



SEPTEMBRE 2015

<< USINABILITE ET COUPLE OUTIL MATIERE >>

Bonjour à chacune et chacun d'entre vous,

Pour cette rentrée studieuse, le collectif **METALLO CORNER**, qui a toujours le souci de rapprocher d'avantage le monde de la mécanique et de la métallurgie, se propose d'aborder le sujet de l'usinabilité, sujet au combien important qui concerne de nombreux sites de production mais également les bureaux des méthodes et les services qualité.

I. COMMENT DEFINIR L'USINABILITE D'UN COUPLE OUTIL MATIERE ?

Si l'on se réfère à la définition fournie par un carburier (Sandvic, pour ne pas le citer), l'usinabilité, dans son sens le plus large, désigne : « la possibilité d'usiner une matière, l'usure qu'elle occasionne sur les arêtes de coupe et la formation des copeaux qui la caractérise. Le concept de « bonne usinabilité » renvoie généralement à une action de coupe sans problème avec une durée de vie d'outil correcte. »

On peut assez facilement juger d'une durée de vie de l'outil ; mais que signifie le terme « une action de coupe sans problème » pour les « Méca-lurgistes » que nous sommes ?

Pour nous, c'est avant tout une opération qui :

- permet l'obtention d'un état de surface en phase avec les spécifications clients,
- forme des copeaux qui s'évacuent facilement,
- permet d'être en phase avec les côtes définies au plan,
- n'engendre pas de transformation métallurgique parasite souvent associée à un échauffement de la matière qui peut engendrer un durcissement ou un adoucissement de la matrice en fonction de la matière usinée,
- induit un état de contrainte minime ou de préférence en compression, ...

Pour cela, il est important d'entreprendre une démarche globale orientée sur :

- a) La métallurgie du matériau à usiner et ces caractéristiques mécaniques,
- b) La composition chimique des outils (métalliques, carbures voir carbures métalliques) à laquelle on associera les traitements thermiques de durcissement et les traitements de surface pour des raisons tribologiques,
- c) La géométrie de l'outil et plus particulièrement l'angle de l'arête de coupe et de la dépouille.

On appréhende assez rapidement l'approche multidisciplinaire de l'usinabilité, valable aussi bien pour les opérations de tournage, de perçage, de taillage, de fraisage, de décolletage...

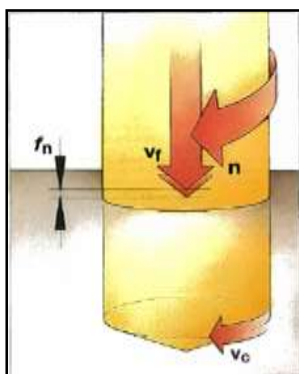


SEPTEMBRE 2015

- **L'approche métallurgique** avec la composition chimique de la matière, la structure métallurgique et la répartition de phases, la nature et la distribution des inclusions et des carbures,
- **L'approche mécanique** avec la résistance mécanique / la dureté, l'allongement voir le taux d'écrouissage de la pièce à usiner fortement dépendant de la structure métallurgique,
- **L'approche tribologique** avec l'échauffement de la matière lié au frottement avec l'outil, l'usure abrasive et adhésive et la lubrification,
- **L'approche thermique** avec l'évacuation de la chaleur engendrée par la coupe.

II. COMMENT QUANTIFIER L'USINABILITE ?

Pour pouvoir quantifier cette notion, nous rappellerons pour les non-initiés, les paramètres de base associés à l'usinage (Cf. Figure 1) : les vitesses de coupe (V_c) et d'avance (V_f) ainsi que la profondeur de coupe (a), l'avance par tour (f_n) et l'énergie spécifique de coupe (W_c).



$$V_c = \frac{\pi \times \varnothing \times n}{1000} \quad V_f = n \times f_n$$

Figure 1 : Paramètres de coupe.

V_c : **Vitesse de coupe** (m/mn)

n : Vitesse de rotation (tr/mn)

$\varnothing$: diamètre outil (mm)

V_f : **Vitesse d'avance** (mm/mn)

f_n : avance par tour (mm/tr)

En cours d'opération, le volume de matière enlevé dépend de l'engagement de l'outil dans la pièce. Cet engagement, appelé **profondeur de coupe** (a), s'exprime en millimètres (mm ou en mm/tour).

Cette démarche nécessite dans un premier temps de déterminer la vitesse de coupe (V_c) et l'avance par tour (f_n) optimales, en fonction de la puissance de coupe (= puissance travail - puissance à vide) absorbée et du débit copeau.



SEPTEMBRE 2015

L'énergie spécifique de coupe (W_c) est fonction de la puissance délivrée par la machine et du débit copeau Q (en cm^3/mn) : $W_c = P/Q$. Cette valeur est exprimée en $\text{W}/\text{cm}^3/\text{min}$.

Avec :

- Q : **volume de copeau** déterminé à partir de la formule : $Q = V_c \cdot a \cdot f_n$.
- P : **puissance absorbée** consommée par la broche du moyen d'usinage (puissance travail - puissance à vide), qui sera ensuite convertie en une pression de coupe.

L'évaluation de l'usinabilité d'une matière donnée est obtenue à partir d'essais tels que la méthode du couple outil-matière (C.O.M.). Décrite par la norme AFNOR NF E 66-520, cet outil de diagnostic et de validation sert à déterminer la zone de fonctionnement optimale ($V_{c\min}$ – $V_{c\max}$) d'un outil de coupe pour un matériau donné. L'objectif étant de tracer plusieurs diagrammes C.O.M (dont un exemple est fourni avec la figure 2 pour la vitesse de coupe) qui dépendent de la matière à usiner, de l'opération réalisée et de l'outil utilisé.

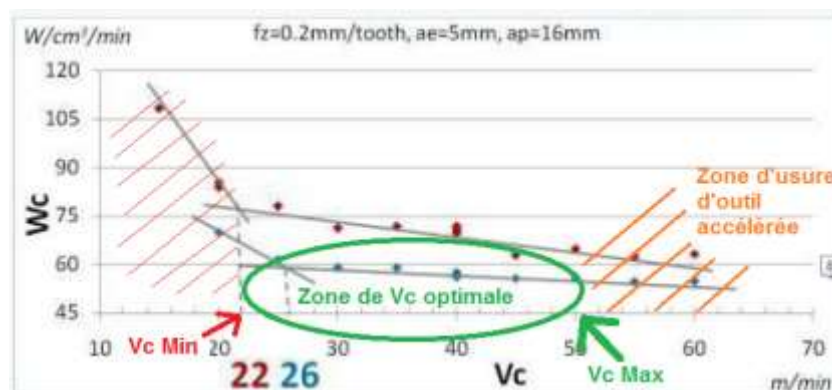


Figure 2 : Diagramme Couple Outil Matière pour la vitesse de coupe.
Energie spécifique de coupe (W_c) = $f(V_c)$.

- En dessous de V_c min, la coupe ne se fait pas, l'outil broute, la machine vibre et la matière se déforme sous les sollicitations de l'outil : l'opération d'usinage est non stabilisée. C'est assez similaire au fonctionnement du chasse-neige, qui, en dessous de d'une certaine vitesse, a des difficultés à évacuer la neige.
- En dessus de V_c max, l'augmentation de la vitesse de coupe ne permet pas de produire plus de copeau, en revanche on augmente l'usure de l'outil.

Après avoir tracé ce diagramme, on réalise la même étude en faisant varier cette fois-ci l'avance par tour (f_n) afin de déterminer le point de fonctionnement optimal machine. Ces paramètres devront en plus produire un copeau qui s'expulsera rapidement et qui ne s'enroulera pas autour de la pièce ou de l'outil.

Cet outil comme nous avons le décrire permet de déterminer le domaine d'emploi d'un outil pour une matière donnée, mais il permet également de réaliser des essais comparatifs entre plusieurs outils ou de comparer différents lubrifiants.

**SEPTEMBRE 2015**

Compte tenu de l'importance du sujet, le collectif **METALLO CORNER** poursuivra ce thème avec la prochaine Newsletter (N°17) en abordant le thème associé à l'importance de la métallurgie du produit à usiner (composition et traitement thermique) et celui rattaché à la métallurgie des outils qu'ils soient métalliques, céramiques ou mixtes.

Entre temps, nous sommes à votre disposition pour toutes questions ou remarques sur ce sujet qui nous a toujours fortement intéressé aussi bien pour les aciers et les alliages de titane ou d'aluminium.