

ETUDE DE L'EFFET DE LA VITESSE DE COUPE SUR L'USURE DES OUTILS DE COUPE EN CARBURE METALLIQUE REVETU ET NON REVETU.

A. BOUZIANE, L. BOULANOVAR, M.W. AZIZI, O. KEBLOUTI

Laboratoire de Recherche des Technologies Avancées en Production Mécanique (LRTAPM)
Département de Génie Mécanique, Faculté des Sciences de l'Ingénierat
Université Badji Mokhtar, BP. 12 Annaba 23000
E-Mail: rahim_bou23@yahoo.fr,
Lakhdar.boulanouar@univ-annaba.org
Kebmec2007@yahoo.fr

RÉSUMÉ

Cette étude expérimentale a pour but de déterminer la tenue à l'usure de deux nuances d'outils de coupe lors de l'usinage de l'acier C30. L'action est mise sur l'influence de la vitesse de coupe sur le comportement à l'usure des outils de coupe carbure métallique revêtus (GC4015) et non revêtus (P35). La méthodologie entreprise pour la réalisation des essais est celle de planification des expériences. Les résultats expérimentaux montrent que pour les vitesses de coupe (120 – 150) m/min et quand le rapport des vitesses est égal à 1,25, les durées de vie des outils chutent de 8% et 17% respectivement pour GC4015 et P35. Pour la plage des vitesses plus élevées (180 – 250) m/min, avec un rapport de vitesse égal à 1,38 les durées de vie des outils GC4015 et P35 chutent respectivement de 40% et 55%. Le traitement des résultats expérimentaux obtenus a permis la détermination des modèles mathématiques qui expriment la relation entre la vitesse de coupe et la tenue des outils GC4015 et P35.

Mots Clés: usinage, usure, tournage, carbure métallique, revêtement.

NOMENCLATURE

Symboles :	Vc Vitesse de coupe [m/min]
a_p profondeur de passe [mm]	Lettres grecques :
f Avance [mm/tr]	α Angle de dépouille [degré]
T Tenue de l'outil [mn]	γ Angle d'attaque [degré]
[VB] Usure en dépouille admissible	λ Angle d'inclinaison d'arête [degré]
VB Usure en dépouille [mm]	χ_r Angle de direction principale

1. INTRODUCTION

L'usinage par enlèvement de matière reste le procédé de fabrication le plus important dans l'industrie mécanique. Cependant, l'influence de l'usure des outils coupants sur la qualité de l'état de surface et la durée de vie de l'outil coupant demeure le problème principal auquel sont confrontés les professionnels de l'usinage. En principe, ce sont les frottements à haute température générés entre l'outil, le copeau et la pièce lors de l'usinage qui provoquent l'usure de l'outil de coupe pouvant aller dans des cas extrêmes jusqu'à la rupture.

Les trois principaux mécanismes responsables de l'usure des outils de coupe sont l'adhésion, l'abrasion et la diffusion [1]. L'usure de l'outil est un phénomène évolutif, qui se développe en coupe. Une usure excessive nuit à la qualité de l'usinage et surtout conduit à un effondrement de l'outil. D'où l'intérêt vital d'une surveillance en ligne (pendant l'usinage) s'impose. En principe, ce sont les frottements entre le couple outil-matière générés lors de l'usinage qui provoquent l'usure de l'outil de coupe [2].

La vitesse de coupe a une grande influence sur l'usure car la température à l'interface pièce-outil augmente avec la vitesse [3].

2. GENERALITES SUR LES MECANISMES D'USURE

L'arête de coupe de l'outil qui constitue l'élément actif effectuant le travail de déformation et de cisaillement est soumis à des sollicitations mécaniques et thermiques très sévères qui provoquent son usure et sa détérioration. Le frottement à l'interface copeau-outil s'effectue à des pressions et des températures élevées, d'où la naissance des effets physico-chimiques aggravant l'usure. Les formes les plus courantes d'usure que l'on peut observer sont représentées sur la (fig.1) [4].

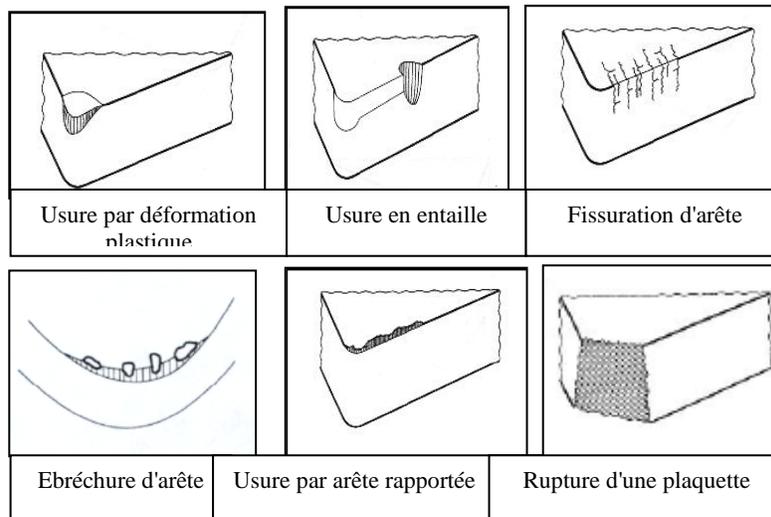


FIGURE 1. Principaux types d'usures.

3. PROCEDURE EXPERIMENTALE

Les expériences d'usure ont été exécutées conformément aux essais d'usure de longue durée, en accord avec la norme internationale ISO 3685 [5.6]. Le but est d'évaluer la durée de vie des outils en carbures revêtu GC4015 et non revêtu P35 à différentes vitesses de coupe ($V_c=120, 150, 180$ et 250 m/mn), avec l'avance et la profondeur de passe prises comme constantes ($f=0.08$ mm/tr, $a_p=0,25$ mm). L'usinage a été effectué sur des éprouvettes cylindriques en acier C30, de 58mm de diamètre et de 500mm de longueur. Sa composition chimique est donnée comme suit : 0,32% C ; 1,62% Mo ; 0,41% V ; 0,37% Mn ; 0,32% Si ; 0,30% Cr ; 0,166% Ni ; 0,08% Cu ; 0,026% AL ; 0,021% Sn ; 0,019% P ; 0,015% S. Un tour de marque TOS TRENCIN, modèle SN40, d'une puissance de 6,6 kW sur la broche a été utilisé pour les opérations d'usinage. Les plaquettes utilisées sont des plaquettes en carbure revêtu et non revêtu, ayant respectivement les désignations suivantes : SNMG 12.04.08 et SNMA12.04.08. La nuance GC4015 est revêtue de trois couches de revêtement ($TiN + Al_2O_3 + TiCN$), ayant une épaisseur totale d'environ 14 micron. La nuance P35 est sans revêtement. Le porte outil est de désignation PSBNR2525K12 avec une géométrie de la partie active matérialisée par les angles suivants: $\chi_r = 75^\circ$; $\alpha = 6^\circ$; $\gamma = -6^\circ$; $\lambda = -6^\circ$.

Le suivi de l'évolution de l'usure des plaquettes testées en fonction du temps et des conditions de travail choisies à été effectué avec un microscope optique modèle [MMN-2] ayant une précision de 5 μ m. Les tenues relatives aux deux matériaux ont été déterminées sur la base d'une usure admissible [VB] = 0,30mm. Dans le but d'observer le comportement global des outils dans des conditions extrêmes, des valeurs d'usure au-delà de cette limite ont été obtenues. Enfin, un microscope optique doté d'une caméra (Motic) a été utilisé pour observer la morphologie de l'usure des plaquettes.

4. RESULTATS ET DISCUSSION

Les figures 2 et 3 illustrent l'évolution de l'usure en dépouille du (GC4015 et P35) en fonction du temps pour différentes vitesses de coupe. L'analyse de ces courbes d'usure montre également que la vitesse de coupe a une influence importante sur l'évolution de l'usure. On remarque que si on augmente la vitesse de coupe l'usure s'accroît d'une façon remarquable. Cet accroissement brusque de l'usure peut réduire considérablement l'étendue de la zone d'usure normale ceci est bien clair sur les figures surtout lors de l'utilisation de la vitesse $V_c=250$ m/min. Par contre pour l'utilisation de la vitesse $V_c=120$ m/min la zone de l'usure normale est plus étendue. L'usure admissible [$VB=0.3$ mm] est illustrée sur les figures par une ligne horizontale parallèle à l'axe des abscisses.

Afin d'expliquer l'aspect de l'évolution de l'usure en dépouille VB en fonction du temps pour les différentes vitesses de coupe testées, les figures 4 et 5 ont été introduites pour exprimer et montrer l'aspect final de la morphologie de l'usure VB . Il ressort de ces figures que l'usure VB se manifeste par une bande striée régulière [5].

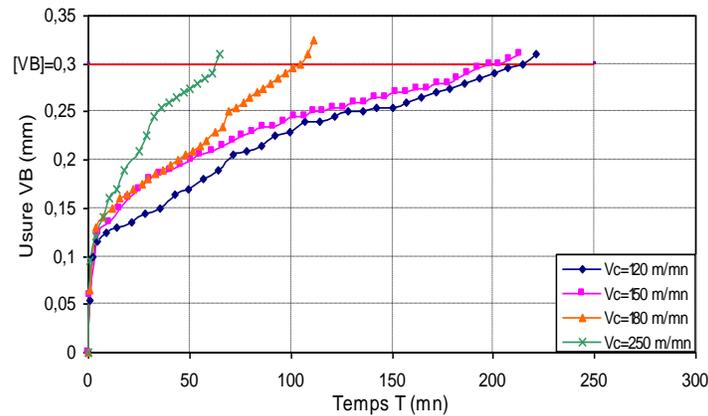


FIGURE 2. Evolution de l'usure en dépouille (VB) du GC4015 en fonction du temps pour différentes vitesses de coupe lors de l'usinage de l'acier C30.

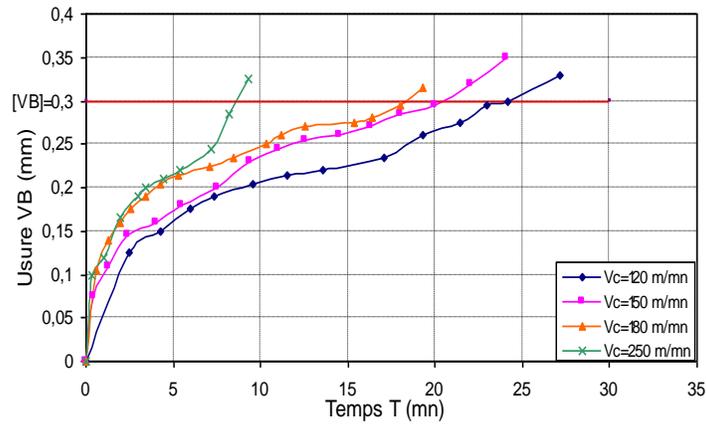


FIGURE 3. Evolution de l'usure en dépouille (VB) du P35 en fonction du temps pour différentes vitesses de coupe lors de l'usinage de l'acier C30.

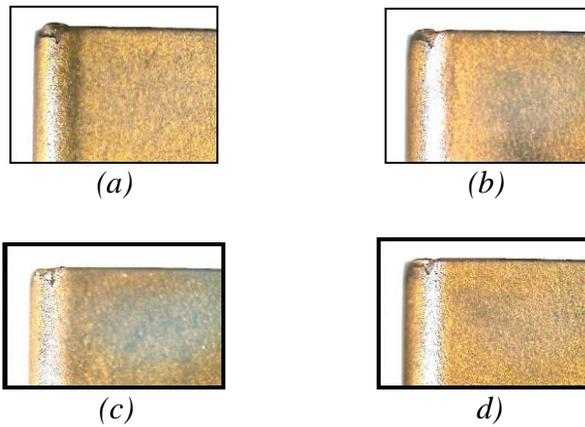


FIGURE 4. Aspect final de l'usure en dépouille principale VB de GC4015: a) $V_c=120\text{m/mn}$, b) $V_c=150\text{m/mn}$, c) $V_c=180\text{m/mn}$, d) $V_c=250\text{m/mn}$,

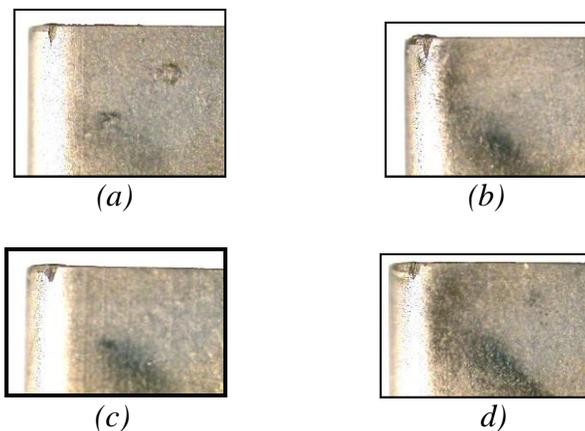


FIGURE 5. Aspect final de l'usure en dépouille principale VB de P35: a) $V_c=120\text{m/mn}$, b) $V_c=150\text{m/mn}$, c) $V_c=180\text{m/mn}$, d) $V_c=250\text{m/mn}$,

5. MODELES DE LA TENUE EN FONCTION DE LA VITESSE DE COUPE

Pour déterminer les constantes du modèle mathématique ayant la forme suivante:

$$Y=C.X^b \quad (1)$$

Nous avons utilisé un programme (Matlab) qui donne directement les valeurs des constantes du modèle ainsi que le coefficient de détermination R^2 . Par conséquent, selon ce même programme on peut déterminer les constantes d_0 et d_1 du modèle mathématique suivant:

$$T = e^{d_0} \cdot V^{d_1} \quad (2)$$

où T est la durée de vie de l'outil

Le traitement des résultats de l'usure émanant des figures 2 et 3 a permis la détermination des modèles de la tenue en fonction de la vitesse de coupe pour $[VB]=0.3$ mm.

Matériau de coupe	Paramètre d'entrée	Paramètre de sortie (T)	
		Modèles mathématiques	Coefficient de corrélation
P35	Vc	$T = e^{38.82} Vc^{-0.12}$	R=0.94
GC4015		$T = e^{361.16} Vc^{-1.23}$	R=0.96

TABLEAU 1. Modèles de la tenue en fonction de la vitesse de coupe.

Les modèles mathématiques déterminés (tableau .1), montrent la relation entre la vitesse de coupe et la durée de vie du GC4015 et de P35. Ils permettent donc de déterminer, pour des conditions de coupe stabilisées la vitesse de coupe à utiliser en fonction des durées de vie souhaitées. Selon ces modèles, la vitesse de coupe a une influence capitale sur la durée de vie des outils. Avec son augmentation la tenue des deux matériaux de coupe diminue. Ces modèles sont très utiles pour l'élaboration des abaques et aussi pour l'optimisation éventuelle du processus de coupe.

6. CONCLUSION

Cette étude comparative a permis d'établir les écarts de performance entre les outils non revêtus et les outils revêtus en termes d'usure, de tenue d'outils et de productivité dans des conditions similaires.

Les résultats des essais d'usure ont montré que, chaque matériau de coupe testé présente différents comportements à l'usure. Ceci est fonction principalement de la composition chimique et de la structure. Par conséquent le meilleur comportement à l'usure est observé avec le carbure revêtu (GC4015) suivi par le carbure non revêtu (P35).

L'usure en dépouille est principalement due à l'abrasion, suite aux frottements entre l'outil et la pièce. Cette usure résulte d'un arrachement en surface de l'outil causé par des particules souvent anguleuses et de grande dureté contenues dans le matériau usiné C30 (précipités en inclusion).

Dans l'intervalle des vitesses de coupe (120 – 150)m/min, les durées de vie des outils (GC4015 et P35) chutent respectivement de 8% et de 17%. Par contre, pour la plage des vitesses de coupe plus élevées (180 – 250) m/min, les durées de vie de ces mêmes outils (GC4015 et P35) chutent respectivement de 40% et de 55%.

Les modèles mathématiques déterminés, montrent que la vitesse de coupe a une influence capitale sur la durée de vie des outils. En effet, avec son augmentation la tenue des deux matériaux de coupe diminue. Ces modèles sont très utiles pour l'élaboration des abaques et aussi pour l'optimisation éventuelle du processus de coupe.

REFERENCES

- [1] R. Serra, W. Rmili, A. Ouahabi , *Suivi de l'usure des outils de coupe en tournage `a sec de la fonte FT25 par analyse vibratoire, 19 éme Congrès Francais de Mécanique, Marseille, 24-28 aout 2009*
- [2] W. Rmili, R. Serra, A. Ouahabi, C. Gontier, *surveillance de l'usure des outils de coupe par analyse vibratoire, Université François-Rabelais, Tours – France 2006.*
- [3] D. Gelin, M. Vincent , *Elément de fabrication, Edition Ellipses 1995.*
- [4] S. Ben Salem, B. Hadj Sassi, A. Moisan, *Evaluation des performances des outils de coupe en UGV par la méthode des plans d'expériences, 16ème Congrès Français de Mécanique, Nice, 1-5 septembre 2003*
- [5] M.A. Yallese, L. Boulanouar, K. Chaoui, *Usinage de l'acier 100Cr6 trempé par un outil en nitrure de bore cubique, Revue Mécanique & Industries, Volume 5, N°4, 2004, pp 355-368.*
- [6] M.A. Yallese, *Etude de comportement a l'usure des matériaux de coupe modernes en tournage dur, Thèse de doctorat d'Etat, Université Badji Mokhtar-Annaba 2005.*