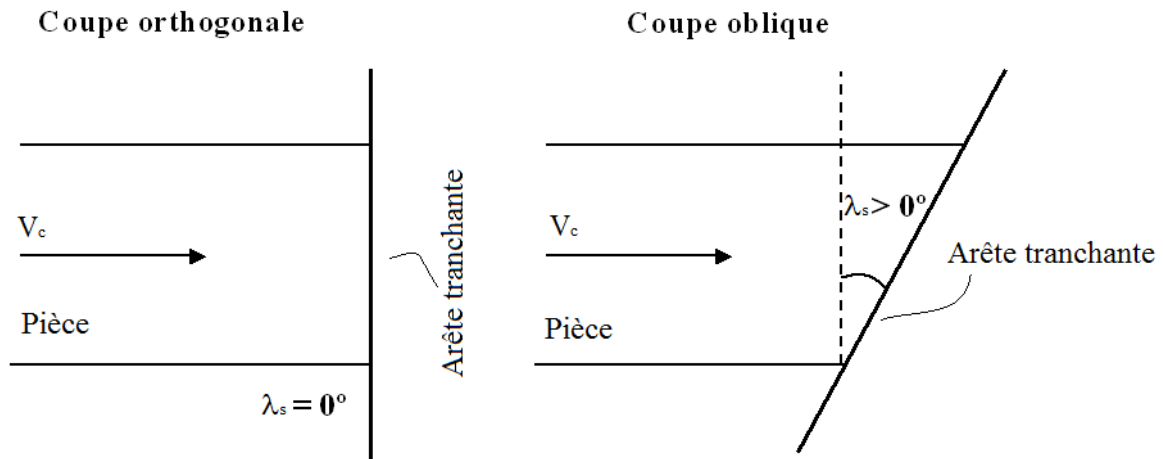


Figure.I.12. Schéma des directions de l'arête en coupe orthogonale et oblique

Ajouter une inclinaison λ_s à l'outil permet d'analyser la coupe, par une approche plus réaliste et ainsi l'étude de la formation du copeau dans le cas le plus général. Cependant, la coupe oblique n'est qu'une transposition du cas orthogonal par rotation du plan de cisaillement (Figure I.6), mais l'étude du cas général de coupe des métaux s'avère plus complexe. Par conséquent, nous limiterons dans les prochains chapitres à seulement aux observations et analyses de la coupe orthogonale.

Chapitre II

Solutions techniques de brise copeaux

II.1 Introduction

La méthode utilisant le brise-copeaux est la plus populaire pour casser des copeaux. Lorsque les copeaux passent entre l'outil de coupe et la pièce, le rayon de courbure des copeaux est réduit et le dégagement de copeau augmente, ce qui entraîne la rupture des copeaux, la résistance de coupe est diminuée, la durée de vie des outils est augmentée et la précision de la fabrication est améliorée.

Le brise-copeaux influence sur l'angle d'écoulement des copeaux, la courbure des copeaux, le rayon et l'angle de cisaillement, le type de brise-copeaux peut être sélectionné en fonction de l'état de coupe.


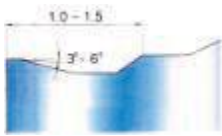
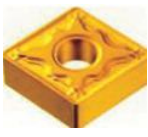
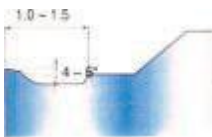
Dans cette étude, les performances des brise-copeaux ont été prédites et confirmées par des expériences des chercheurs utilisant des éléments de forme qui ont été influencés par la rupture des copeaux dans le processus de développement du brise-copeaux.

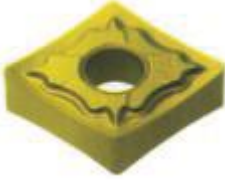
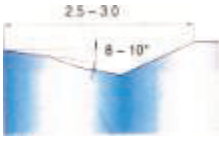
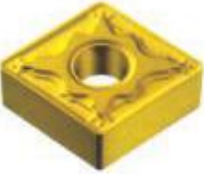
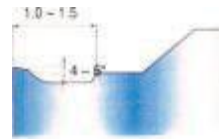
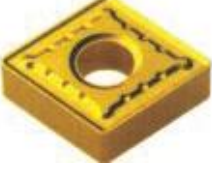
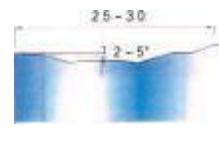
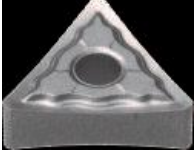
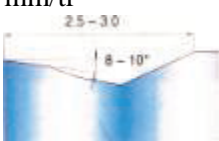
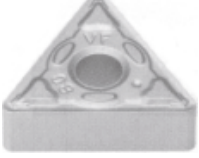
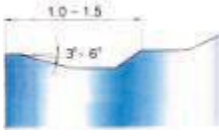
Les solutions techniques proposées par Bahattin Yilmaza et al, sont les suivantes : la forme géométrique, ajout d'obstacle (rainure ; point), ajout de mécanisme externe et les conditions de coupe.


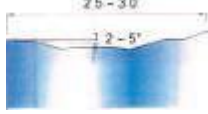
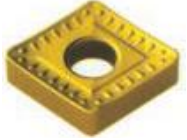
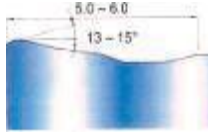




II.2 Forme géométrique


II.2.1 Plaquettes et caractéristiques

Tableau I.1 : quelque plaquette en tournage et ses conditions recommandées

 <p>RS(Acier) Finition (R=0.4)</p>	<p>$ap = 0.3 \text{ à } 2.5 \text{ mm}$ $f = 0.05 \text{ à } 0.35 \text{ mm/tr}$</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Brise-copeaux positif diminuant la puissance absorbée. - Excellent contrôle du copeau quel que soit la profondeur de passe. - Robustesse du tranchant, réduction de l'échauffement de l'arête de coupe. 	<p>Vitesse de coupe entre (185-400)m/min</p>	<p>Résistance à l'usure. Dureté BRINEL HB entre 125-350</p>
 <p>RS(Acier) Semi Finition (R=0.8)</p>	<p>$ap = 1 \text{ à } 5 \text{ mm}$ $f = 0.1 \text{ à } 0.5 \text{ mm/tr}$</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Bonne fragmentation des copeaux en semi-finition et semi ébauche - Excellente tenue de coupe sur machines CN - Bonne résistance aux chocs lors d'usinages discontinus 	<p>Vitesse de coupe entre 100-290m/min</p>	<p>Résistance à l'usure. Dureté BRINEL HB entre 125-350</p>

 <p>RX-RX3 (acier inox) Finition(R=0.4)</p>	<p>$ap = 0.8 \text{ à } 3.5 \text{ mm}$ $f = 0.1 \text{ à } 0.4 \text{ mm/tr}$</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Arête de coupe curviligne permettant d'obtenir un brise-copeaux positif très dégagé. - Bon contrôle du copeau. - Réduit considérablement la puissance absorbée. - Très bonne tenue dans les aciers inoxydables. - Bonne tenue également dans les aciers doux. 	<p>Vitesse de coupe entre 15-290m/min</p>	<p>Dureté BRINELL HB entre 180-3320</p>
 <p>RF(Fontes) Finition</p>	<p>$ap = 1 \text{ à } 5 \text{ mm}$ $f = 0.1 \text{ à } 0.5 \text{ mm/tr}$</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Bonne fragmentation des copeaux en finition. - Choix universel pour les opérations de tournage en général sur fonte. - Bonne tenue dans les fontes grises et nodulaires. 	<p>Vitesse de coupe entre 20-245m/min</p>	<p>Dureté BRINELL HB Entre 130-400m/min</p>
 <p>RF (Fontes) Semi-finition</p>	<p>$ap = 3 \text{ à } 8 \text{ mm}$ $f = 0.3 \text{ à } 0.8 \text{ mm/tr}$</p> 	<p>Recommandée pour des avances et profondeurs de passe importantes et pour coupes discontinues grâce à une bonne protection d'arête – très efficace sur fonte de moulage</p>	<p>Vitesse de coupe entre 20-180m/min</p>	<p>Dureté BRINELL HB Entre 130-400m/min</p>
 <p>K (Aluminium) Finition</p>	<p>$ap = 0.8 \text{ à } 3.5 \text{ mm}$ $f = 0.1 \text{ à } 0.4 \text{ mm/tr}$</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Brise-copeaux positif très dégagé, avec une "cuillère" importante. - Très bonne tenue de coupe dans les différents alliages d'aluminium, en usinage discontinu par rapport à une plaquette positive. -Réduit considérablement la puissance absorbée. 	<p>Vitesse de coupe entre 120-1525m/min</p>	<p>Dureté BRINELL HB Entre 60-130</p>
 <p>CT (cermet)</p>	<p>$ap = 0.3 \text{ à } 2.5 \text{ mm}$ $f = 0.08 \text{ à } 0.4 \text{ mm/tr}$</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Très bon état de surface sur des pièces en aciers. - Robustesse de l'arête, bonne tenue de coupe pour l'usinage de précision - Très bon contrôle du copeau, réduction de l'échauffement de l'arête de coupe. - Machine stable et CN recommandée 	<p>vitesses de coupe conseillée 150 à 250 M/min.</p>	<p>excellentes propriétés de dureté permettant une grande acuité d'arête ; recommandé pour des applications exigeants des états de surface très fins</p>






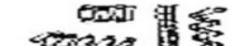


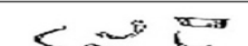
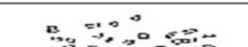
 RS (acier) EBAUCHE (R≥1.2)	<p>ap = 3 à 8 mm f = 0.3 à 0.8 mm/tr</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Recommandée pour les fortes avances et profondeurs de passe importantes. - Bonne résistance aux chocs lors d'usinages discontinus. - Choix universel 	<p>Vitesse de coupe entre 25-200m/min</p>	<p>Dureté BRINELL HB entre 125-325</p>
 RS (acier) EBAUCHE LOURDE	<p>ap = 3 à 11 mm f = 0.3 à 1.1 mm/tr</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Géométrie non réversible avec une face d'appui plane, permettant d'augmenter la stabilité, indispensable en usinages lourds. - Recommandée pour très fortes ébauches - Très bon contrôle de la fragmentation du copeau - Haute productivité sur gros tours parallèles et tours verticaux 	<p>Vitesse de coupe Entre 25-150m/min</p>	<p>Dureté BRINELL HB entre 125-325</p>
 RS (acier) RX (acier inox) RX3 (acier inox) FINITION (R=0.2/0.4) SEMI-FINITION/EBAUCHE (R>0.4)	<p>ap = 0.5 à 3.5 mm f = 0.05 à 0.4 mm/tr</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Géométrie de coupe permettant de s'adapter à de nombreuses matières. - Faible puissance absorbée et très bon contrôle du copeau aux différentes avances et profondeurs de coupe. - Très bonne qualité de finition – travail en extérieur et en intérieur. - Bons résultats en semi-finition dans les aciers inoxydables. 		
 RX (acier inox) FINITION (R=0.2/0.4)	<p>ap = 0.1 à 5 mm f = 0.03 à 0.5 mm/tr</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Brise-copeaux très positif pour l'usinage des aciers inoxydables à faible dureté, des aciers doux et matières non-ferreux. - Bon état de surface - Réduction de l'échauffement et de la puissance absorbée. 		
<p>SEMI-FINITION EBAUCHE R>0.4</p>	<p>ap = 0.1 à 5 mm f = 0.03 à 0.5 mm/tr</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Bon contrôle du copeau aux différentes vitesses d'avance et profondeurs de coupe - Domaine d'application très vaste 		
 K (Aluminium) FINITION (R=0.2/0.4)	<p>ap = 0.1 à 5 mm f = 0.03 à 0.5 mm/tr</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Brise-copeaux poli, géométrie de coupe très positive, pour l'usinage des métaux et alliages non-ferreux. - Très bonne tenue de coupe sans déformation de la pièce usinée car la puissance absorbée est très faible. - Performance et productivité exceptionnelles. 		

SEMI-FINITION EBAUCHE R>0.4	ap = 0.1 à 5 mm f = 0.03 à 0.5 mm/tr	Ébauche moyenne et semi-finition en usinage continu. - Usinage aluminium, cuivre, plastique, PVC, ... - Bon contrôle du copeau		
 CT (cermet)	ap = 0.5 à 3.5 mm f = 0.05 à 0.4 mm/tr	- Excellente qualité de finition – bonne résistance à l'usinage – travail à sec ou avec lubrification. - Machine stable et CN recommandée.		

II.2.2 Classification des modèles de copeaux

Le modèle de copeau a été classé par le CIRP (Collège International pour la Recherche en Productique), mais chaque classification est très similaire. Le tableau I.3 illustre le modèle de copeau classé par CIRP, et il existe 10 modèles de copeau. Ces modèles sont à nouveau classés comme trois catégories telles que stable, utilisable et instable.

Tableau I.3. Classification du modèle de copeaux

1		copeaux de ruban	instable
2		les copeaux enchevêtrés	
3		copeaux de tire-bouchon	
4		copeaux hélicoïdales	stable utilisable
5		copeaux tubulaires longs	
6		copeaux tubulaires courtes	
7		copeaux tubulaires en spirale	
8		copeaux spirale	
9		copeaux longues virgules	
10		copeaux virgule courte	

II.2.3 Performances de coupe du brise-copeaux

a. Élément de forme du brise-copeaux

Nous avons traité les travaux de KIM et al [1]. Qui ont testés l'influence de la forme de la plaquette sur la forme du copeau, leurs essais ont été faits à sec (sans lubrifiant), le matériau utilisé est l'acier. Un modèle de copeaux généré a été observé avec le changement d'état de coupe de différents types de brise-copeaux.

Les matériaux des pièces sont le facteur le plus important pour la conception des nouvelles plaquettes de coupe avec brise-copeaux, et le type de brise-copeaux est déterminé en fonction de la différence des propriétés mécaniques des matériaux de pièces.

L'acier est largement utilisé dans nombreuses industries pour des produits de processus de découpage. Par conséquent, la conception du brise-copeaux pour l'acier a été étudiée pour mener une expérience de la rupture des copeaux dans cette étude.

En tant qu'instrument expérimental, un tour avec un moteur de vitesse a été utilisé. Vitesse d'avance, profondeur de passe et la vitesse de coupe ont été les facteurs les plus importants pour la formation de copeaux.

Selon l'évolution de ces facteurs, la cassabilité des copeaux a été évaluée après avoir fixé la vitesse d'avance à 0.15mm/tour, 0.3mm/tour, 0.4mm/tour, et changer la profondeur de passe avec trois étapes à 0.5-5 mm, une forme des copeaux a été observée à chaque condition de coupe.

Les éléments de forme du brise-copeaux sont illustrés dans la figure II.1 et le tableau I.4. Bien que la cassabilité des copeaux pourrait être déterminée par divers éléments dans cette étude, elle a été évaluée à l'aide de trois éléments de forme tels que la profondeur de passe, la largeur de copeau et le rayon de bec, qui étaient les plus importants éléments affectés lors de la rupture des copeaux.

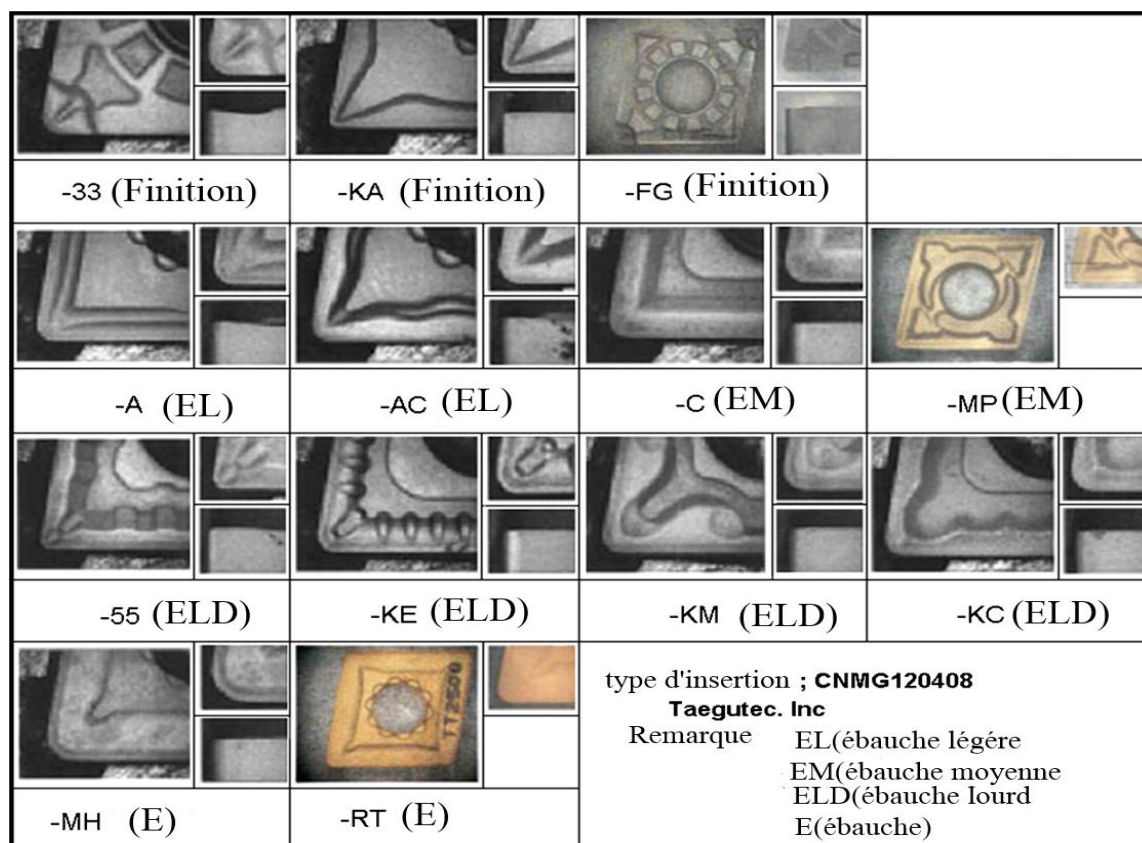


Figure II.1. Outils de coupe et géométries de brise-copeaux correspondantes.

Tableau I.4 : Spécifications du brise-copeaux

Type	Profondeur de passe	Largeur	Rayon de bec	Opération
-33	0.39	1.52	0.70	Finition
-KA	0.21	1.41	2.00	Finition
-FG	0.18	1.40	3.00	Finition
-A	0.43	2.07	0.70	EL
-AC	0.72	2.00	2.00	EL
-C	0.24	1.90	1.08	EM
-MP	0.35	1.80	1.05	EM
-55	0.45	1.61	1.07	ELD
-KE	0.27	1.85	1.50	ELD
-KM	0.31	2.67	2.60	ELD
-KC	0.27	2.12	0.80	ELD
-MH	0.19	2.15	0.00	E
-RT	0.17	2.50	0.00	E

Avec EL : ébauche léger, EM : ébauche moyenne, ELD : ébauche lourd, E : ébauche

Dans le tableau I.4, tous les brise-copeaux ont été installés pour la CNMG120408, tandis que les types -33, -KA et -FG étaient utilisés pour la finition, -A et -AC pour l'ébauche légère (LR), -C et -MP pour l'ébauche moyenne (MR), -55, -KE, -KM, et -KC pour l'ébauche lourde (HR), et -MH et -RT pour l'ébauche. Les éléments d'insertion et de forme du brise-copeaux utilisés pour notre expérimentation. Les expériences sont illustrées à la figure II.1.[1]

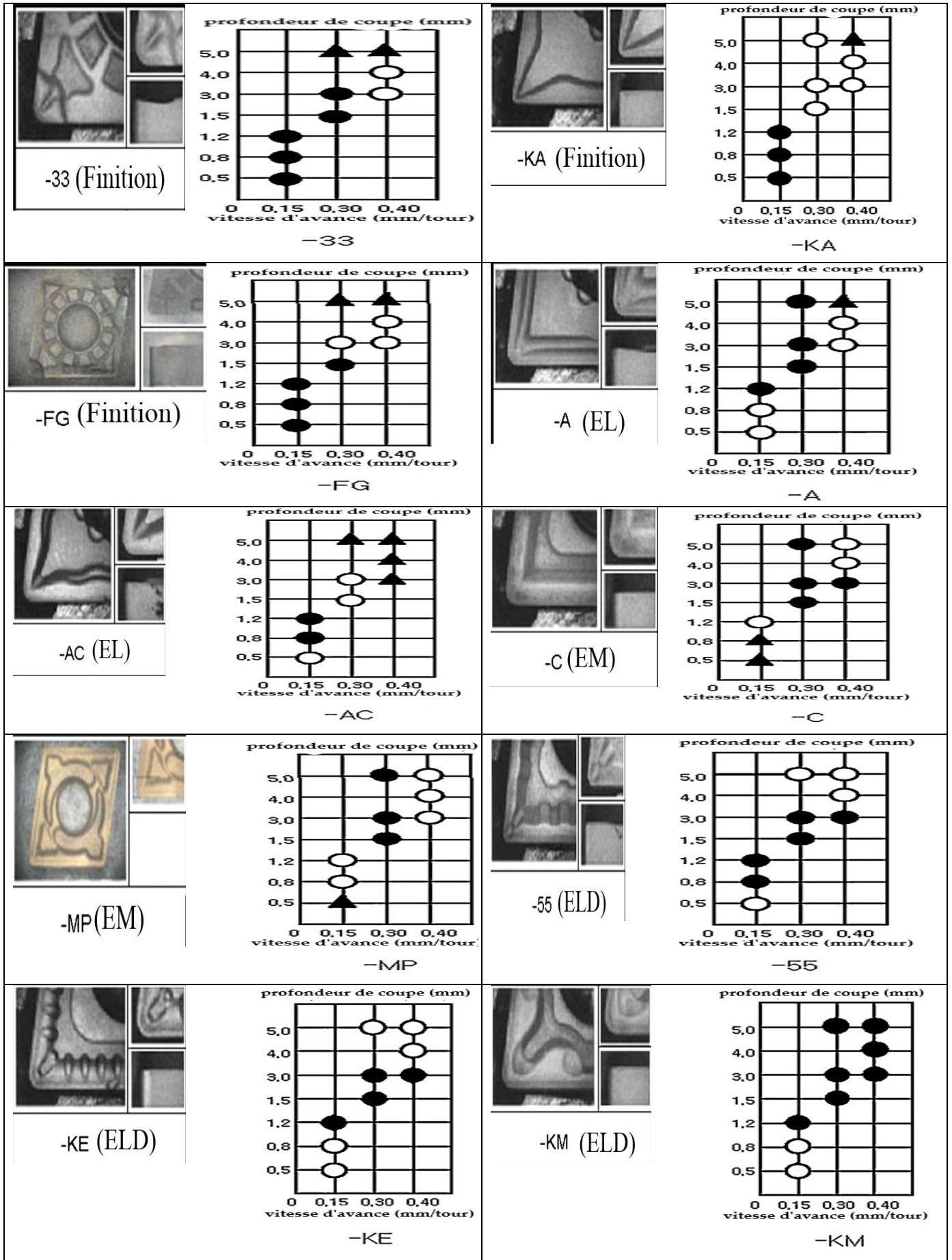
II.2.4 Test de performance pour le brise-copeaux

KIM et al. [1] ont effectué des tests pour confirmer les éléments de forme du brise-copeaux et les modèles de copeaux générés en choisissant les conditions de l'expérimentation qui sont indiquées dans le tableau I.5.

Tableau I.5 : Conditions d'expérimentations

Condition	Unité	Contenu
Vitesse de coupe	m/min	100(toutes les conditions sont fixées)
Profondeur de passe	mm	0.5, 0.8, 1.2, 1.5, 3.0, 4.0, 5.0
Vitesse d'avance	mm/tour	0.15, 0.30, 0.40

En variant la profondeur de passe et le type des plaquettes qui sont le type -33, -KA, -FG, -A, -AC, -C, -MP, -55, -KE, -KM, -KC, -MH, -RT. Les coupes récentes sont généralement effectuées à grande vitesse, les outils de coupe dépendent des conditions recommandées par les fabricants (catalogue) et leurs résultats sont illustrés ci-après.



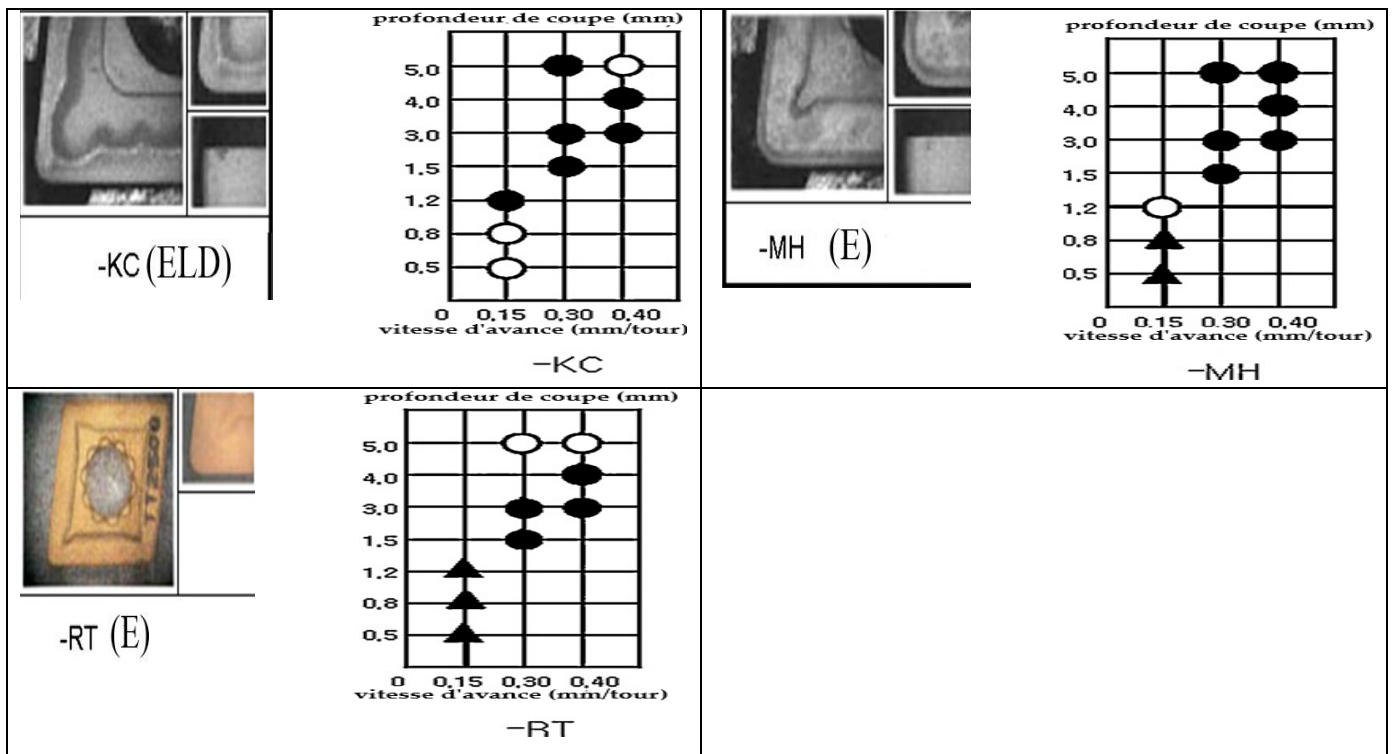


Figure II.2 - Résultat du test de rupture de copeaux en opération de tournage

II.2.5 Discussion

Les modèles de copeaux ont été classés selon les trois paramètres : stables, utilisable et instable.

-Le brise-copeaux de finition (type -33, -K, -FG) a généré des copeaux stables à moins de 0.15 mm/tour d'avance, et 1.2 mm de profondeur de coupe, tandis qu'il génère des copeaux utilisables et instables lorsque l'avance et la profondeur de coupe augmentent.

-Le brise-copeaux à ébauche légère (type -A, -AC) a généré des copeaux stables à une vitesse d'avance de 0.15 mm/tour et une profondeur de coupe de 1.2 mm, et des copeaux instables ont été générés comme la profondeur de coupe a diminué. Avec l'augmentation de la vitesse d'avance et de la profondeur de coupe, des copeaux stables, utilisables et instables ont été générés dans l'ordre.

-Les brise-copeaux à ébauche lourde (type -55, -KE, -KM, -KC) a généré des copeaux utilisables à la fois d'une vitesse d'avance de 0.3 mm/tour et de 1.5 mm de la profondeur de coupe ainsi qu'à une vitesse d'avance de 0.4 mm/tour, 3.0 mm de la profondeur de coupe, tandis que des copeaux stables ont été générés comme la profondeur de coupe à augmenter.

-Les brise-copeaux d'ébauche (type -MH, -RT) ont généré des copeaux à plus de 0.3 mm/tour d'avance, 1.5 mm de profondeur de coupe, mais aucun éclat n'a été fracturé à moins de 0.15 mm/tour d'avance, 0.8 mm de profondeur de coupe.

-Les conditions de coupe telles qu'indiquées ci-dessus dans chaque zone de coupe a un effet directement significatif sur la formation des copeaux et c'est pourquoi les fabricants d'outils de coupe indiquent la vitesse d'avance et la profondeur de coupe dans sa zone comme norme pour les brise-copeaux.

Par conséquent, la performance d'un brise-copeaux ne peut être obtenue que par le test de coupe en condition de coupe fixe de chaque zone de coupe.[1]

II.3 Ajout d'obstacle

II.3.1 Rainure

a. Procédure expérimentale

i. Préparation des inserts texturés

Nous avons traité les travaux de Vasumathy D et al [3]. Qui ont utilisés une plaquette en carbure cémenté WC-Co non revêtue avec une nuance d'outil (SPUN 120308 THM08 grade) comme outil d'expérience. Il est exposé à la lumière laser nommée Nd : YAG (TEEM Photonique, France) avec une longueur d'onde de 532 nm et une durée d'impulsion de 650 ps.

Deux outils micro-rainures différents utilisés :

- a) Parallèle à l'écoulement de copeau (PA)
- b) Perpendiculaire à l'écoulement de copeau (PE) et plaquettes de tour conventionnel (CO) sont utilisées pour l'étude.

Les valeurs moyennes mesurées de la largeur et de la profondeur des sillons, ont été prises à l'aide d'un microscope (Confocal Olympus). La largeur, la profondeur et le pas entre les rainures sont respectivement de 50, 7 et 100 μm . La figure II.3 montre l'image optique de la microstructure outil.

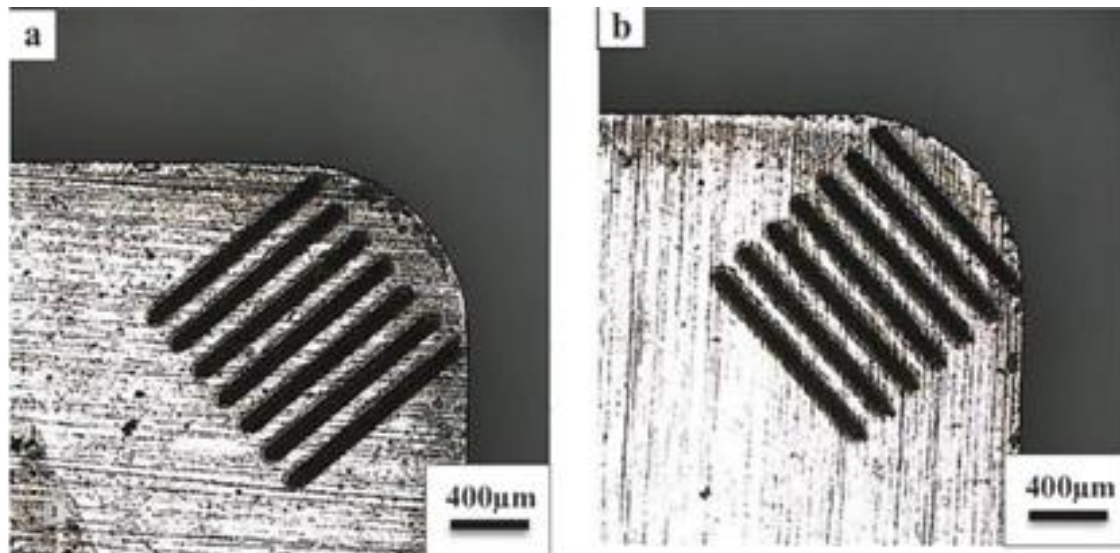


Figure II.3. Images optiques d'outils avec micro-rainures : a) en ligne avec l'écoulement de copeaux, b) perpendiculaire à l'écoulement de copeaux.

ii. Test de coupe

Vasumathy D et al [3] ont effectués des tests en choisissant l'acier inoxydable austénitique (AISI 316) comme matériau de pièce. L'opération de tournage est effectuée en VDF tour (société Heidenreich & Harbeck) utilisant à la fois des plaquettes texturées et conventionnelles, le porte-outil qu'est un CSBPR 2525M12, avec lubrification.

La vitesse de coupe, l'avance et la profondeur de passe sont choisies comme suit : 150 m/min, 0.16 mm/tour et 1 mm respectivement et la longueur de coupe est limitée à 20 mm. Les forces de coupe sont obtenues à l'aide du dynamomètre Kistler 9257B et la morphologie de l'usure d'outil est examinée à l'aide d'un FEI INSPECT F50 (microscope électronique à balayage [MEB]) fonctionnant à 30 kV. La composition chimique de la région usée est identifiée par spectroscopie de rayons X à dispersion d'énergie (EDX). Leurs résultats sont présentés ci-après.

b. Résultats et discussion

i. Force

Les parcelles moyennes pour les valeurs de la force de coupe et de la force d'avance sont indiquées à la figure II.4.

La force de frottement (P_{fro}) et la forces normale (P_{normal}) sont calculées sur la base des équations (1) et (2) suivantes :

$$P_{fro} = P_{xy} \cos\alpha + P_z \sin\alpha \quad (1)$$

$$P_{normal} = P_z \cos\alpha - P_{xy} \sin\alpha \quad (2)$$

Où P_z est la force de coupe

P_x est la force d'avance.

$$P_{xy} = P_x / \sin(90 - \theta).$$

α est l'angle de coupe orthogonal.

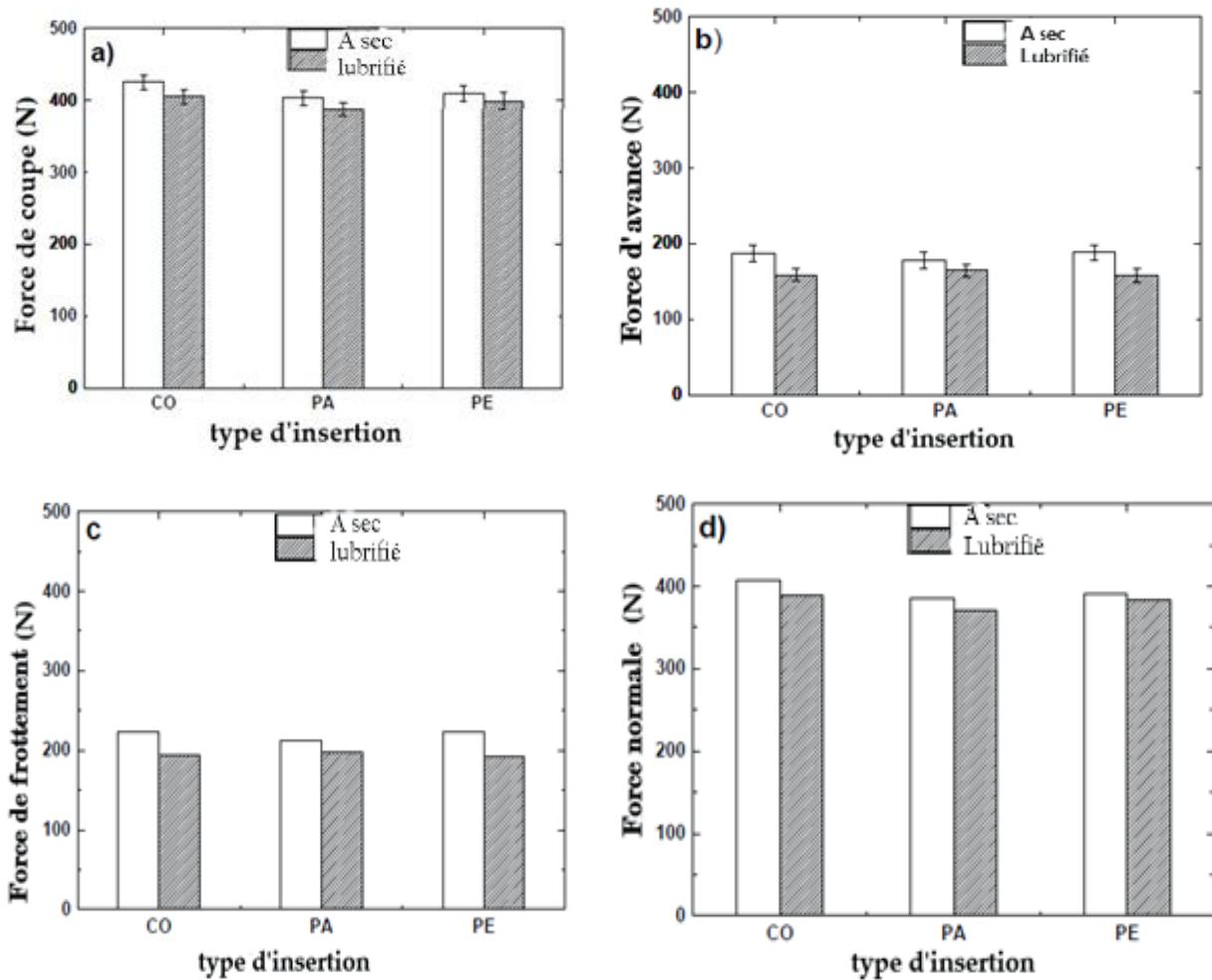
θ est l'angle de coupe latéral.

En conditions sec et lubrifié, la force de coupe a été réduite pour les outils texturés (PA, PE) par rapport à l'outil conventionnel (CO).

La figure II.4 montre que les valeurs de force d'avance les plus faibles ont été obtenues par des outils en PA et PE sous respectivement à l'état sec et humide. En outre, il a été observé que l'état humide a favorisé dans les réductions des forces par rapport à l'état sec.

On peut clairement voir que les forces étaient moindres dans le cas de l'outil PA (Figure II.4). À l'état sec, la moyenne de coupe, l'avance, les forces de frottement et les forces normales ont été réduites respectivement de 5.1 %, 5 %, 4.9 % et 5.2 % en utilisant des outils en (PA) par rapport à l'outil classique (CO). Cependant, à l'état humide, la force de coupe et la force normale ont été réduites de 4.3 % et 4,7 % respectivement, tandis que la force d'avance et la force de frottement ont été augmentées de 3.6 % et 2.1% respectivement pour l'outil PA par rapport à l'outil CO.

La principale raison de la réduction des forces dans le cas des plaquettes texturés est le contact direct entre l'outil et le copeau. Les rainures aident à rompre le contact entre l'outil et le copeau et entraînent l'abaissement de la surface de contact collée ainsi que le dépôt de Fe. Par conséquent, la surface de contact réduite se traduit par un coefficient de frottement plus faible à l'interface de copeau à outils.



Avec : **PA** : outil texturé parallèle au copeau **PE** : outils texturé Perpendiculaire à l'écoulement de copeau et **CO** : outil conventionnel

Figure II.4. a) Force de coupe b) force d'avance c) force de frottement d) force normale pour différents outils

De plus, la micro rainure combinée à un lubrifiant à effet d'inondation a permis de réduire efficacement la force par rapport à l'état sec sans lubrification (Figure II.4). La raison de ce comportement est que la surface de la rainure peut stocker le lubrifiant, ce qui contribue à améliorer une lubrification efficace entre l'outil et le copeau entraînant une diminution de la surface adhérente et du pourcentage de dépôt de Fe.

c. Résultats

Les performances de coupe des plaquettes texturées à micro-échelle ont été comparées à celles des plaquettes d'outils conventionnelles sous des environnements de coupe avec lubrifiant et à l'absence de ce dernier. Alors d'après Vasmanthy D et al. (2017) [3] ont trouvés que :

- Les outils microstructures ont réduit la force de coupe, d'avance, frottement et les forces normales à la fois dans des conditions sec et lubrifié par rapport aux outils conventionnels. La réduction maximale de 5 % de la force de coupe a été obtenue en cas d'outil PA.
- La texturation de la surface aide à rompre le contact entre les copeaux et l'outil, ce qui permet de réduire les dépôts de Fe sur la face de coupe de l'outil.
- Dans un environnement humide, l'efficacité de la lubrification s'est avérée meilleure pour l'outil micro texturé par rapport à l'environnement sec.

II.3.2 Ajout de point

Le contrôle et la rupture des copeaux ont été largement étudiés, l'acier rapide (HSS) est largement utilisé pour fabriquer des outils de tournage.

Pour les outils de coupe en HSS, un revêtement par laser a été appliqué pour fabriquer un brise-copeaux avec un point en relief sur la face de l'outil de coupe. Ce point brise-copeaux gainé de laser peut être fabriqué et enlevé facilement. Le point de rupture des copeaux peut être également refabriqué après le réaffûtage de l'outil de coupe HSS.

L'influence du réaffûtage sur la capacité de rupture des copeaux d'outil de coupe peut être évitée grâce à un point recouvert de laser sur la face de coupe.

Dans cette partie, des expériences de tournage ont été effectuées par Shi C et al. [5] pour étudier la capacité de rupture des points de brise copeaux par revêtement laser.

a. Procédures expérimentales

i. Matériaux d'expérimentation

Shi C et al [5] ont effectué aussi des tests en choisissant cette fois le HSS W6Mo5Cr4V2 comme outil de tournage, les paramètres géométriques de l'outil de tournage rectifié par la rectifieuse universelle étaient les suivants :

Angle de coupe $\gamma_0 = 15^\circ$,

Angle de dépouille orthogonal $\alpha_0 = 8^\circ$,

Angle du bord de coupe principal $\kappa_r = 75^\circ$,

Angle d'inclinaison $i = 5^\circ$,

Angle de dépouille final $\alpha_0' = 8$

Angle de coupe mineur $\kappa_r' = 10^\circ$.

Des barres en alliage d'aluminium AlCu4Mg1 ont été choisies comme matériau de la pièce.

La poudre composite d'alliage auto-fondant à base de Ni et de carbure de tungstène revêtu de nickel a été utilisée comme matériau de revêtement laser. La concentration en pourcentage de la masse de poudre d'alliage auto-fondant NiCrBSi était de 65 %, et celle de la poudre de carbure de tungstène recouverte de nickel était de 35 %. La taille des particules de poudre varie de 45 μ m à 105 μ m. [5]

ii. Méthodes expérimentales

Un brise-copeaux avec un point en relief a été fabriqué avec un laser Nd : YAG à une position sur la face inclinée de l'outil de tournage HSS.

Les paramètres de traitement de laser ont été fixés comme suit : courant électrique de 140A, largeur d'impulsion de 16ms et délocalisation distance de -2mm. La taille et la position du point de rupture des copeaux et le rayon du nez de l'outil ont été mesurés avec microscope numérique 3D de type KH-8700.

La figure II.5 montre l'outil de tournage HSS avec un point de brise-copeaux. Pour qu'on puisse avoir une brise copeau, ils ont fabriqué trois outils de tournage avec différentes positions de point de rupture sur la face de coupe. Les outils de coupe avec point de rupture des copeaux étaient marqués : TA1, TA2, TA3, TA4, TB1, TB2, TB3, TB4, TC1, TC2, TC3, TC4, et ainsi de suite.

Des expériences de tournage à sec ont été réalisées sur un tour CNC de type CAK3665, les paramètres étaient les suivants : vitesse de coupe $V_c = 100\text{m/min}$, profondeur de passe $a_p = 0.20\sim 1.00\text{mm}$ et vitesse d'avance $f = 0.05\sim 0.30\text{mm/tour}$. Les processus de formation des copeaux ont été observés et enregistrés avec une caméra à grande vitesse de type FASTCAM SA1.1.[5]

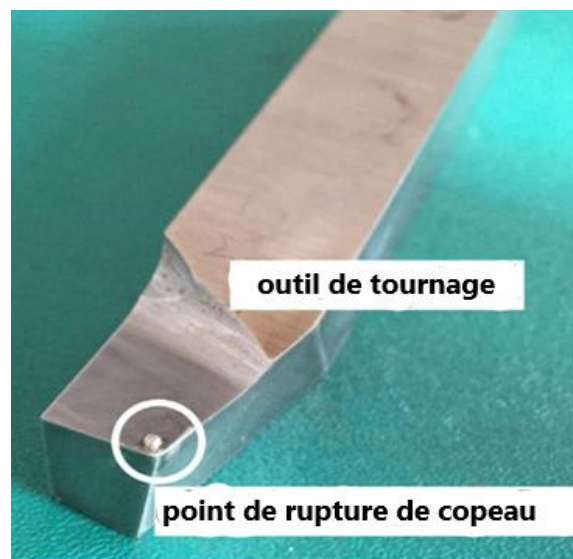


Figure II.5. Outil de tournage HSS avec point de rupture de copeaux

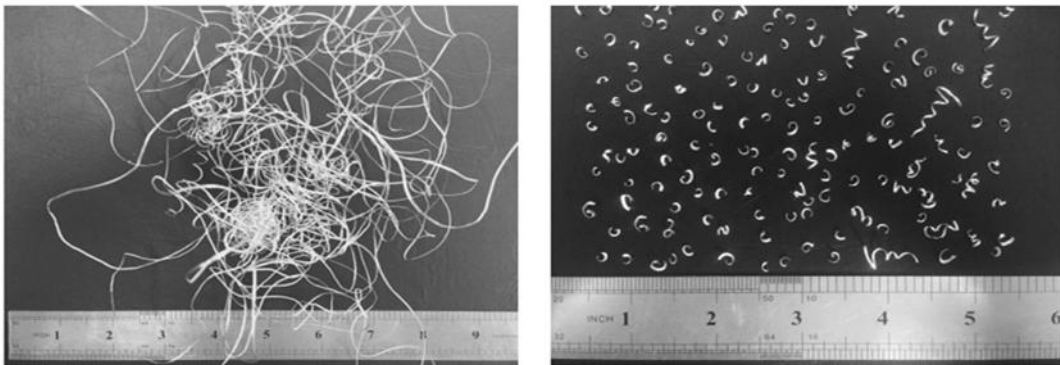
b. Résultats et discussion

i. Comparaison des copeaux

La figure II.6 montre la comparaison des copeaux, les mêmes paramètres de coupe ont été donnés comme suit : vitesse de coupe $v_c = 100\text{m/min}$, profondeur de coupe $a_p = 0.39\text{mm}$ et vitesse d'avance $f = 0.1\text{mm/tour}$.

La figure II.6(a) illustre le copeau de ruban continu et enroulé, coupés avec un outil de tournage HSS sans brise-copeaux.

La figure II.6(b) illustre le copeau brisé coupés avec l'outil TA1. Des copeaux courts et dispersés montrent que les copeaux peuvent être brisés efficacement.



(a) Outil sans brise-copeaux

(b) Outil avec point de rupture de copeaux

Figure II.6 Comparaison des copeaux tournés par différents outils de tournage HSS

Les copeaux en mouvement étaient gênés par le point de rupture des copeaux recouvert de laser, puis déformés et enroulés, ce qui augmentait la déformation du matériau des copeaux ϵ . Une fois que la valeur de ϵ a dépassé celle de ϵ_B , les copeaux ont été brisés. Les résultats ci-dessus suggèrent qu'un brise-copeaux efficace (des outils de tournage en acier rapide) pourrait être réalisé par la fabrication d'un point de rupture des copeaux sur la face de coupe avec la méthode du revêtement laser.

Bien entendu, pour un outil de coupe avec une position et une taille données du point de rupture des copeaux gainé de laser, il existe encore une gamme efficace de paramètres de coupe pour la rupture de copeaux.

En outre, le point de rupture des copeaux gainé de laser présente les avantages suivants :

(1) La fabrication est simple et pratique, le point de rupture des copeaux peut être utile pour le réaffûtage des outils.

(2) La position du point de rupture des copeaux peut être déterminée sur la base des paramètres de coupe de sorte que le copeau efficace à un effet de rupture pourrait être obtenu.[5]

ii. Région de positionnement du point de rupture de copeau

- Région intérieure
- Hors région
- Région de la position de transition du point de rupture de copeau

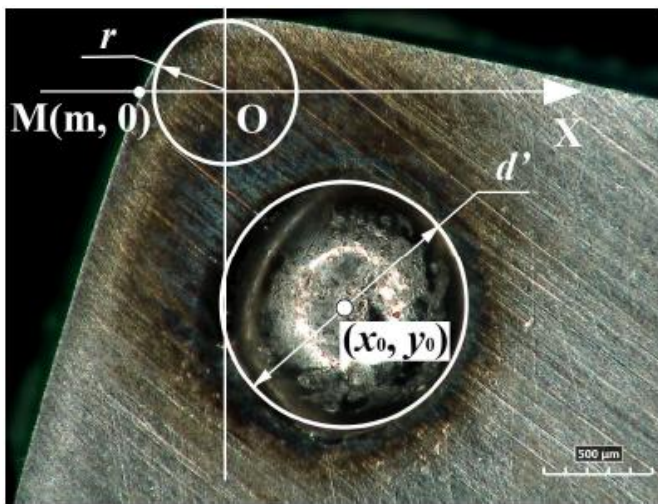


Figure II.7 Point de rupture des copeaux sur la face de coupe

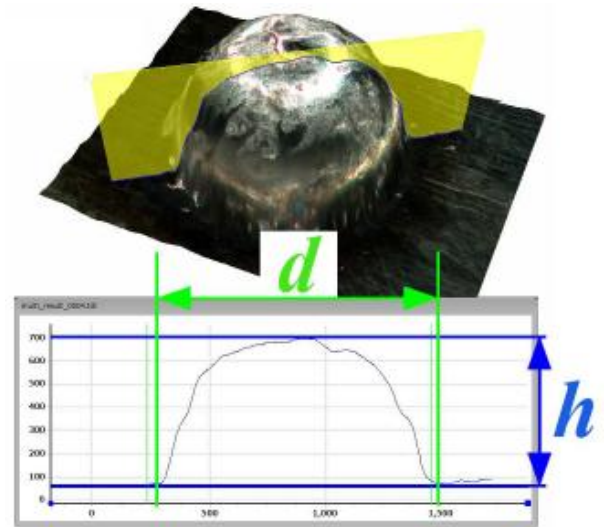


Figure II.8. Topographie tridimensionnelle de point de rupture de copeau

Le schéma de la force sur le point de rupture de copeau est illustré à la Figure II.9.

F est la force de copeau agissant sur la rupture de copeau.

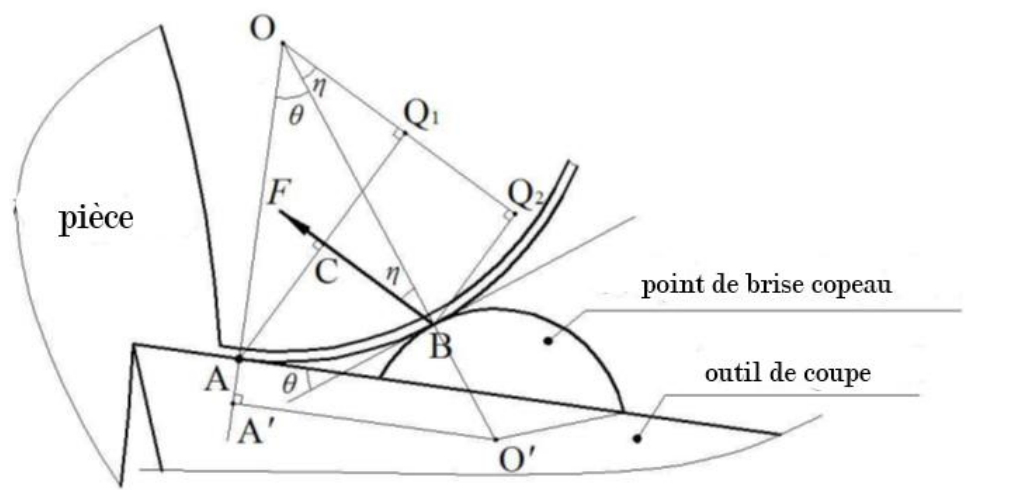


Figure II.9. Schéma de la force exercée sur le point de rupture des copeaux

Le moment de flexion TA au point de racine de copeau, A peut être calculé comme suit :

$$T_A = F \cdot AC = F \cdot (AQ_1 - CQ_1) \quad (1)$$

Pour le triangle droit AOQ1, nous avons : $AQ_1 = AO \cdot \sin(\theta + \eta) = R_c \cdot \sin(\theta + \eta)$;

Pour le triangle droit BOQ2, nous avons : $CQ_1 = BQ_2 = OB \cdot \sin \eta = R_c \cdot \sin \eta$;

Ainsi,
$$T_A = F \cdot R_c [\sin(\theta + \eta) - \sin \eta] \quad (2)$$

Où, θ est l'angle entre la face de coupe et la ligne qui est simultanément tangente au point de rupture de copeau, θ peut être exprimé comme suit :

$$\theta = \arccos \left(\frac{OA'}{OO'} \right) = \arccos \left(\frac{R_c + (r_b - h)}{R_c + r_b} \right) \quad (3)$$

Selon Nakayama [9], TA peut être donnée par :

$$T_A = \frac{W_{ch} h_{ch}^2 \sigma_A}{4} \quad (4)$$

Où, W_{ch} est la largeur du copeau, σ_A est la limite d'élasticité du copeau. Les équations (2), (3) et (4) nous donnent l'expression de F

$$F = \frac{W_{ch} h_{ch}^2 \varepsilon_A}{4R_c \left[\sin \left(\arccos \left(\frac{R_c + (r_b - h)}{R_c + r_b} \right) + \eta \right) - \sin \eta \right]} \quad (5)$$

Selon l'équation (5), la force F agissant sur le point de rupture de copeau est affectée par la hauteur du point de rupture et RC. Par exemple, lorsque le point de rupture du copeau est proche du bord de coupe principal, le rayon de courbure du copeau RC diminue.

De même, l'augmentation de la hauteur du point de rupture des copeaux peut avoir le même résultat. D'après l'équation (5), la diminution de RC entraînera l'augmentation de la force F. Avec la force agissant sur le point de rupture de copeau, nous pouvons analyser la courbure des copeaux, la rupture des copeaux et l'usure du point de rupture des copeaux.

Dans cette étude la zone de rupture des copeaux varie en fonction de la modification des paramètres de coupe et l'opération de réaffûtage d'un outil de coupe. Tant que le point de rupture des copeaux est situé dans le brise-copeaux, les copeaux peuvent être brisés efficacement. Par conséquent, si les matériaux de la pièce, les paramètres géométriques de l'outil de tournage et les paramètres de coupe sont donnés, il est possible donc de fabriquer intentionnellement le point de rupture situé dans le copeau de rupture sur la face de coupe de l'outil.

En outre, le point de rupture des copeaux revêtus de laser est classé comme brise-copeaux de type obstruction. Les influences de point de rupture des copeaux sur les forces pendant le processus de coupe comprennent principalement deux aspects, la force de coupe et la force agissant sur le point de rupture des copeaux en faisant couler ces copeaux.

Il est très nécessaire d'optimiser la position du point de rupture des copeaux pour obtenir le meilleur effet de rupture. La zone de transition du copeau et le point de rupture sur la face de la coupe de l'outil devrait être étudié. Une région stable et instable de la région de transition devrait être déterminée.

En outre, le point de rupture de l'éclat pourrait également être fabriqué sur la face de la coupe d'un des plaquettes en carbure avec la méthode de revêtement par laser. [5]

c. Résultats

Le point de rupture des copeaux peut être fabriqué à l'aide d'une poudre laser sur la face inclinée d'un outil de tournage en acier rapide avec méthode de revêtement.

Un outil de tournage avec un point de brise-copeaux plaqué au laser peut avoir une fonction de brise-copeaux. Il existe des régions de position et des régions de position de transition du point de rupture de copeau gainée de laser sur face de coupe de l'outil.

Les régions de position pourraient servir de référence pour la fabrication de points de rupture de copeaux sur la face de coupe des outils.

II.4 Ajout de mécanisme externe

II.4.1 Procédures expérimentales

La figure II.10 montre le brise-copeaux développé pour les conditions de coupe fines et grossière de l'Inconel 718.

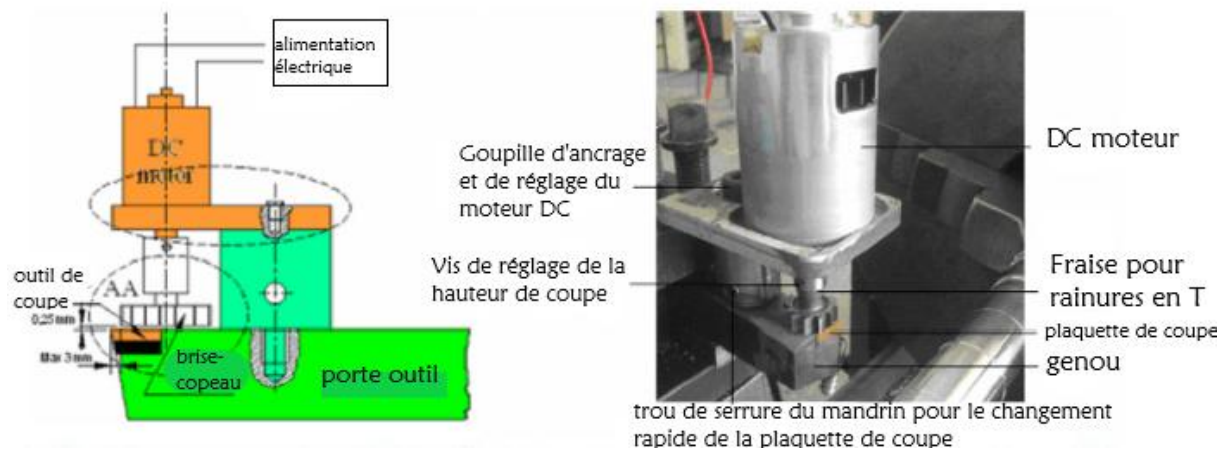


Figure II.10 : Conception d'un appareil brise-copeaux dynamique

La fonction du brise-copeaux développé est la suivante :

Le moteur à courant continu fait tourner la fraise à trois vitesses différentes (3500 tr/min, 8500 tr/min, 20.000 tr/min) en fonction de la vitesse d'avance et la vitesse de coupe, en utilisant une alimentation électrique à basse tension. DC moteur tourne dans le sens de la surface non usinée pour une bonne rugosité de la surface, si le moteur à courant continu tourne dans la direction de la surface, les copeaux rayent la surface usinée de la pièce de travail. Avec ce système toutes les conditions de coupe doivent être soigneusement fixées, à savoir la distance horizontale entre la pièce et le brise-copeaux dynamique et la distance verticale entre les copeaux et d'un brise-copeaux dynamique.

Güllü.A et al [6], ont effectué des essais d'usinage expérimentaux et des processus de brise copeaux au tour CNC à des conditions sèches. les échantillons d'Inconel 718 sont préparés à 50mm de diamètre × 400mm de long et la composition chimique et les propriétés physiques de la pièce sont indiquées dans les tableaux I.6 et I.7, respectivement, ils sont utilisé une plaquette en carbure revêtue par PVD avec désignation d'outil ISO, le SCMT120408 pour des tests d'usinage, avec des résultats positifs porte-outils d'angle et les spécifications techniques de l'outil de coupe et la plaquette sont donnés dans le tableau I.8.

Tableau I.6 - Composition chimique de l'Inconel 718 (% en poids).

C	Mn	Si	Cr	Ni	Co	Mo	Nb+Ta	Ti	Al	Fe
0.040	0.08	0.08	18.37	53.37	0.23	3.04	5.34	0.98	0.50	17.80

Tableau I.7 - Propriétés physiques de l'Inconel 718

Nom du fabricant du porte-outil	Forme géométrique de la plaquette de coupe	Qualité matérielle de l'ISO	Explications
SSBC R 2525 M12 T MAX U-Sandvik	SCMT 120408	MM 1025	4µm PVD TiAlN-TiN coated

Tableau I.8 - Spécifications techniques de l'outil de coupe et de la plaquette.

Dureté (HB)	Limite d'élasticité (MPa)	Résistance à la traction (MPa)	Allongement % 5
388	1375	1170	23.3

Les conditions de coupe suivantes ont été utilisées selon la norme ISO 3685 :

1. Vitesse de coupe (m/min) : 30, 45, 60, 75 ;
2. Vitesse d'avance (mm/tour) : 0.10, 0.15, 0.20, 0.3 ;
3. Profondeur de passe (mm) : 0.5, 1, 1.5, 2.

II.4.2 Résultats expérimentaux et discussions

Güllü.A et al [6] ont fait des tests d'usinage de l'Inconel 718 avec les conditions de coupe suivantes :

* $a_p = 0.5\text{mm}$ de profondeur de passe, $f = 0.1\text{ mm/tour}$ de vitesse d'avance, $V_c = 30\text{ m/min}$ de vitesse de coupe et avec plaquette de coupe à porte-outil positif, ont trouvé que sans brise copeau l'essai produisait des copeaux long et continus, Figure II.11(a), tandis que des copeaux segmentés plus petites (copeaux élémentaires selon la norme ISO 3685) ont été produits en utilisant les mêmes conditions de coupe avec un brise-copeaux développé Figure II.11(b).

En fonction de la distance entre le bord de coupe et le brise-copeaux, la longueur des copeaux et le rayon de courbure des copeaux peuvent être changés. Comme la distance entre le bord de

coupe et sa longueur augmente également Figure II.11(c). Si la distance entre l'arête de coupe et le brise-copeaux diminue, la longueur de copeau devient de plus en plus courte en raison de la force et du choc agissant sur les surfaces des copeaux avec un brise-copeaux dynamique, comme le montre la figure II.11(d).

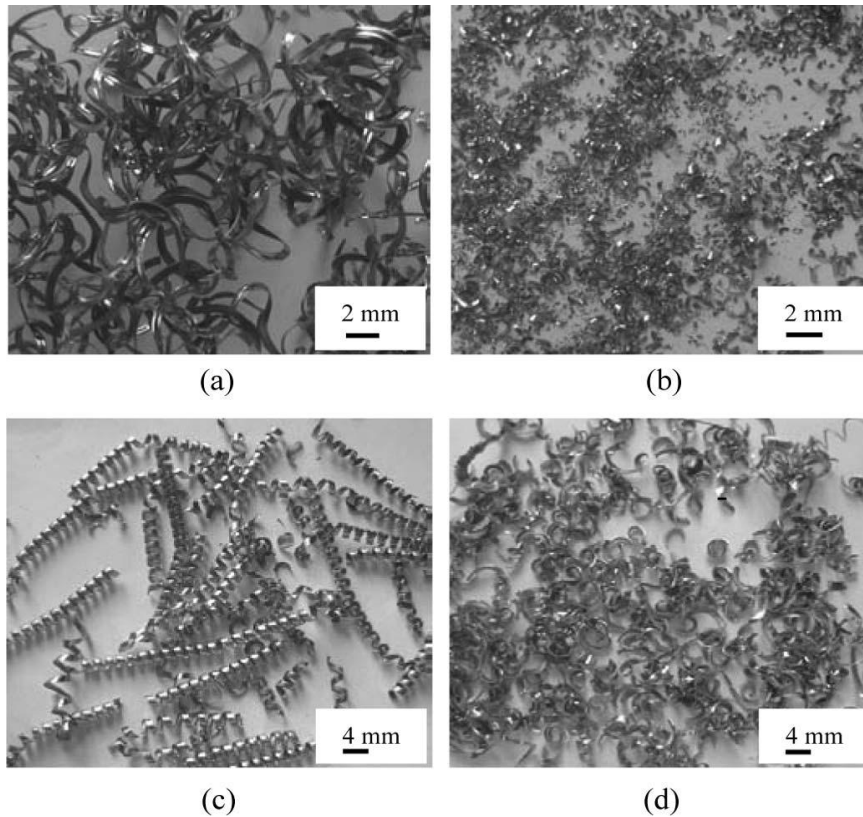


Figure II.11. Les formes de copeaux avec ou sans brise copeaux développé.

* $a_p = 1.5\text{mm}$ de profondeur de passe, $f = 0.1\text{ mm/tour}$ de vitesse d'avance, $V_c = 60\text{ m/min}$ vitesse de coupe avec plaquette de coupe utilisant porte-outil positif sans brise-copeaux produit des copeaux long et continus, hélicoïdaux et enchevêtrés la Figure II.12(a), tandis que des copeaux segmentés plus petits ont été produits par usinage de mêmes conditions de coupe avec un brise-copeaux développé la Figure II.12(b).

* $a_p = 2.0\text{mm}$ de profondeur de passe, $f = 0.1\text{ mm/tour}$ de vitesse d'avance $V_c = 45\text{m/min}$ vitesse de coupe avec plaquette de coupe ayant porte-outil positif sans brise-copeaux produit des copeaux longs hélicoïdaux continus, Figure II.12(c) ; des copeaux segmentés plus petits ont été produits lors de l'usinage dans la même coupe avec un brise-copeaux développé, Figure II.12(d).

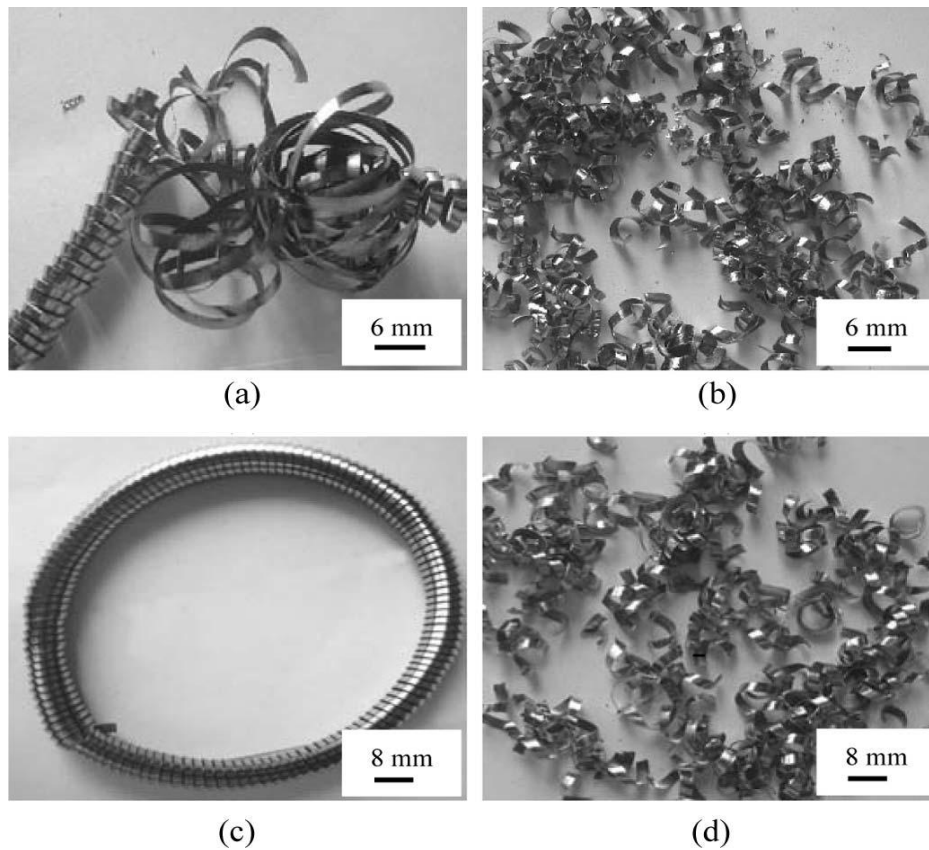


Figure II.12. Les formes de copeaux avec ou sans brise copeaux

Après l'usinage, Güllü.A et al.[6], ont mesuré les longueurs des copeaux : si la distance verticale entre le brise-copeaux dynamique et la plaquette de coupe était égale à 0.25 mm, alors toutes les longueurs de copeaux usinés lors de l'essai de coupe ont été mesurées entre 0.4 mm et 16 mm, et les types de copeaux étaient 5.2 courts et 6.2 libres selon la norme ISO 3685 et les valeurs de rugosité de surface été inférieure de 0.10 mm/tour, alors que des valeurs plus élevées ont été générées à un rythme plus élevé de 0.30 mm/tour.

Dans cette recherche, 128 expériences différentes ont été réalisées, chaque expérience a été répétée trois fois, ils ont comparé la coupe dynamique du brise-copeaux avec la coupe normale de l'alliage Inconel 718 dans toutes les conditions de coupes, ont trouvés que l'usinage de Inconel 718 avec le brise-copeaux développé donne un état de surface acceptable, la précision de l'usinage était satisfaisante et les copeaux ont été séparés de manière fiable.

a. Température des outils de coupe

Dans l'expérience, l'effet de refroidissement de copeau dynamique sur la surface de la plaquette de coupe a fait l'objet de recherches de Güllü.A et al [6]. Lors de l'usinage, la température de surface de la coupe a été mesurée par un thermomètre infrarouge numérique.

Les paramètres de coupe sont fixés (vitesse de coupe $V_c = 45 - 60 - 75\text{m/min}$, profondeur de passe $a_p = 05 - 1 - 15\text{mm}$, la vitesse d'avance $f = 01\text{ mm/tour}$) a été utilisée pour mesurer la température de la surface des plaquettes de coupe, la figure II.13.

Pendant l'usinage, 80% de la température est rejetée par les copeaux, 10% de la température est transférée à la plaquette de coupe, et 10% la température est transférée à la pièce, l'augmentation de V_c , a_p et f augmentent la température de surface.

L'observation de toutes les expériences, le brise copeaux dynamique à un effet sur une température de surface de coupe comprise entre 1 et 44 % en fonction des conditions de coupe.

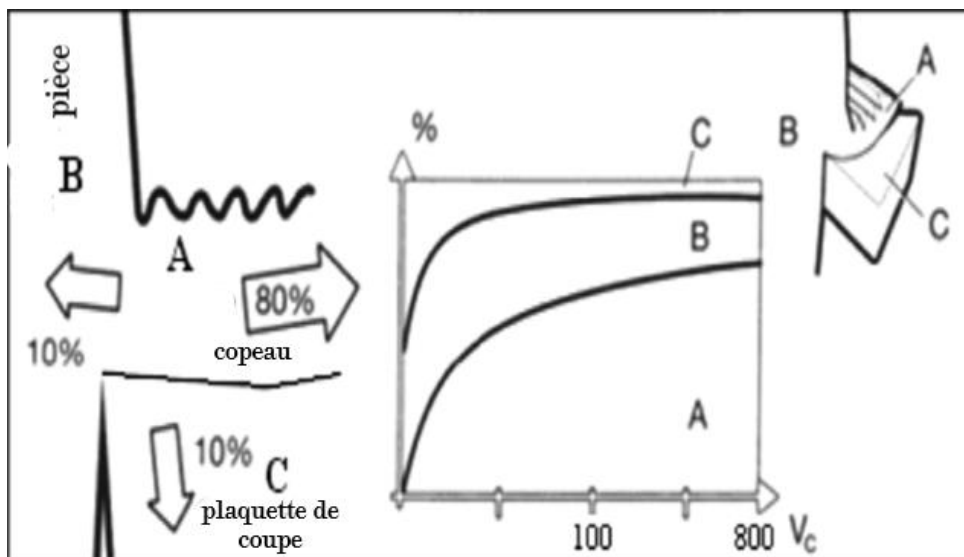


Figure II.13 - Répartition de la température de l'usinage des métaux.

b. Résultats

Les résultats de cette étude expérimentale obtenue par Karabulut. S et al [6], prouvent la supériorité du brise-copeaux développé, elle est résumée comme suit :

1- Grâce à un brise-copeaux dynamique, les copeaux longs peuvent être brisés indépendamment lors de l'usinage, avec une profondeur de coupe plus ou moins importante, donc les conditions de brise-copeaux sont bonnes.

2- Le brise-copeaux est considérablement amélioré le rayon de courbure des copeaux et la longueur des copeaux sont réduits de manière significative.

3- Le brise-copeaux dynamique est adapté aux tours CNC.

4- Un état de surface acceptable peut être obtenu lorsque l'usinage avec un brise-copeaux conçu. Les valeurs de rugosité de surface ont été générées lorsque l'usinage à une profondeur de passe $a_p = 0.10$ mm/tour, tandis que des valeurs plus élevées ont été générées à $a_p = 0.30$ mm/tour.

5- Les petits copeaux cassés sont souhaitables car ils sont faciles à manipuler, stocker, transporter et recycler. Ils n'ont pas effet négatif sur les outils de coupe et les machines-outils.

6- Le brise-copeaux qui projette les copeaux loin de la surface de coupe et le flux d'air provoqué par la vitesse élevée favorisent l'effet de lubrification de la plaquette de coupe.

Lorsque $V_c = 75$ m/min et une profondeur de passe de 0.5 mm, sans brise-copeaux, la température mesurée était de 32.6°C , dans les mêmes conditions de coupe avec un brise-copeaux dynamique, la température a été obtenue à 30.2°C . Il s'agit d'une amélioration de 3.55%.

Lorsque $V_c = 60$ m/min et une profondeur de passe de 0.5 mm, sans brise-copeaux, la température mesurée était de 32.1°C , dans les mêmes conditions de coupe avec un brise-copeaux dynamique, la température a été de 26.1°C , il s'agit d'une amélioration de 3.55%.

Lorsque $V_c = 45$ m/min et une profondeur de passe de 1.5 mm, sans brise-copeaux, la température mesurée était de 50.8°C , dans les mêmes conditions de coupe avec le brise-copeaux dynamique, la température a été obtenue à 33.8°C . Il s'agit d'une amélioration de 33.46 %. Lorsque $V_c = 60$ m/min et une profondeur de passe de 1.5 mm, sans brise-copeaux, la température mesurée était de 67.2°C . Dans les mêmes conditions de coupe avec le brise-copeaux dynamique, la température a été obtenue à 37.1°C . Il s'agit d'une amélioration de 44.79 %.

En observant dans toutes les expériences, le brise-copeaux dynamique a un effet sur la température de la surface de coupe variant entre 1-44% selon les conditions d'usinage.

Une valeur de ($7- R^2 = 1$) a été obtenue pour les modèles de régression en fonction des résultats expérimentaux, cette valeur prouve extrêmement fiable des résultats.

II.5 Les conditions de coupe

Nous avons traité les travaux de Słodki B et al[8] qui proposent une approche algorithmique qui offre la possibilité de sélectionner correctement les données de coupe, en cas de difficultés dans l'usinage de l'acier inoxydable, ont utilisés l'acier 416 comme exemple proposé. Lors de l'utilisation d'algorithmes, toutes les étapes importantes du processus décisionnel pour la détermination des données de coupe ne peuvent être omises. C'est pourquoi le présent l'étude se concentre sur le développement d'algorithmes de sélection des données de coupe. Cette proposition peut aider les ingénieurs de production qui souhaitent obtenir des formes de copeaux correctes dans le tournage de l'acier inoxydable. Un module de simulation fait partie de l'algorithme, vérifiant la justesse de la sélection des données de coupe. Lors d'essais en conditions réelles de tournage, deux plaquettes produites par Sandvik Coromant (2000-2011) avec différents brise-copeaux, de type SM et MF, ont été testées. Des photographies de différentes formes de copeaux créées dans la zone d'application du brise-copeaux, ont été prises avec un appareil photo à grande vitesse.

II.5.1 Algorithme de sélection des données de coupe dans le tournage

La figure II.14 présente l'algorithme de sélection des données de coupe dans le tournage proposé par Słodki B et al [8], en tenant compte de la formation correcte des copeaux. L'algorithme présenté est basé sur le taux d'enlèvement maximum de métal comme critère d'optimisation.

La vitesse de coupe, la profondeur de passe et l'avance sont liées à la puissance disponible de la machine-outil, à la précision de la surface usinée, à la durée de vie de l'outil et à la forme souvent sous-estimée des copeaux.

Si les résultats sont acceptables, le processus de tournage ne doit être arrêté que lorsque l'ensemble des modules de surveillance dépasse une quelconque limite. Dans le cas contraire, le processus peut se poursuivre. Chaque module a sa propre limitation (critère) qui ne peut être dépassée. Par exemple, un système de surveillance de l'usure des outils peut utiliser un indicateur d'usure des flancs (VB) comme critère. Si ce critère est dépassé, la production doit être arrêtée, l'outil doit être remplacé.

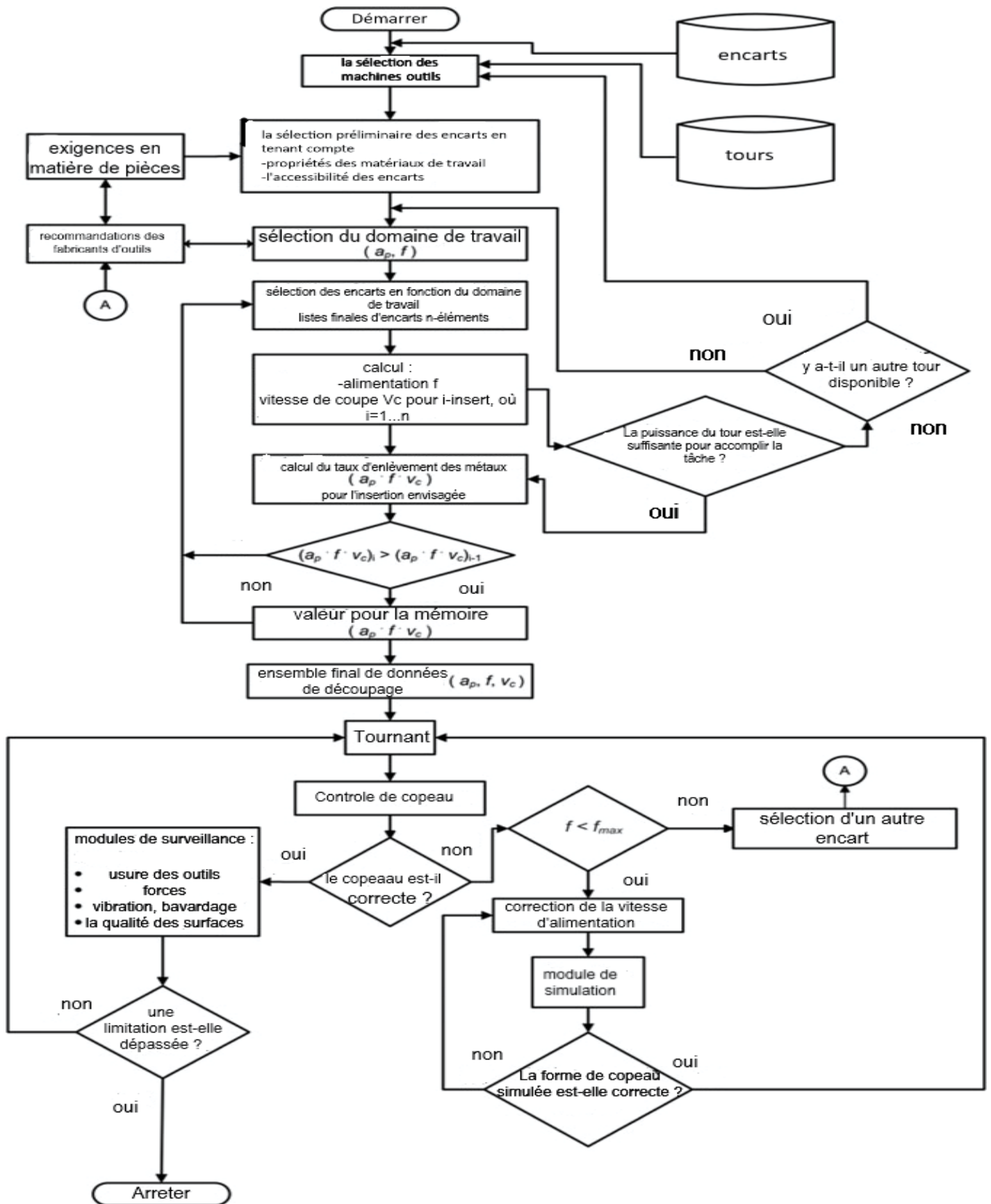


Figure II.14. Exemple d'algorithme de sélection des données de coupe prenant en compte les recommandations du catalogue et la forme des copeaux.

II.5.2 La vérification de l'algorithme

L'objectif de la recherche selon Słodki B et al [8] était d'obtenir les données nécessaires à l'estimation des copeaux, la forme et les composantes de la force de coupe ont été utilisées selon deux schémas de mesure. Un système de mesure des forces de coupe (figure II.15) est nécessaire pour fournir des informations permettant de vérifier les résultats. Les photographies des copeaux ont été enregistrées par un système de vision équipé d'une caméra à grande vitesse.

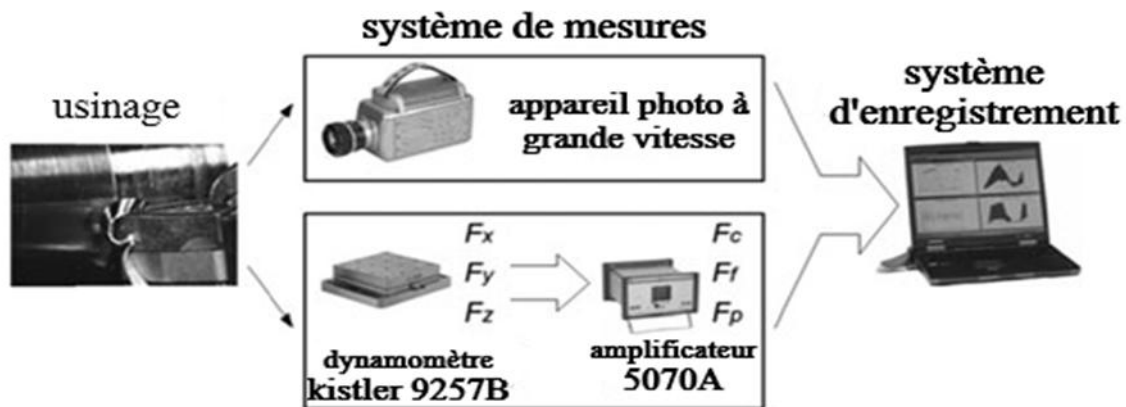


Figure II.15 Mesure des forces de coupe et système de surveillance de la forme des copeaux

Le tableau I.9 ci-dessous montre la gamme des conditions de coupe utilisée dans la recherche. Pour deux brise-copeaux testés, la même valeur constante de vitesse de coupe pour les deux brise-copeaux a été choisie délibérément, car les auteurs ont voulu mettre l'accent uniquement sur l'influence de la profondeur de passe et la vitesse d'avance sur la formation des copeaux. L'influence de la vitesse de coupe n'a pas été prise en compte dans la recherche dans ce cas. Mais il faut se rappeler que lorsque la vitesse de coupe augmente, la segmentation des copeaux et leur fragmentation est favorisée. Tous les essais ont été réalisés dans les opérations de tournage avec le tour Masterturn 400, 7.5 kW de puissance et de 3000 tr/min de vitesse de la broche. Les essais de tournage ont permis d'estimer différentes formes et propriétés des copeaux.

Tableau I.9. Gamme des conditions de coupe utilisées dans la recherche

	Brise-copeaux de type SM	Brise-copeaux de type MF
Vitesse de coupe V_c (m/min)	240	240
L'avance f (mm/tour)	0.1-0.3	0.1-0.4
Profondeur de coupe a_p (mm)	0.5-2.0	0.5-1.5

II.5.3 Applications

Ślodki, B et al [8] ont effectué des tests de tournage de l'acier sur les deux types de brise copeau SM et MF. Ces derniers dédiés à l'inox, dans chaque cas, leur domaine d'application a été décrit en détail dans les catalogues des fabricants d'outils.

a. Tournage avec le brise-copeaux de type SM

Le premier exemple de test figure I.16. (a) concerne l'encart Sandvik Coromant WNMG080408, nuance GC1115 avec les catalogues d'outils de tournage à géométrie de brise-copeaux SM du Sandvik Coromant (2000-2011). Une vue de coupe transversale est située à environ de 1.5 mm du nez de la plaquette (A).

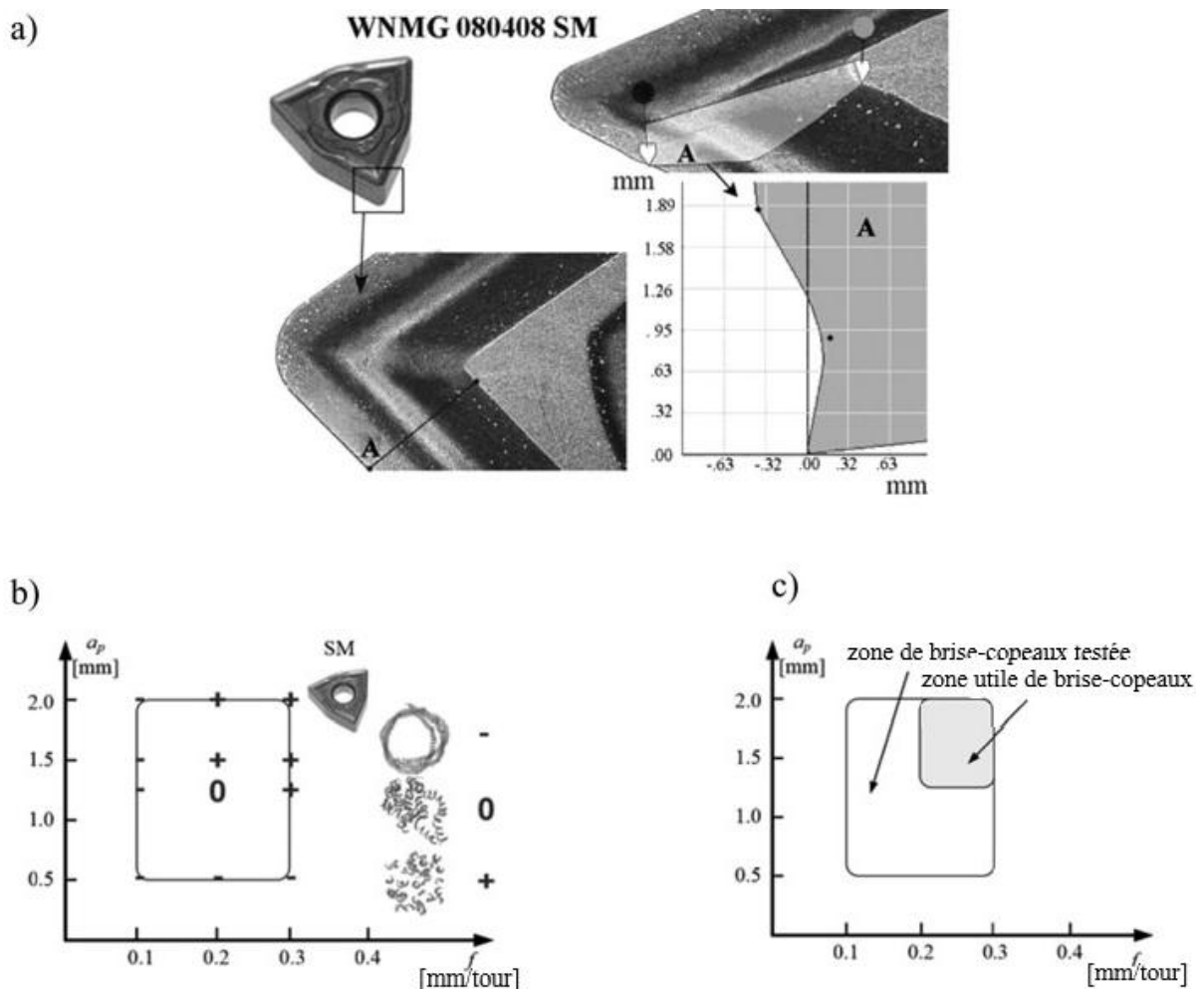














Figure II.16 (a) Géométrie du brise-copeaux de type SM, (b) classification de la forme des copeaux par rapport au copeau testé et (c) la zone réelle et utile des brise-copeaux dans l'environnement de test local.

Un porte-outil de tournage externe à verrouillage par levier pour 80° , triangle négatif PWLNR 2020K 08 (angle d'approche 95° , angle axial -6° , angle radial -6°) a été utilisé. Une partie de la zone d'application recommandée du brise-copeaux (utilisée pour la procédure de test $a_p = 0.5, 2.0$ mm, $f = 0.1, 0.3$ mm/tour) est illustrée dans la figure II.16 (c) et (b), le tableau ci-dessous présente des différentes formes de copeaux obtenues en tournage, avec le brise-copeaux de type SM.

L'efficacité du brise-copeaux SM peut être estimée approximativement sur 50% en tenant compte du nombre de tests. Les performances les plus faibles peuvent être observées dans la gamme des faibles valeurs de la vitesse de coupe (0.1 mm/tour) et dans la gamme des 0.5 mm de profondeur de coupe.

Tableau I.10. Les différentes formes de copeaux obtenues en tournage avec le brise-copeaux SM,

$V_c = 240$ m/min.[9]

$a_p V$	0.1	0.2	0.3
2.0			
1.5			
1.25			
0.5			

La figure II.17 présente les valeurs des composantes de la force de coupe mesurées (F_c, F_f) dans la zone testée. Les lignes situées dans ces diagrammes représentent les valeurs de force décrites par les équations obtenues à partir du plan de recherche.[9] Pour le brise-copeaux SM, la fonction de l'objet pour la force F_c est (1) :

$$F_C = -224.33 + 197.33 \cdot a_p + 3168.33 \cdot f + 457.78 \cdot a_p \cdot f - 5294.44 \cdot f^2 \quad (1)$$

$$R^2 = 0.98$$

Pour la composante F_f (2) :

$$F_f = 71.33 + 41.89 \cdot a_p^2 + 229.86 \cdot a_p \cdot f \quad (2)$$

$$R^2 = 0.96$$

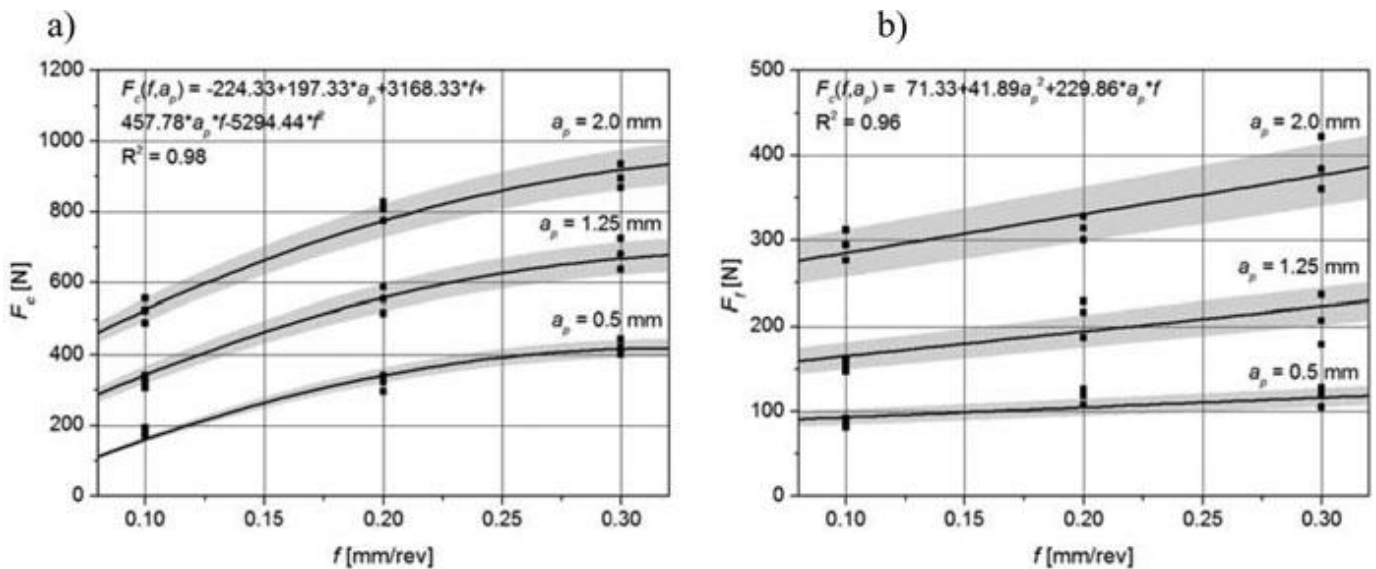


Figure II.17 Composantes de la force de coupe pour le domaine de recherche du brise-copeaux SM : a) F_c et b) F_f .

b. Tournage avec le brise-copeaux de type MF

Le deuxième exemple de test figure II.18(a) concerne la plaquette WNMG080408, grade GC2015 avec le brise-copeaux type MF produit également par Sandvik Coromant - catalogues de la société Sandvik Coromant (2000 2011). Une vue de coupe transversale est située à environ 1,5 mm du nez de plaquette (B).

Un porte-outil de tournage externe à verrouillage par levier pour 80° trigon négatif PWLNR 2020K 08 (angle d'approche 95° , angle axial -6° , angle radial -6°) a été utilisé, une partie de la zone d'application recommandée du brise-copeaux (utilisée pour la procédure de test $a_p = 0.1-1.5$ mm, $f = 0.1-0.4$ mm/tour) est illustrée dans les figures II.18.(b) et (c).

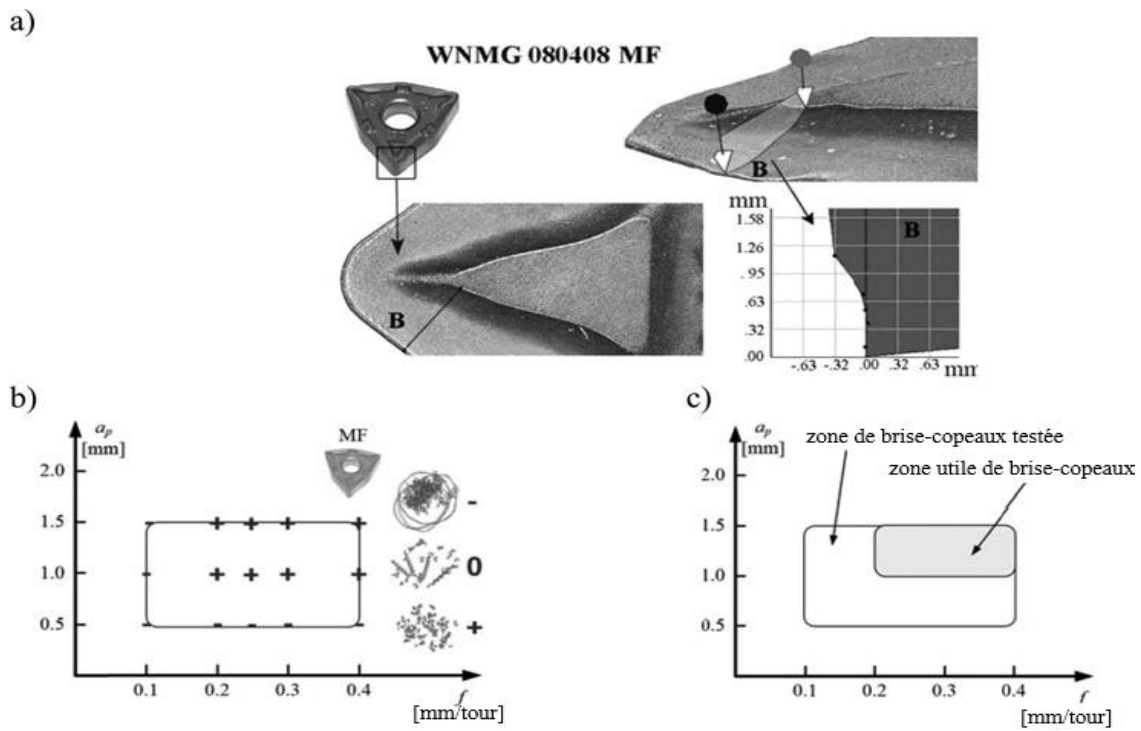


Figure II.18 (a) Géométrie du brise-copeaux type MF, (b) classification de la forme des copeaux par rapport à la zone de brise-copeaux testée et (c) la zone de brise-copeaux réelle et utile dans l'environnement de test local.

Le tableau I.11 présente les différentes formes de copeaux réalisées dans le tournage d'acier inoxydable avec plaquette de type MF. Dans ce cas de tournage avec une plaquette avec un brise-copeaux de type MF a révélé le fait qu'environ 53% des copeaux pouvaient être classés comme corrects. La faible valeur d'avance, indépendamment de la profondeur de coupe, a entraîné une forme de copeaux inacceptable. De meilleurs résultats ont été obtenus pour l'avance f (0.2-0.4 mm/tour).

Tableau I.11 Les différentes formes de copeaux obtenues en tournant avec le brise-copeaux MF, $VC = 240$ m/min

$a_p \backslash f$	0.1	0.2	0.25	0.3	0.4
1.5					
1.0					
0.5					

La figure II.19 présente les composantes de la force de coupe mesurée pour le brise-copeaux MF (de même, dans la figure II.17, les valeurs de la force sont présentées sous forme de lignes continues et le pourcentage d'erreur moyen sous forme d'ombre).

Pour le brise-copeaux MF, la fonction de l'objet pour la force F_C est (4) :

$$F_C = -102.35 + 219.72 \cdot a_p + 607.77 \cdot f + 943.33 \cdot a_p \cdot f \quad (4)$$

$$R^2 = 0.97$$

Pour la composante F_f (5) :

$$F_f = 4.94 + 104.06 \cdot a_p^2 + 472.81 \cdot a_p \cdot f \quad (5)$$

$$R^2 = 0.96$$

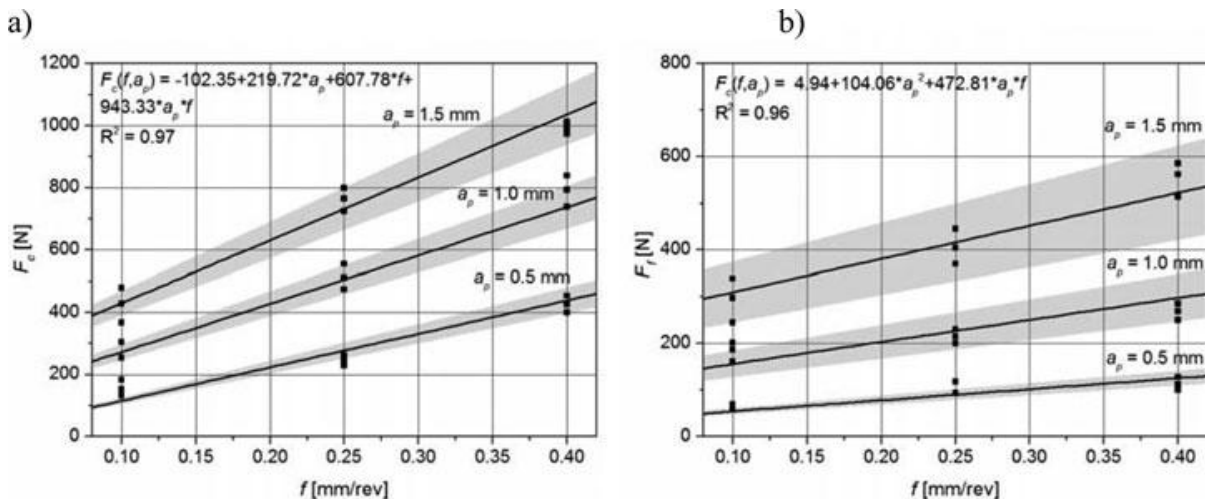


Figure II.19 Composantes de la force de coupe pour le domaine de recherche du brise-copeaux MF : (a) F_C et (b) F_f .

D'après les tests de Słodki, B et al. (2015).[8] ont trouvés que :

Dans chaque cas, leur domaine d'application a été décrit en détail dans les catalogues des fabricants d'outils. Il faut dire que dans certains cas, ces recommandations se sont avérées correctes, mais dans la gamme testée pour le brise-copeaux SM et le brise-copeaux MF, 50 % et 53 %, respectivement, n'étaient pas satisfaisants.

Les deux brise-copeaux se sont avérés inefficaces dans les gammes inférieures de la vitesse d'avance recommandée. Cela indique la nécessité de construire un algorithme pour la sélection des conditions de coupe et leur ajustement dans l'usinage local d'environnement en

tenant compte l'augmentation de vitesse d'avance, dans une opération donnée, il faut se rappeler l'influence de la vitesse d'avance sur la qualité de la surface.

II.6 Conclusion

D'après ce travail ont conclu :

- Comme la profondeur du brise-copeaux a augmenté et la largeur a diminué, la performance du brise-copeaux a été excellente dans la zone de finition. Cependant, la capacité de brise-copeaux était excellente dans la zone d'ébauche, car la profondeur diminuait et la largeur augmentait. Les résultats ont été excellents.
- Le point de rupture des copeaux fabriqué sur la face inclinée d'un outil de tournage en acier rapide avec la méthode de revêtement par poudre au laser. Le point de rupture des copeaux plaqué sur la face de coupe de l'outil peut être déterminé par trois conditions de position. Il y a une zone de position et une zone de transition.
- Les performances de coupe des plaquettes texturées à micro-échelle ont été comparées à celles des plaquettes d'outils conventionnelles sous des environnements de coupe à sec et lubrifié, les outils micro-rainure ont réduit la coupe, l'avance, le frottement et les forces normales à la fois dans des conditions sec et lubrifié par rapport aux outils conventionnels. La réduction maximale de 5 % de la force de coupe a été obtenue en cas d'outil PA. La texturation de la surface aide à rompre le contact entre les copeaux de l'outil, ce qui permet de réduire les dépôts de Fe sur la surface de l'outil. Dans un environnement humide, l'efficacité de la lubrification s'est avérée meilleure pour l'outil micro texturé par rapport à l'environnement sec. Le sens de pose affecte également l'angle relatif entre le copeau et la texture.
- Deux plaquettes différentes avec différents brise-copeaux en tournage de l'acier a été testé. Dans chaque cas, leur domaine d'application a été décrit en détail dans les catalogues des fabricants d'outils. . Il faut dire que dans certains cas, ces recommandations se sont avérées correctes, mais dans la gamme testée pour les brise-copeaux SM et MF, respectivement 50 % et 53 %, n'étaient pas satisfaisantes. Les deux brise-copeaux se sont avérés inefficaces dans les gammes inférieures de l'avance recommandée. Si possible, dans l'opération, il faut se rappeler l'influence la vitesse d'avance sur la qualité de surface.

-Une profondeur de coupe plus ou moins importante, avec un brise-copeaux dynamique les copeaux longs peuvent être brisés indépendamment lors de l'usinage de l'Inconel 718, donc les conditions de coupe sont bonnes.

Le brise-copeaux dynamique est considérablement amélioré ; le rayon de courbure des copeaux et la longueur des copeaux sont réduits de manière significative.

Chapitre III

Exemples d'applications

III.1 Introduction

Aujourd'hui avec le développement vu au monde d'industrie, chaque entreprise a sa propre méthode pour élaborer des meilleures conditions de coupe et des solutions efficaces pour avoir des copeaux courts.

Plusieurs marques connues au monde entière dans le domaine de fabrication mécanique (l'usinage) à sa propre solution inventée, chaque d'elles veut confirmer leurs empreintes.

Déférentes solutions sont mises en considération grâce aux bons résultats obtenus.

Dans ce chapitre on va présenter quelque marque mondiale connu dans ce domaine avec ses exemples d'applications sur le terrain.

III.2 Groupe CERATIZIT (Autriche)



CERATIZIT AutricheGmbH, AT-Reutte/Tyrol, le 13 septembre 2016.

Grace au package innovant sous le nom de « CERATIZIT 3x3 » la solution la plus efficace.

Combinaison efficace de nuance de carbure et de brise-copeaux pour chaque situation d'usinage, la combinaison intelligente assurant une productivité maximale. Utilisez toujours la plaquette la mieux adaptée et obtenez ainsi lors de l'ébauche et de la finition.

À l'occasion de l'AMB(Exposition internationale de l'usinage des métaux à Stuttgart, connue aussi comme le salon phare des années paires, est classée parmi les salons les plus prestigieux du secteur et figure parmi les 5 plus importants du monde), Solutions de coupe par CERATIZIT présentera le concept facile d'utilisation CERATIZIT 3x3 qui combine de façon Intelligente des nuances de carbure avec des brise-copeaux permettant ainsi un choix rapide de la solution la plus efficace pour le tournage des aciers. Le carburier exposera en autre le système de surfacage-dressage à 90° (MaxiMill 491) ainsi que d'autres nouveautés dans la gamme standard.

En introduisant le nouveau brise-copeaux -F50, Solutions de coupe par CERATIZIT vient de compléter sa gamme optimisée pour le tournage des aciers. Le package offre une gamme de

produits complète et bien structurée qui permet à l'utilisateur de repérer facilement la solution la plus efficace, c'est-à-dire la bonne plaquette pour l'application souhaitée. Des combinaisons adaptées de trois brise-copeaux et de trois nuances de carbure se prêtent aussi bien à la finition qu'à l'ébauche des aciers et couvrent toutes les exigences du marché, même des applications spécifiques. « Grâce à notre CERATIZIT 3x3, chacun trouve rapidement le produit optimal pour son application dans le domaine du tournage des aciers », explique par Andreas Schätzl, responsable « Outils fixes », Solutions de coupe by CERATIZIT.[12]

a. Trois brise-copeaux



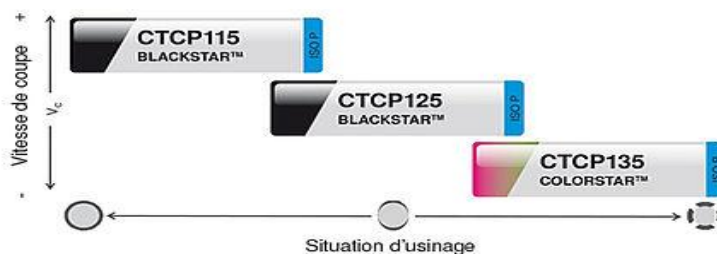
Figure III.1. La géométrie des brise-copeaux –M50, -F50 et-M70

Avec les trois brise-copeaux -F50 pour la finition, -M50 pour la semi-finition ainsi que-M70 pour l'ébauche, CERATIZIT 3x3 optimise l'assortiment destiné jusqu'à présent au tournage des aciers. Le brise-copeaux -F50 récemment lancé a permis cette combinaison intelligente débouchant sur une gamme à la fois bien structurée et complète. Ce brise-copeaux pour la finition offre un excellent contrôle copeaux et la face de contact rectifiée assure une stabilité élevée de la plaquette dans son logement. L'arête vive autorisée une coupe douce, d'où des efforts de coupe réduits et une faible puissance absorbée à la broche. « Avec cette gamme

l'usinage des aciers est un vrai plaisir », constate par Andreas Schätzl. « À l'aide de CERATIZIT 3x3, les utilisateurs peuvent réduire leurs stocks et leurs coûts tout en augmentant l'efficacité de leur production », rajoute par Uwe Schleinkofer, directeur du département de R&D, Solutions de coupe by CERATIZIT.

Les trois brise-copeaux étant parfaitement adaptés à la situation d'usinage souhaitée, facilitent ainsi un choix rapide de la bonne plaquette. « La complexité fait désormais partie du passé, la simplicité est le nouveau mot d'ordre », déclare par U. Schleinkofer.

b. La productivité de trois nuances



Le nouveau concept combine au total trois nuances de carbure avec trois brise-copeaux et permet à l'utilisateur de couvrir toutes les applications dans l'usinage des aciers. La nuance extrêmement résistante à l'usure BLACKSTARTM CTCP115 prolonge la durée de vie. En utilisant des paramètres d'usinage plus élevés, la productivité dans la production peut être nettement augmentée. La nuance universelle BLACKSTARTM CTCP125 se prête à toutes les applications, notamment à la semi-finition en présence de coupes légèrement interrompues. La nuance tenace COLORSTARTM CTCP135, spécialiste pour coupes interrompues et conditions difficiles, complète le trio et assure une fiabilité du processus maximale.[13]

c. Les avantages

Grâce aux données de coupe et durées de vie élevées, CERATIZIT 3x3 obtenir une productivité accrue en présence d'une fiabilité du processus maximale, même dans des situations d'usinage difficiles. Autre avantage appréciable : les faibles coûts de stockage, car Solutions de coupe by CERATIZIT vous propose avec seulement 3 nuances et 3 brise-copeaux une gamme complète pour le tournage des aciers.

III.3 Groupe TUNGALOY



Le brise-copeau parfait pour l'usinage en ébauche des aciers !

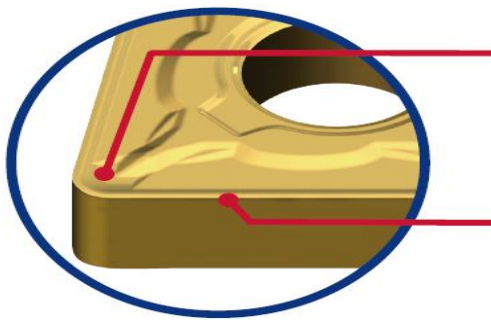
TURNLINE Grandes plaquettes de tournage pour l'ébauche, THS & TUS brise-copeaux.

Semi finition et ébauche des aciers avec une fiabilité remarquable.[13]

III.3.1 Pour l'ébauche et la semi-finition

a. THS brise-copeaux (Plaquette réversible)

Caractéristique : Une maîtrise des copeaux exceptionnelle quelques soient les conditions de coupe

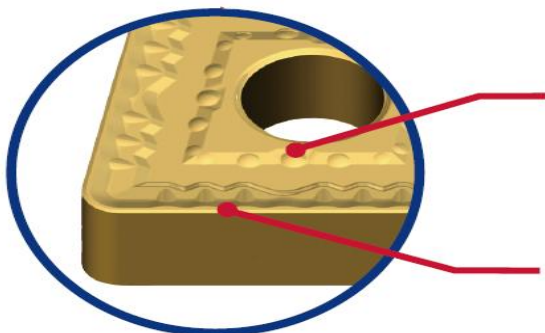


Nouveau concept de forme sur le rayon de plaquette. Excellente maîtrise des copeaux même avec une faible profondeur de passe. Parfait pour les usinages avec des variations de profondeurs.

Une arête de coupe optimale et robuste. Résistance aux impacts améliorée. Offre une grande robustesse et de faibles efforts de coupe.

b. TUS brise-copeaux (Plaquette non-réversible)

Caractéristique : Une arête de coupe extrêmement robuste pour empêcher les casses.

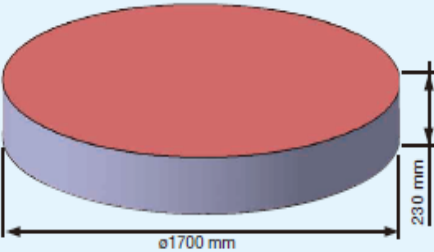
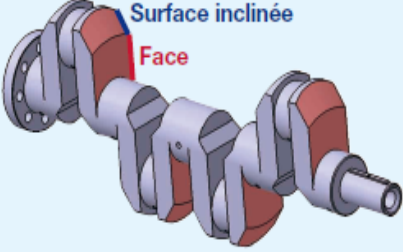
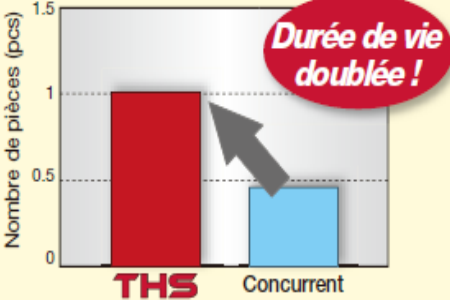
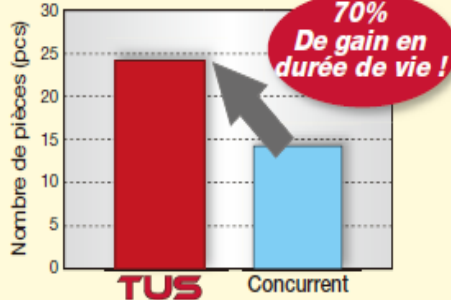


Nouveau concept de brise-copeaux pour le tournage en ébauche. Une forme unique. Réduction de la surface de contact entre les copeaux et la plaquette. Profondeurs de passe importantes.

Une arête de coupe optimale conçue avec une incroyable robustesse. Résistance aux chocs améliorée et réduction des usures en entaille.

c. Exemple d'application

Tableau II.1 : Exemple d'application d'un disque de turbine et vilebrequin

Type de pièce	Disque de turbine (matière brute)	Vilebrequin (Pour moteur de bateaux)	
Porte-outil	SNMG190616-THS	SNMM190616-TUS	
Plaquette	T9125	T9125	
Matière usinée	SNCM429 / 41CrNiMo4	SCM440 / 42CrMo4	
			
Conditions de coupe	Vit. de coupe : V_c (m/min)	60	
	Avance : f (mm/tour)	0.7	
	Prof. de passe : a_p (mm)	5	
	Usinage	Chariotage et dressage de face (Coupe continue)	8 usinages en coupe fortement interrompue
	Lubrification	Avec arrosage	Avec arrosage
Résultats	 Excellente maîtrise des copeaux et durée de vie stable sans casses soudaines, ceci avec des variations de profondeurs de passe.	 Pas de casse soudaine grâce à une arête de coupe très robuste.	

III.4.INDEX

INDEX

INDEX ChipMasterla meilleure solution pour briser le copeau, plus de fiabilité dans le processus et une très haute productivité.

Avec son nouveau logiciel intégré de cycle brise-copeaux ChipMaster, INDEX veille à contrôler le bris de copeaux pendant l'usinage (tournage longitudinal, dressage de face, tournage profil et tronçonnage) quels que soient les matériaux utilisés.[11]

a. La solution proposée

Le nouveau logiciel intégré de cycle brise-copeaux INDEX ChipMaster offre de nouvelles perspectives pour l'usinage. Il optimise le bris de copeaux grâce à des variables d'avance. Indépendamment de la matière utilisée (aluminium, métaux non ferreux, aciers inoxydables, titane), de la vitesse de rotation et du type d'usinage sur la machine, INDEX ChipMaster est la solution la plus économique pour les usinages en tournage.

Ce logiciel, tout récemment développé, peut facilement être installé sur un tour INDEX équipé d'une commande Siemens actuelle.

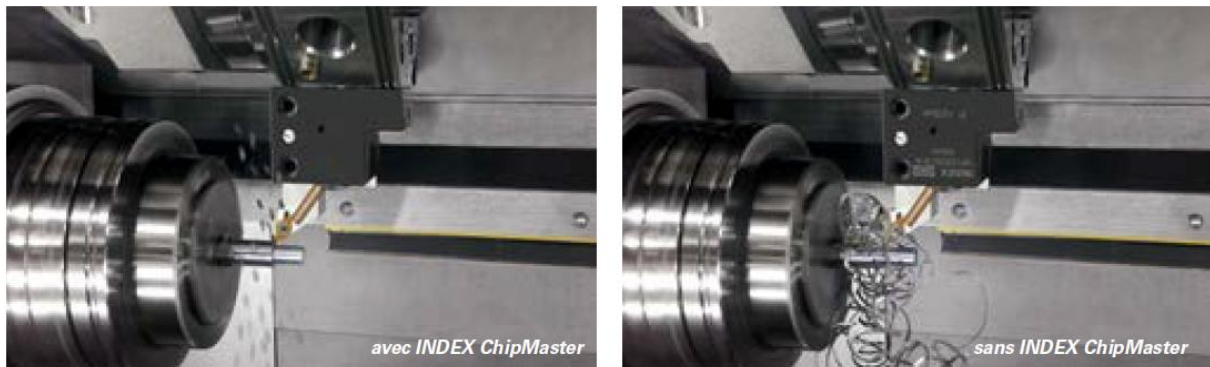


Figure III.2. formation de copeau avec ou sans Index chipMaster

b. Les avantages

- Peu de rebuts
- Réduction des temps d'arrêt machine pour enlever les copeaux
- Augmentation de la durée de vie des outils
- Augmentation de la productivité avec un processus fiable
- Logiciel paramétrable et adapté à vos besoins spécifiques
- Peut être installé sur les mono broches et multibroches (en fonction du directeur de commande)
- Solution économique

III.5 Groupe MITSUBISHI



Nouveau brise-copeaux pour le tournage. Les meilleures performances sur les pièces automobiles, contrôle des copeaux à diverses profondeurs de passe, vitesses de coupe et d'avances.

Lors du copiage, les conditions de coupe, telles que la profondeur de passe, le taux d'avance et la vitesse de coupe, peuvent varier, cela risque d'entraîner des problèmes et de nuire à l'efficacité :

- Contrôle des copeaux inefficace dû à l'utilisation d'un seul type de brise-copeaux.
- Arrêt des machines en raison d'une accumulation de copeaux.
- Mauvaise gestion des outils de par la diversité des géométries de plaquettes.

Le brise-copeaux MP est doté d'une géométrie unique, qui offre un contrôle efficace des copeaux pour une large gamme d'applications. Il améliore également la résistance à l'usure car il génère moins de chaleur pendant la coupe, ce qui permet une forte augmentation de la productivité.[14]

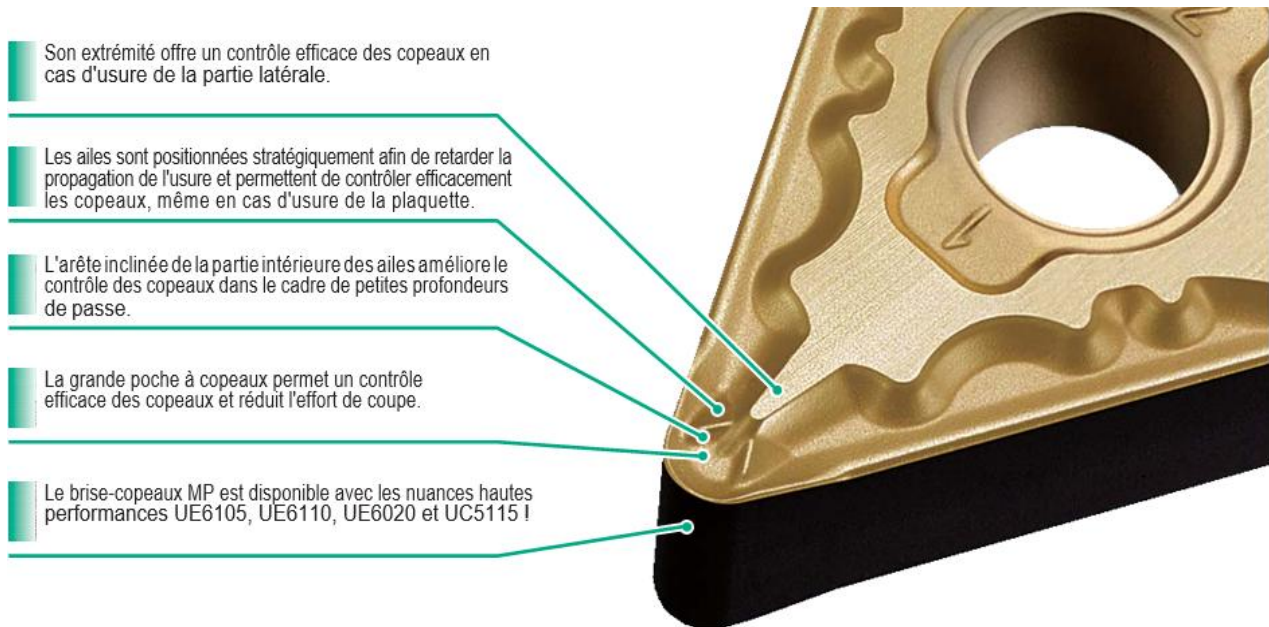


Figure III.3. Caractéristiques de brise copeau type MP

Analyse géométrie de copeaux et températures de l'arrêt de coupe

Une faible température de coupe réduit l'usure en cratère. Une pièce moins chaude permet une plus grande précision dans les dimensions.

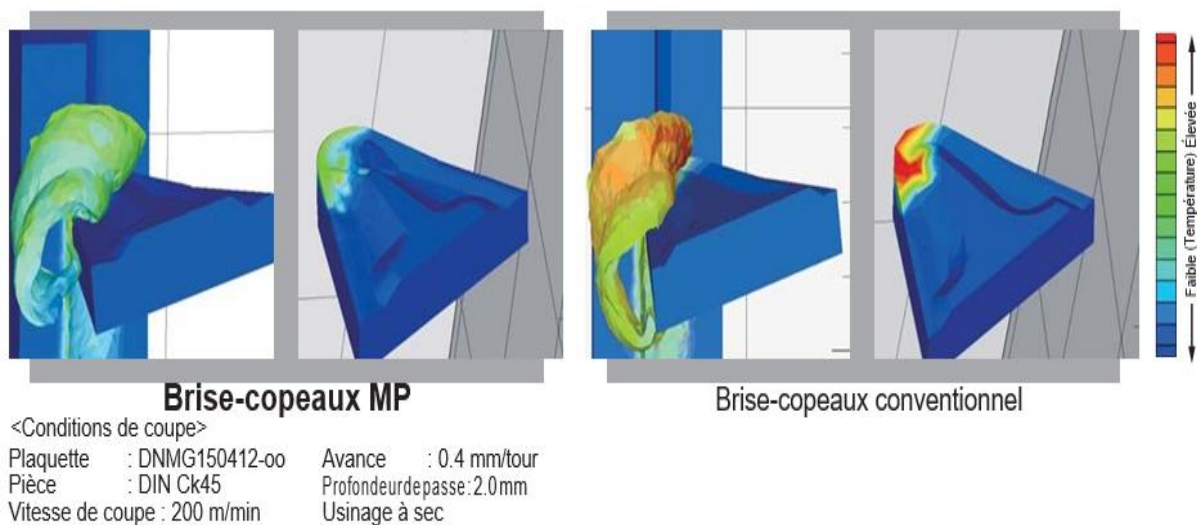


Figure III.4. Comparaison entre la température de l'arrêt de coupe de brise copeau MP et conventionnel

<Conditions de coupe>

Pièce : DIN Ck55 Avance : 0.2-0.5 mm/tour
 Plaquette : DNMG150412-00 Profondeur de passe : 0.4-2.5 mm
 Vitesse de coupe : 230 m/min Avec arrosage

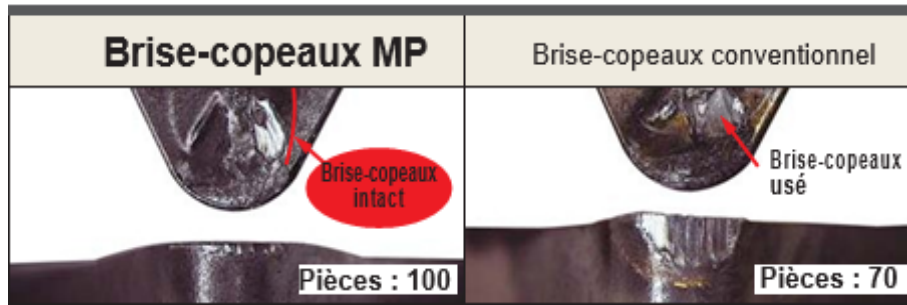


Figure III.5. Comparaison entre l'arrêt de coupe après l'usinage de brise copeau MP et conventionnel

III.6 Groupe SUMITOMO


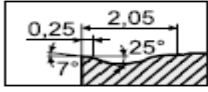

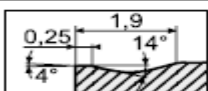

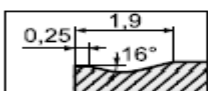

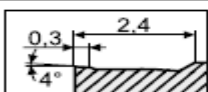

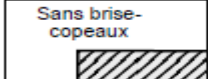


Nuance revêtue pour les fontes AC4010K / AC4015K / AC420K

Pour l'usinage à très grande vitesse de la fonte grise à l'usinage interrompu sévère de la fonte ductile à haute résistance. Nouvelle technologie à haute adhérence, technologie de contrôle de l'orientation des cristaux et des contrôles des contraintes résiduelles pour une durée de vie plus longue et plus stable de la fonte grise et de la fonte grise (GG) à la fonte ductile à haute résistance (GGG).[10]

a. caractéristique des brise-copeaux de AC4010K / AC4015K

Tableau II.2. Caractéristique des brise-copeaux

		Brise-copeaux à faible effort de coupe pour les usinages en conditions instables tels que les petits diamètres ou les pièces longues.
		Brise-copeaux de finition générale offrant tranchant et robustesse.
		Premier brise-copeaux recommandé avec une excellente résistance et polyvalence des arêtes de coupe.
		Brise-copeaux d'ébauche offrant à la fois tranchant et robustesse en coupe à grande avance.
	Sans brise-copeaux 	Convient pour une grande profondeur de coupe et une coupe interrompue avec une excellente résistance de l'arête de coupe.

b. Exemples d'application

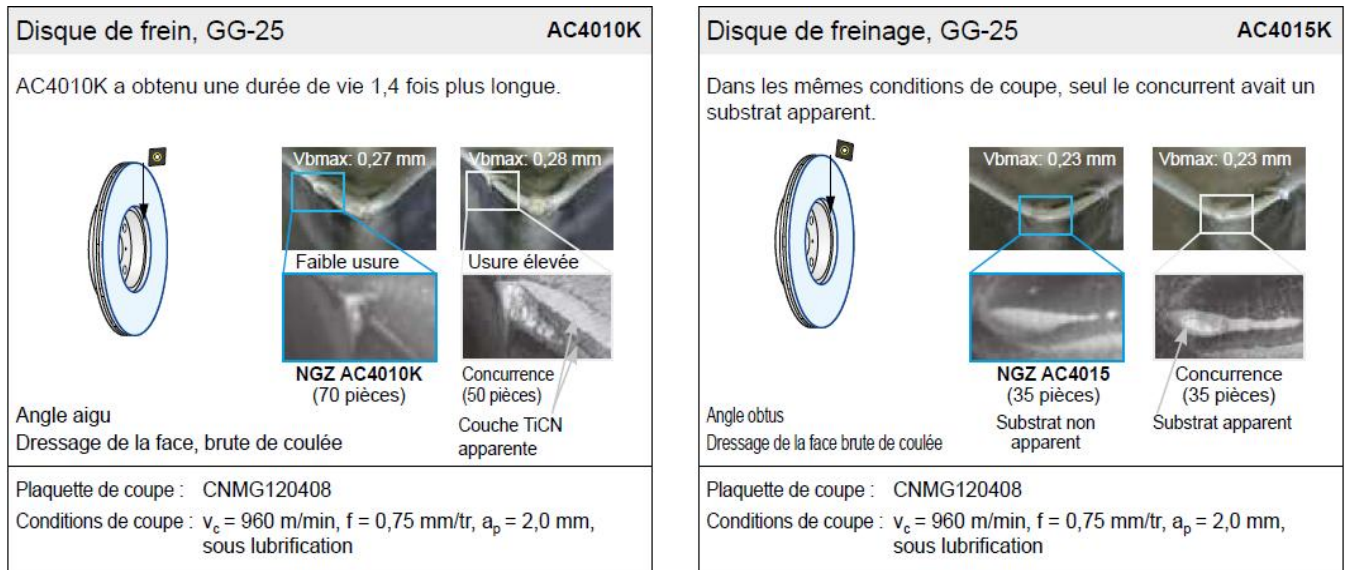


Figure III.6. Exemple du Disque de frein de fonte grise GG-25

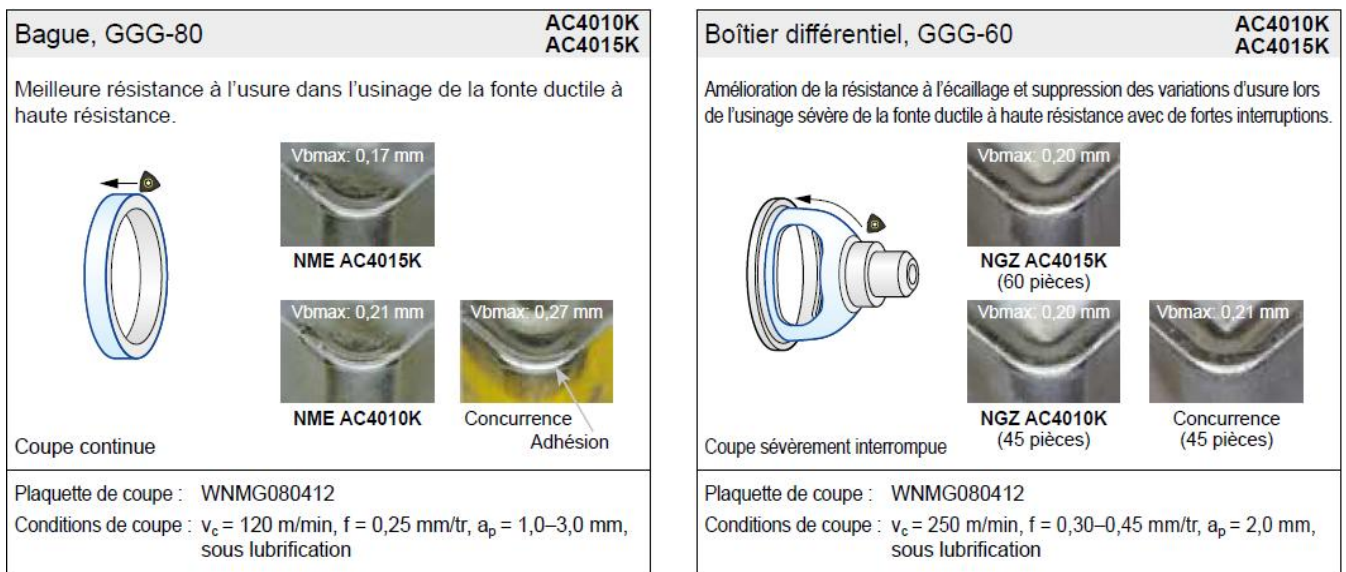


Figure III.7. Exemple d'une bague de fonte ductile GGG-80 et boîtier différentiel de fonte ductile GGG-60

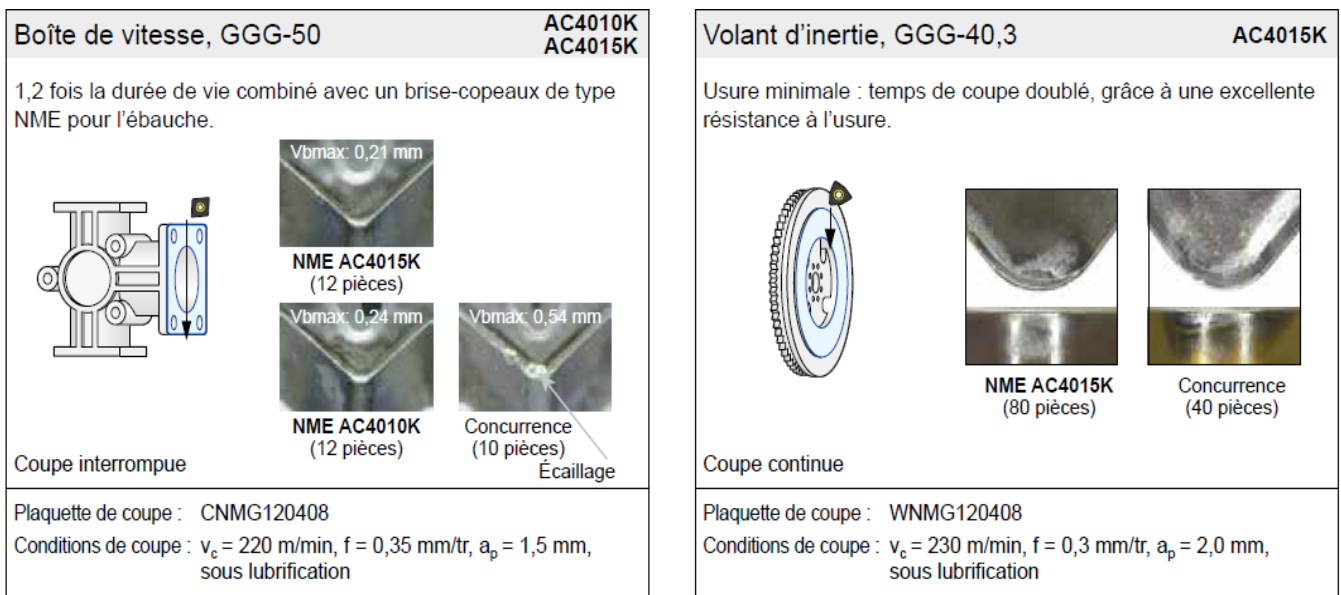


Figure III.8.Exemple de boite de vitesse GGG-50 et volant d'inertie GGG-40,3

III.7 Conclusion

D'après les exemples d'application qu'on a obtenus par différentes entreprises mondiales connus sur le terrain de fabrication mécanique (différents domaines) comme groupes : SUMITOMO, MITSUBISHI, INDEX, TUNGALOY et CERATIZIT. On déduit que chacune d'elle a donné sa propre solution avec ses différentes manières, pour nous offrir le bon et le meilleur choix.

Une petite comparaison entre les entreprises précédentes vu que chacune d'elle travaille sur les mêmes caractéristiques et recommandations communes : la forme géométrique et conditions de coupe, chaque brise copeau inventés par ces entreprisesases propres avantages et points forts par rapport à l'autre lors d'usinage (point d'arrêt de plaquette, température et durée de vie).

Nous, comme des fabricants on choisit le brise copeau le mieux adapté et qui assure une productivité maximale.

Conclusion générale

Dans ce travail nous nous sommes intéressées à l'analyse de différentes méthodes de contrôle des copeaux lors l'usinage, plusieurs techniques ont été développées et appliquées dans différentes groupes de conception et de fabrication mécanique qui nous ont offert les bons choix (les conditions de coupe, les performances des plaquettes et le cout...).

Tous d'abord en premier chapitre on a parlé sur des généralités de la fabrication mécanique, les procédés d'usinage, configuration d'usinage.

Ensuite, on a vu les solutions techniques des brise-copeaux de plusieurs chercheurs en tournage, qui sont la forme géométrique, ajout d'obstacle (point, rainure), les conditions de coupe, ajout de mécanisme externe.

Après on a cité plusieurs exemples d'application de différents groupes industriel, chacun ces derniers à sa propre solution inventé de brise copeaux, ces avantages et performance,

Grace à ces solutions, le prochain monde industriel deviendra plus intelligent et développer, on attendra plus d'inventions à long terme qui va aider la communauté technologique à s'améliorer.

Toutes les solutions assure un bon contrôle de copeaux, qu'est l'un des paramètres les plus importants dans les opérations de tournage et essentiel pour la qualité des pièces.

Les Ouvrages

- [1]: Kim H-G, Sim J-H, Kweon H-J. Évaluation des performances du brise-copeaux utilisant un réseau neuronal. R technologies de processus de matériaux 2009;209:647–56
- [2] : <https://www.sandvik.coromant.com/fr-fr/products/pages/turning-inserts-grades.aspx>
- [3]: Vasumathy D, Meena A, Duraiselvam M. Etude expérimentale sur l'évaluation de l'effet des outils micro texturés dans le tournage de l'acier inoxydable austénitique AISI 316. Procedia Eng 2017;184:50–7.
- [4]: B.Y. Qi, L. Li, Étude expérimentale sur la coupe orthogonale de Ti6Al4V avec un outil de coupe texturé à micro-rainure de surface, Mater. Sci. Forum. 723 (2012) 243–246.
- [5]: Shi C, Yu A, Wu J, Niu W, He Y, Hong X, et al. Étude sur la position du point de rupture des copeaux plaqués au laser sur la face de coupe d'un outil de tournage HSS. Int J Mach Tools Manuf 2017;122:132-48
- [6]: Güllü, A. ; Karabulut, S. ; Güldaş, A. Problèmes de brise-copeaux dans l'usinage du super alliage Inconel 718 et conception du brise-copeaux. J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ. 2008, 23, 157-164.
- utilisant des porte-outils d'angle. Mater Manuf Process 2008;23:852-7
- [7]: Sandvik, Manuel pratique sur la coupe moderne des métaux Sandvik, 1994.
- [8]: Słodki B, Zębala W, Struzikiewicz G. Corrélation entre la sélection des données de coupe et la forme des copeaux dans le tournage de l'acier inoxydable. Mach Sci Technol 2015;19:217-35
- [9]: K. Nakayama, Une étude sur les brise-copeaux, Bulletin de la JSME, 5 (1962) 142-150.

Sites Web :

- [10]: <https://www.sumitomotool.com/fr/produits/details/ngu-brise-copeux>
- [11]: <https://www.index-france.fr/lentreprise/a-propos/le-groupe-index/>
- [12]: <https://www.ceratizit.com/fr/entreprise/actualites-medias/>
- [13]: <https://www.tungaloy.com/fr/products/turline/#insert/>
- [14]: <https://www.mitsubishicarbide.com/EU/fr/product/>

Résumé

La fiabilité du processus de tournage continu est une nécessité importante de la production de masse et des systèmes de fabrication automatique. Les copeaux longs sont les principaux problèmes des opérations de tournage en continu et la rupture des copeaux est difficile pendant l'usinage de l'acier ductile et des superalliages. La formation de copeaux pendant l'usinage a un effet négatif sur la sécurité des travailleurs, qualité des pièces, durée de vie des outils et consommation d'énergie, tout en réduisant les frais d'exploitation efficace. Pour remédier à ces problèmes, la formation continue de copeaux pendant l'usinage doit être contrôlé par le brise-copeaux. Dans le cadre de cette étude, différents modèles de brise copeaux et différentes approches du brise-copeaux ont été évalués. L'étude analyse les problèmes associés aux copeaux continus et compile les connaissances des mécaniciens impliqués et les méthodes développées pour traiter le bris des copeaux.

Mots clés : Brise copeaux, Méthodes de brise copeaux, La forme des copeaux, Appareils de brise copeaux

Abstract

The reliability of continuous turning process is a significant necessity of mass production and automatic manufacturing systems. Long chips are the main problems for the continuous turning operations and chip break is difficult during the machining of ductile steel and super alloys. Chip formation during machining negatively affects worker and tool safety, workpiece quality, tool life, and energy consumption while also reducing operational efficiency. To alleviate such problems, continuous chips formation during machining must be controlled through chip breaking. As part of this study, various chip breaker designs and approaches to chip breaking were evaluated. The study analyzes the problems associated with continuous chips and compiles knowledge of the mechanics involved in, and the methods developed to handle chip breaking. The methods for breaking continuous chips were categorized into five sections. Different methods were contrasted against each other, the pros and cons were presented and the results were given in a comparative table.

Keywords: Chip breaker, Chip breaking methods, Chip mechanism, Chip breaker apparatus