

1. L'usure des outils

L'usure est une caractéristique utilisée souvent pour décrire l'état d'un système mécanique. Elle est une conséquence due au frottement entre deux pièces en mouvement l'une par rapport à l'autre. Concrètement, l'usure Figure 1, avec ses 35 deux composantes, l'adhésion et l'abrasion. Ce phénomène peut entraîner des modifications dimensionnelles, géométriques et structurelles par une augmentation des jeux fonctionnels.

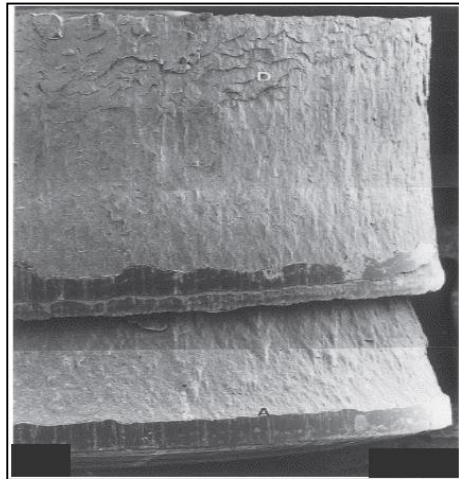


Figure 1 : Usure des outils

Si l'on fait un inventaire des configurations de coupe que l'on rencontre dans un atelier d'usinage, on observe une très grande diversité des vitesses de coupe (entre 10 et plusieurs milliers de m/min), de la géométrie des copeaux et de leurs conditions d'évacuation, de la rigidité du contact pièce usinée/outil, de la nature et de la géométrie des outils. Dans une telle variété de configurations de coupe, il n'est pas surprenant d'observer une grande variété de

faciès de dégradation. Ces mécanismes d'endommagement sont maintenant bien connus, notamment :

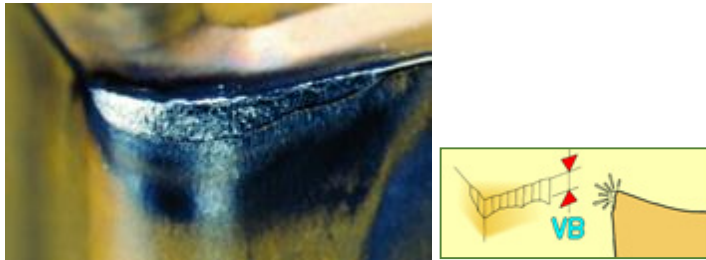
- **l'usure abrasive** : provoquée par la présence d'un troisième corps contenant des particules de haute dureté dans le contact copeau/outil ;
- **l'usure adhésive** : liée au frottement copeau/outil, et qui va prendre de plus en plus d'importance lorsque la vitesse de coupe croît, notamment dans le cas de certains matériaux comme les aciers inoxydables et les alliages à base de nickel ou de cobalt, ainsi que les alliages de titane ;
- **l'usure par diffusion** : que l'on retrouve aux vitesses de coupe élevées, conséquence d'une diffusion du matériau usiné vers l'outil et donc d'une fragilisation de ce dernier (par exemple : usinage de matériaux à base de fer avec des outils en carbures à liant au cobalt) ;
- **l'usure par fatigue mécanique** : qui est liée à l'apparition de phénomènes vibratoires de natures diverses : élimination partielle d'arête rapportée sur l'outil, apparition d'instabilités dans la formation du copeau en passant du copeau continu au copeau segmenté ;
- **l'usure par fatigue thermique** : dans le cas d'outils de très faible conductivité thermique (notamment les céramiques) avec de très grandes vitesses de coupe (UGV par exemple).

2. Usure des arêtes de coupe

Pour comprendre les avantages et les limites de chaque matière, il est important de connaître les différents mécanismes d'usure qui agissent sur les outils.

a) Usure en dépouille

C'est le type le plus courant d'usure et c'est aussi l'usure la plus souhaitable étant donné qu'elle est plus prévisible et stable. Elle est due à l'abrasion exercée par les constituants durs de la matière de la pièce.



Usure par abrasion

b) Usure en cratère

L'usure en cratère apparaît sur la face de coupe de la plaquette. Elle est provoquée par la réaction chimique entre la matière de la pièce et le matériau de coupe. La vitesse de coupe l'amplifie. Une usure en cratère excessive affaiblit l'arête de coupe qui peut se rompre.



Usure chimique

c) Arête rapportée

Ce type d'usure est provoqué par le soudage sous pression du copeau sur la plaquette. C'est le type d'usure le plus courant avec les matières collantes telles que les aciers bas carbone, les aciers inoxydables et l'aluminium. Une faible vitesse de coupe accélère la formation d'une arête rapportée.



Usure par adhérence

d) Usure en entaille

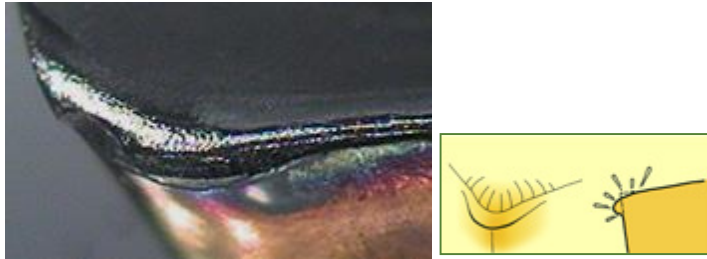
Ce type d'usure se caractérise par une entaille localisée tant sur la face de coupe que sur la face de dépouille, au niveau de la profondeur de coupe. Il est provoqué par l'adhérence (soudage par pression du copeau) et la déformation. Il est courant dans l'usinage des aciers inoxydables et superalliages réfractaires.



Usure par adhérence

e) Déformation plastique

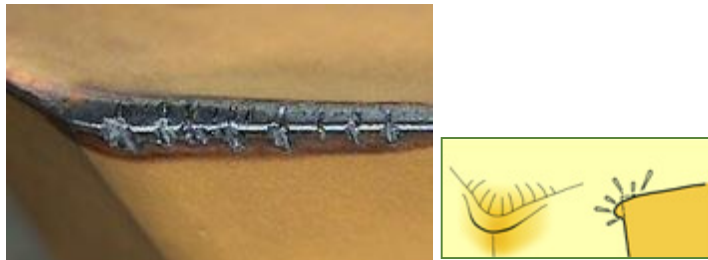
La déformation plastique survient lorsque le matériau de coupe est ramolli par une température trop élevée. De manière générale, plus une nuance est dure et plus le revêtement est épais, meilleure est la résistance à la déformation plastique.



Usure thermique

f) Usure en peigne

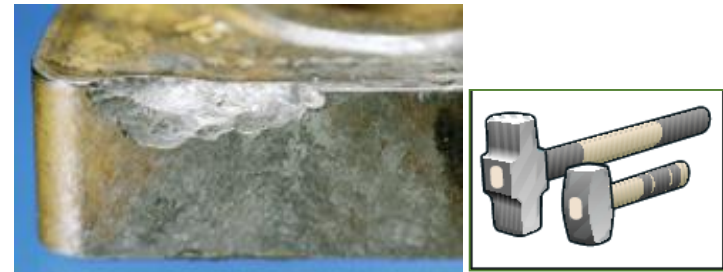
Lorsque l'arête de coupe subit des refroidissements brusques, des fissures perpendiculaires à l'arête apparaissent. Ce type de fissure est fréquent en cas de coupes interrompues, ce qui est courant en fraisage. L'utilisation de l'arrosage aggrave ce phénomène.



Usure thermique

g) Ecaillage ou rupture de l'arête

L'écaillage ou la rupture de l'arête survient en cas de surcharge des contraintes de traction mécanique. Celles-ci sont dues à différentes causes telles que le martèlement des copeaux, une profondeur de coupe ou une avance excessive, des inclusions de sable dans la matière de la pièce, des arêtes rapportées, des vibrations ou une usure excessive de la plaquette.



Usure mécanique

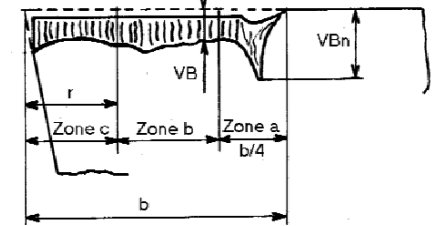
Manifestation de l'usure

Nom	Allure	Effets	Cause	Remède
Usure en dépouille V_B		L'usure en dépouille est la plus importante. Elle influence directement la cote fabriquée, et l'état de surface.	V_c trop important.	Réduire V_c ou changer de nuance de plaquette. Revêtement Al_2O_3 (Pour les matériaux réfractaires avec des plaquettes céramiques, il faut au contraire augmenter V_c)
Usure en cratère		Elle entraîne une fragilité de l'arête. Lorsque l'usure a progressé jusqu'à l'arête secondaire, l'état de surface devient médiocre.	Usure par diffusion due à une température trop importante sur la face de coupe.	Choisir une plaquette avec un γ positif. Prendre une plaquette revêtue. Réduire V_c puis V_f .
Déformation plastique (fluage)		L'arête de coupe s'est déformée entraînant une dépression de l'arête et un renflement sur la face de dépouille.	Efforts de coupe trop importants. Température de coupe trop importante	Lubrifier. Réduire V_f Réduire V_c
Ecaillage		Petite fracture entraînant un état de surface médiocre et une usure en dépouille excessive.	Nuance trop fragile Géométrie trop fragile Arête rapportée	Prendre une nuance tenace. Augmenter β et le chanfrein de bec. Réduire l'avance au début de la coupe.
Usure en peigne		Des fissures perpendiculaires à l'arête entraînent son effritement.	Elle est due à des fluctuations thermiques lors de l'usinage : Arrosage intermittent Usinage intermittent.	Sélectionner une nuance tenace offrant une bonne résistance aux chocs thermiques. Pratiquer un arrosage abondant ou usiner à sec.
Arête rapportée		Un copeau se dépose sur la plaquette, entraînant un état de surface médiocre.	V_c trop faible Géométrie mal adaptée au matériau	Augmenter V_c . Revoir les catalogues (cas de l'inox, de certains aluminium)
Rupture		Risque d'endommager la pièce, le porte outil.	Nuance trop fragile. Charge excessive sur la plaquette. Choc lors de l'usinage (plan de joint).	Prendre une nuance tenace. Réduire V_f et a . Dans ce cas : augmenter la profondeur de passe pour absorber le choc.

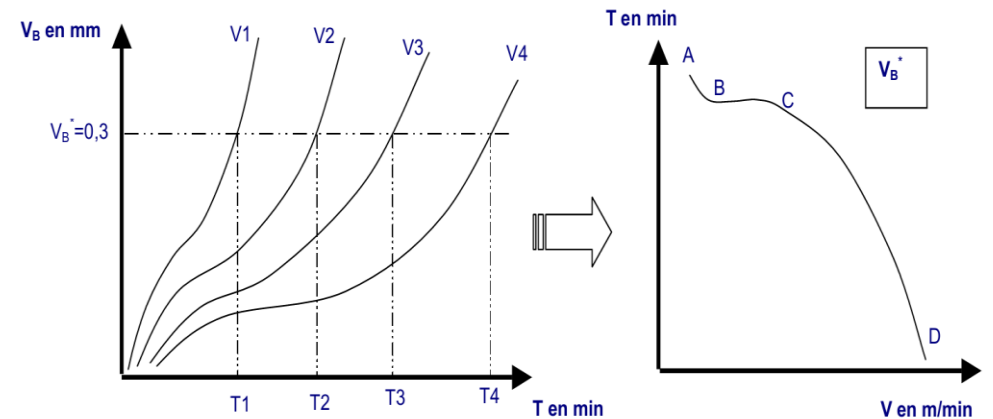
3. Durée de vie

La durée de vie est mesurée sur l'usure en dépouille : dans la zone b
: VB en mm.

On adopte comme critère d'usure $VB^* = 0.3$.



- *Modèle de Taylor (1907)*



AB - Forte usure : stabilisation

BC - Usure constante

CD - Usure accélérée

En gardant uniquement la partie CD sur une feuille log

$$T = C_v V^n$$

Avec C_v et n constant.

La durée de vie est donnée pour une usure $VB^* = 0.3$ mm

Remarque : «n» négatif.

