

EVOLUTION DE L'USURE DES OUTILS DE COUPE EN FONCTION DES REVETEMENTS

ACHOUR Ali¹, CHEKOUR L²

¹ Département Génie Mécanique Université de Constantine 1, 5 Rue Des Cousins Hamrouchi Constantine Algérie, achouralimec@yahoo.fr

² Département De Physique Université de Constantine 1, Constantine Algérie, chekourl@umc.edu.dz

RÉSUMÉ

L'optimisation des conditions opératoires par outil coupant doit contribuer largement au développement et à la productivité des techniques avancées d'automatisation de l'usinage, car leur mise en œuvre nécessite une maîtrise suffisante du déroulement du processus et en particulier de l'évolution de l'usure des outils. De plus, les progrès techniques, ont développé l'emploi de matériaux très durs ou réfractaires d'usinabilité difficile, nécessitant des matériaux à outils très résistants.

Mots Clés: *Outil De Coupe, Revêtements Durs, L'usure, Caractérisation De Revêtement.*

NOMENCLATURE

Symboles :

Ra	Rugosité arithmétique, μm	W	Tungstène
Vc	Vitesse de coupe, m/mn	Co	Cobalt
ap	profondeur de passe, mm	Vb	Usure en dépouille, mm
Tin	Nitruire de titane	C	Carbone
Cr	Chrome	Mo	Molybdène
		a	Profondeur de passe

1. INTRODUCTION

Le succès de la lutte contre l'usure d'un outil de coupe, dépend de la compréhension des phénomènes générant cette usure. Ainsi, les progrès dans le domaine des matériaux font apparaître des outils coupants de nature nouvelle, susceptibles d'améliorer la productivité des techniques d'usinage. Leur mise en œuvre nécessite des expérimentations spécifiques, pour évaluer leurs conditions d'emploi optimales. Toutefois, les résultats que l'on pourrait attendre, sont altérés par un certain nombre de facteurs, à savoir, le revêtement, les caractéristiques physiques ou chimiques, les imperfections, etc.

2. CONDUITE DE L'ESSAI

Les essais ont été réalisés au département outillage de l'EN.PMA à El Khroub. Le but recherché consiste à analyser la capacité de coupe des différents matériaux coupants, afin d'augmenter et de satisfaire le caractère complexe et aléatoire du processus de coupe, les essais ont été réalisés avec les spécifications relatives à la pièce à usiner, à l'outil, aux conditions de coupe, à l'usure de l'outil, à l'équipement, au mode opératoire des essais et aux méthodes d'enregistrement et de mesure.

3. CONDUITE DE L'ESSAI

Tour universel : SN40C, ayant une puissance de 6,6 Kw avec variateur de vitesse mécanique. L'usure frontale a été suivie et mesurée approximativement après chaque expérimentation, à l'aide d'un microscope optique d'atelier HAUSSER, équipé d'une table croisée et d'un plateau circulaire, avec une précision de 0.01.

L'usure en cratère a été visualisée à l'aide d'un dispositif équipé d'un comparateur à cadran et d'une pointe, avec une précision de 0,001 mm.

Le palpeur optique à rayon laser, a été utilisé pour l'obtention des topographies des surfaces usées sur trois axes.

Les observations topographiques, l'analyse qualitative et quantitative avec l'identification de divers éléments déposés sur les faciès d'usure ont été observé sur MEB (microscope électronique à balayage).

Les plaquettes utilisées pour les essais sont des plaquettes carbure type P25, et plaquettes carbure de grade P25 revêtues soit TiN soit TiC – de forme triangulaire équilatérale. On a utilisé des rondins de nuance 42CrMo4V HB=257Kg/mm².

4. RESULTATS EXPERIMENTAUX

Les différentes analyses mettent en relief les déformations plastiques et les phénomènes interfaciaux au sein du matériau, et obéissent aux lois déjà connues dans la littérature. L'usure est la conséquence de sollicitations très importantes, que l'outil encaisse à l'interface. Ces dernières sont de nature mécanique et nécessitent une aptitude de dureté et de ténacité éminentes et des propriétés thermiques qui auront tendance à dégrader la cohésion du matériau par des réactions de diffusion, de dissociation ou de transfert.

En effet, l'allure des courbes 4 et 5 montrent la variation de l'usure en dépouille et en cratère en fonction des paramètres de coupe. Les courbes expérimentales présentent des allures quasi-linéaires. En effet, l'allure des courbes résultant de l'évolution de l'usure, montre que la mise hors service définitive de l'arête est atteinte généralement, après deux étapes d'évolution et lorsque l'usure atteint 0.2 à 0.5mm. Au delà de cette valeur, le comportement de l'outil devient aléatoire [4, 6].

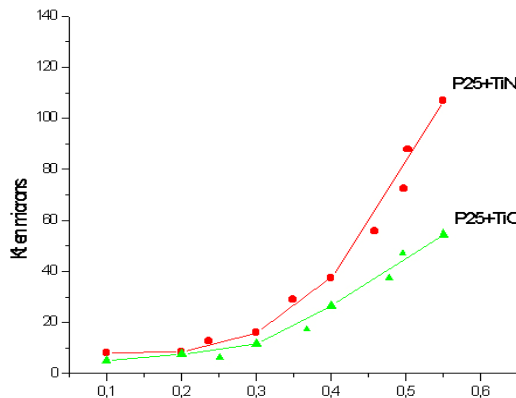


FIGURE 1. Evolution de l'usure Kt en fonction de l'avance

V = 450m/mn; p=1mm; t=40mn sur 42CrMo4v

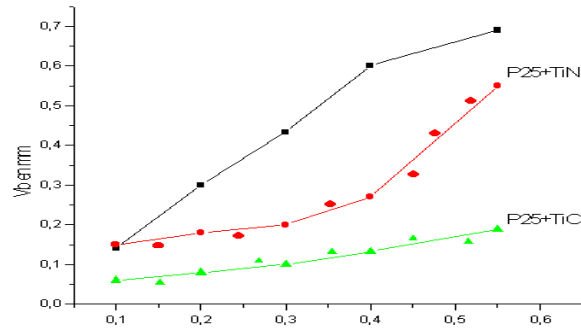


FIGURE 2. Evolution de l'usure Vb en fonction de l'avance
 $V=450\text{m/mn}$; $a=0.4\text{mm/tr}$; $p=1\text{mm}$; $t=40\text{mn}$;
 Sur 42Cr Mo4V

5. ANALYSES

5.1. ETAT DE SURFACE

Des analyses de surface ont été effectuées à l'aide d'un rugosimètre optique à rayon laser. Les figures 3 et 4 montrent que La rugosité des outils est schématisée par des aspérités triangulaires dont les creux définissent un volume appelé volume d'Abbott (figure 4). Ces creux vides au départ, se remplissent de débris et selon le taux d'usure peuvent déborder. Ainsi, l'outil s'use autant à l'avant qu'à l'arrière et chaque sillon recueille ainsi la même quantité de débris par unité de distance parcourue le long du contact fait de débris [2]

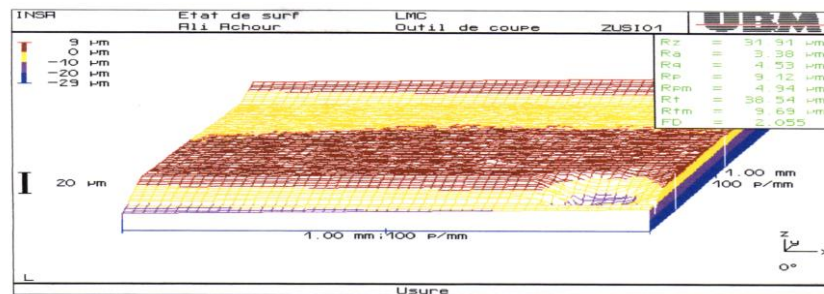


FIGURE 3. Déformation plastique et physico-chimique en 3D
 Revêtement TiN.

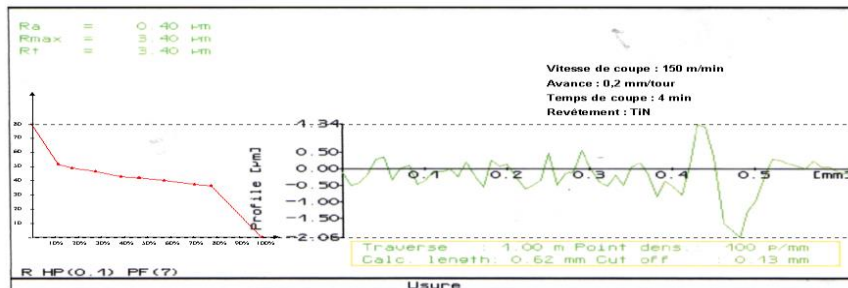


FIGURE 4. Tracé des courbes de rugosité et des courbes d'Abbot
 Et Firestone correspondantes.

Les relevés sur profilomètre optique (figure 3et4) mettent en exergue la morphologie de l'état de surface à trois dimensions, de l'arête tranchante. On distingue une topographie très labourée, représentée par quatre

stratifications étagées de couleurs distinctes, le rouge, le jaune, le violet et le bleu, avec une précision dimensionnelle. A travers cette topographie, on distingue aisément les progressions de l'usure des outils de coupe, les imperfections à travers les différents revêtements, les déformations plastiques et physico-chimiques que l'outil subit au cours de l'usinage. La nature et la rugosité des matériaux en contact produisent des particules d'usure dont une partie, sous l'action des écoulements et des pressions dans le contact, adhère à l'outil pour former le film de transfert ou troisième corps (figure 6). Ce film intervient comme condition aux limites et contrôle totalement l'écoulement du troisième corps au cours de l'usinage [1, 2].

5.2. IMAGES ELECTRONIQUE

Les micrographies obtenues par MEB, de la face usée des pastilles, illustrent l'influence des paramètres de coupe sur la plaquette. En effet, l'état du bec de l'outil et les défauts d'état de surface résultant des imperfections de la coupe, donnent des ébréchures d'arêtes, un écaillage du revêtement, une usure en cratère et une rugosité de la surface découpée, différente de la rugosité théorique (figure 5). Les matériaux en vis-à-vis, possèdent des duretés très différentes. Les risques de dégradation par labourage, abrasion et transfert conduisent à augmenter la rugosité du couple en contact (figure 6). Lorsque le copeau glisse sur la face de dégagement de l'outil, il y a un frottement intense. Comme tous les frottements, celui-ci crée des élévations de température micro-localisées, des fusions et micro-soudures, ceci peut aboutir au collage d'une certaine quantité du matériau sur l'outil, juste au dessus de la coupe avec formation d'un troisième corps (figure 6). C'est ce qu'on appelle la fausse arête qui en croissant, va complètement changer les caractéristiques de l'usinage, la côte de la pièce finie et l'état de surface. Lorsque cette fausse arête aura trop grandi, elle sera soumise à des efforts tels qu'elle sera arrachée d'un bloc et otée de l'outil (figure 6), on reviendra alors, aux caractéristiques de coupe précédentes. Ce rythme entre la formation d'une fausse arête et son élimination, provoque des irrégularités de surfaces, semblables à des vagues (figure 6). Aussi, le déplacement relatif entre ces surfaces rugueuses ne peut s'obtenir que par fissuration de l'interface ou fissuration des substrats. A cause de l'adhérence, une partie du déplacement peut être accommodée par la déformation plastique des couches superficielles, qui s'écaillent et qui peuvent être le siège de modification structurale [4, 7].

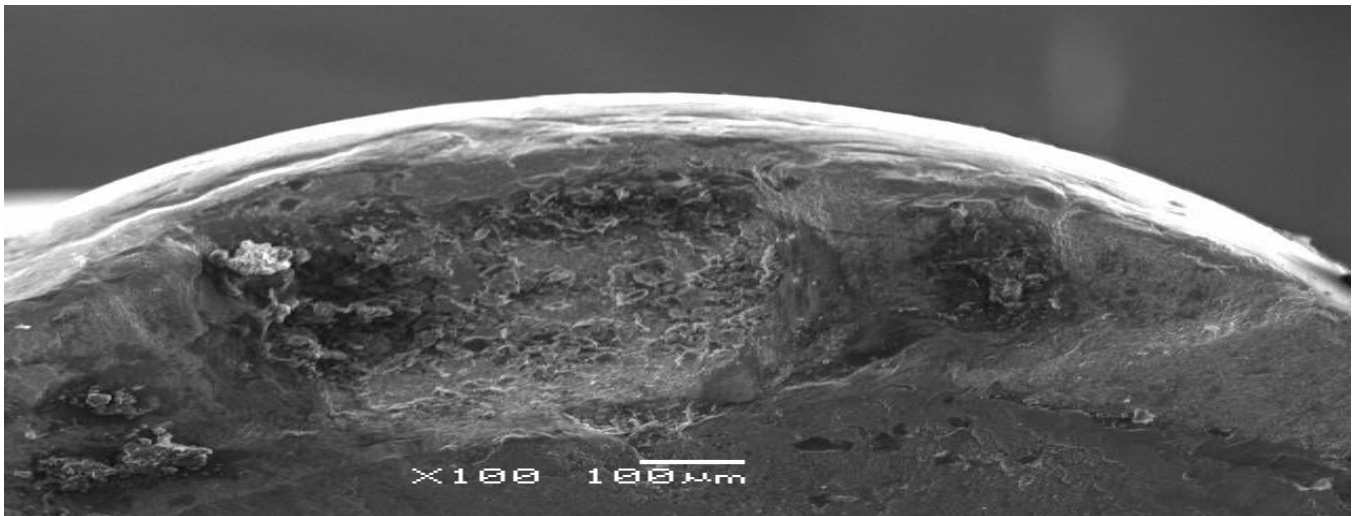


FIGURE 5. Morphologie de la topographie sur MEB de l'usure de l'outil TiN sur 42CrMo4V
 $V=450\text{m/mn}$, $a=0.4\text{mm/tr}$, $p=1\text{mm}$, $t=40\text{mn}$
 Usure par abrasion et effritement, Usure par fissuration et écaillage

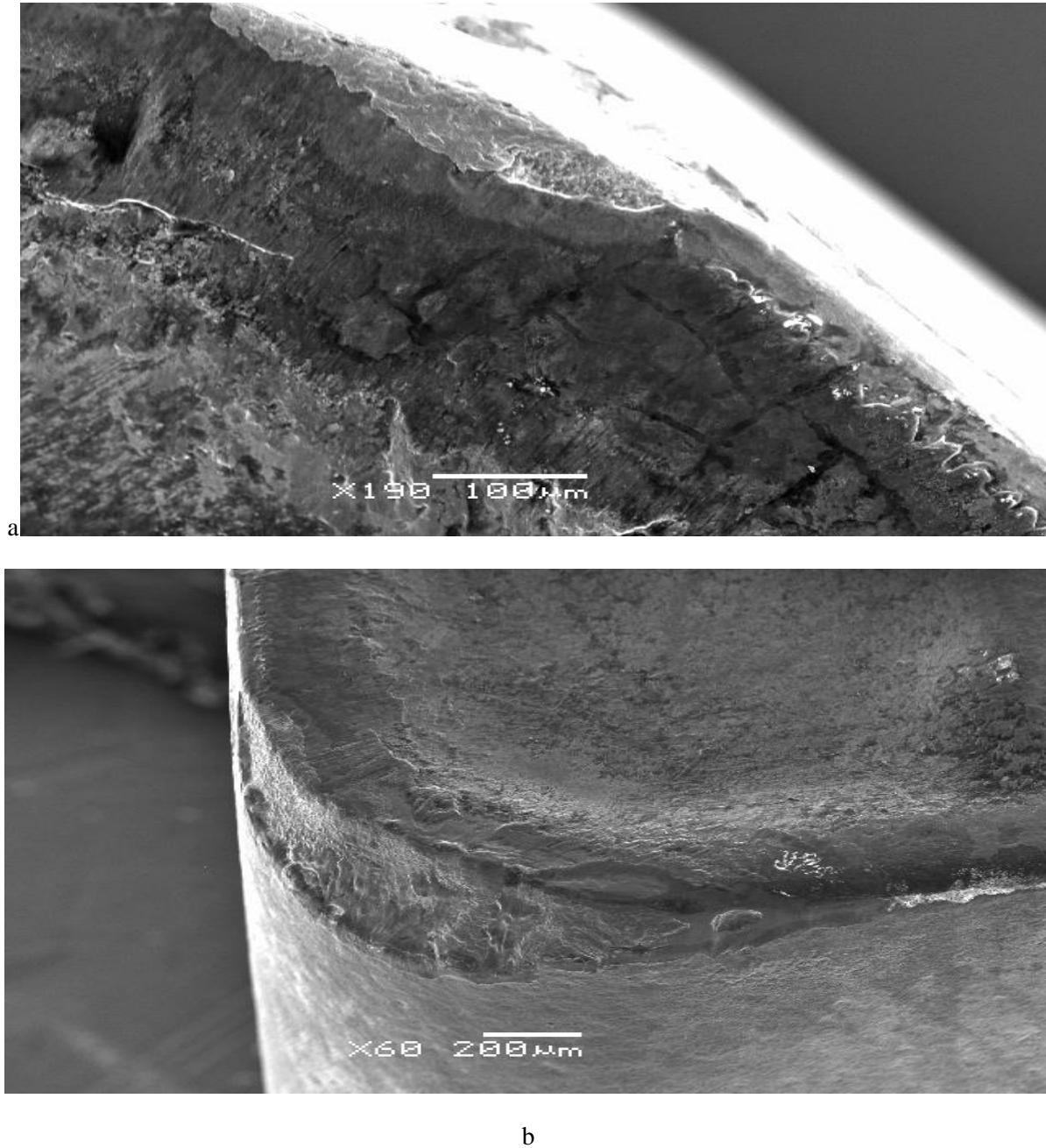


FIGURE 6. Morphologie de la topographie sur MEB de l'usure de l'outil
TiN sur 42CrMo4V ; $V=450\text{m/mn}$, $a=0.4\text{mm/tr}$, $p=1\text{mm}$, $t=40\text{mn}$
a/ Usure en cratère avec formation d'une couche blanche
b/ Usure par ébréchure d'arête en sillon

6. DISCUSSION ET CONCLUSIONS

L'analyse des résultats présentés précédemment est difficile, car les contradictions apparentes sont nombreuses et les données ou lignes directrices de réflexions insuffisantes pour tenter de les concilier. L'obstacle principal provient du fait que chaque essai analysé, se fait avec une optique le plus souvent mono-disciplinaire, ce qui laisse dans l'ombre les éléments d'appréciation propres aux autres domaines. Le premier enseignement est donc,

que toute recherche est pluridisciplinaire. Elle exige la contribution d'un mécanicien, d'un physicien des volumes et des surfaces, et d'un chimiste.

L'analyse de chacune des principales formes d'usure des surfaces devrait permettre d'une part, de rendre un diagnostic sûr, concernant l'origine des détériorations examinées sur les surfaces détériorées et, d'autre part, de proposer un ou plusieurs remèdes destinés à lutter contre une usure ultérieure.

La morphologie des usures obtenues, nous laisse présager qu'un accommodement est à faire entre les résistances de tous les types d'usures et de surcroît le revêtement avec ses critères physico-chimique.

De plus, un aspect morphologique spécifique de la détérioration, même non masqué par des phénomènes secondaires, n'informe pas toujours, sur le type d'usure impliqué. Ainsi, la présence de petites cavités sur une surface peut être due à un processus de fatigue, ou de corrosion de contact, ou d'érosion par cavitation [2, 3].

Nous avons également constaté à travers nos multiples expérimentations que la nature et l'évolution de l'usure des outils de coupe dépendent de nombreux facteurs (vitesse de coupe, géométrie du copeau, nature et géométrie de l'outil, matériaux usinés ...); De ce fait, il est très difficile d'établir un critère d'usure, d'emploi très général, pour la détermination du temps effectif de coupe des outils [1, 4].

Cependant, la comparaison des résultats obtenus avec les mêmes matériaux, conduit à des conclusions variées quant à la possibilité d'évolution rapide des paramètres de la loi d'usure des outils; la validité de ces procédures dépend en effet du type de matériau et de la possibilité d'établir un modèle à la fois simple d'expression et suffisamment représentatif, pour décrire l'évolution du processus d'usure.

Les recherches entreprises ces dernières années sur les revêtements pour outils de coupe, ont montré que les revêtements TiC et TiN sont généralement les plus efficaces malgré que, dans certaines circonstances particulières, ces alliages sont extrêmement réactifs (réaction chimique) et dans ce cas on leur préfère un revêtement en Al_2O_3 .

Par ailleurs, des recherches sur l'endurance des outils de coupe, ont montré que ces revêtements contribuent à une meilleure tenue des outils. Les vitesses de coupe permises peuvent aller de 15m/mn pour l'ébauche des super-alliages à base de Nickel, jusqu'à 180 m/mn pour le Titane [5].

Enfin, il faudrait souligner par contre que ces revêtements ne sont pas des revêtements miracles, qui excellent à la fois en terme de coefficient de friction, de dureté, de température maximale permise et de stabilité chimique. Il faudrait donc accepter un compromis en ce qui concerne les performances recherchées [6 et 7].

REFERENCES

- [1] Y. BOUTIN, *Les matériaux de coupe utilisés pour l'usinage à grande vitesse*, 2001.
- [2] P. GUIRALDENQ, *Diffusion dans les métaux*, Ecole centrale de Lyon M55, 2003.
- [3] A. COLLAINE, M. SARROCA, *Performance des outils de coupe en usinage à grande vitesse*, 2001.
- [4] F. LEROY, *Endommagement des outils de coupe*, B. 7042 – 2004.
- [5] G. COVAREL, P. LOUIS, *Etude expérimentale et théorique des relations entre structure et propriétés mécaniques de matériaux TiC et TiN utilisés comme revêtement d'outil, soumis aux conditions extrêmes des processus d'usinage*, 2001.
- [6] M. GODET, *Extrapolation in tribology, wear*, Vol. 77, pp. 29 – 44, 1982.
- [7] B.ROUMESY, C.BEDRIN, *Correlation between evolution of tool wear during machinability fast test, annals of C.I.R.P.*, Vol. 28, N° 1979, pp. 1-5
- [8] F. LE MAITRE, PH. COCHET, *Mécanisme d'usure et de rupture des outils carbure*, 25^{ème} Assemblée générale du C.I.R.P, Freudenstadt, 27 août 1975.
- [9] P. KAPSA et M. CARTIER, *Usure des contacts mécaniques manifestation de l'usure*, *Technique de l'ingénieur*, BM 5067, 2004.