

Avant Propos : Eude Bibliographique sur l'Usinage à Grande Vitesse

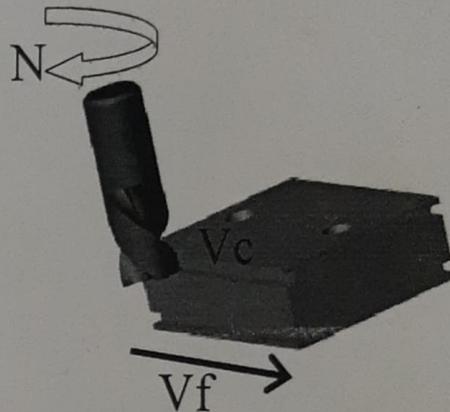
Eude bibliographique succincte sur les nouvelles techniques de l'usinage et plus particulièrement sur l'UGV et l'UTGV.

1. Qu'est ce que l'usinage à grande vitesse : historique

Sous l'impulsion des entreprises de hautes technologies et de leurs exigences en matière de réduction des temps et des coûts, l'usinage à grande vitesse (UGV) est devenu un moyen de mise en forme performant depuis une dizaine d'années. Ce procédé subit et nécessite un développement quasi permanent des machines et des outils.

Il existe différentes définitions de l'UGV suivant les domaines d'utilisations, en voici quelques une :

- L'usinage à grande vitesse de coupe (V_c),
- L'usinage à grande vitesse de broche (N),
- L'usinage à forte avance (V_f),
- L'usinage à grande vitesse de coupe (V_c) et à forte avance (V_f),
- L'usinage haute productivité.



2. Son principe :

L'UGV est une technique d'obtention de pièces par enlèvement de copeaux, caractérisée par des conditions de coupe particulières.

Cette technologie consiste à augmenter notablement les vitesses de coupe (de 5 à 10 fois supérieure aux valeurs traditionnelles) et de rotation de l'outil (de 10000 à 100000 tr/min) de manière à privilégier l'enlèvement de matière par de fortes avances et des profondeurs de coupe plus faibles.

La capacité d'enlèvement de copeaux n'est pas directement rattachée à la vitesse de rotation. Elle est déterminée par la combinaison de la vitesse de coupe et d'avance.

Les limites sont données d'une part par la dimension de l'outil d'autre part par le couple matière usinée/matière outil.

Un outil de petit diamètre a besoin de vitesses de rotation très importantes pour voir sa vitesse de coupe augmenter de manière significative. Les outils plus importants nécessitent une broche disposant d'une puissance suffisante.

L'UGV s'effectue généralement en deux phases successives et variables : soit une phase «ébauche/semi finition», suivie d'une phase «finition » ; soit une phase «ébauche», suivie d'une phase «semi finition».

3. Les avantages :

L'UGV améliore les performances techniques et économiques de l'usinage.

3.1. Les avantages techniques :

3.1.1. La conservation des propriétés des matériaux usinés :

L'UGV apporte une solution au problème posé par l'usinage conventionnel qui peut modifier les caractéristiques mécaniques des matériaux usinés. En effet, on observe un durcissement de la surface par l'écroutissage du métal pendant la formation du copeau et le transfert de chaleur occasionné par l'effort de coupe peut engendrer des modifications structurales superficielles.

En UGV, la chaleur produite par le cisaillement du copeau est évacuée presque intégralement par un copeau court et fortement fragmenté qui est rapidement évacué de l'arête de coupe et de la zone d'usinage. Il n'occasionne donc pas de transfert de chaleur et la surface usinée reste froide.

3.1.2 - Une meilleure qualité de surface :

Avec l'UGV, la qualité des surfaces usinées est améliorée. Les efforts de coupe, plus faible qu'en conventionnel du fait de la limitation de la profondeur de passe, permettent une réduction voire l'élimination de la déformation des pièces même celles de faible épaisseur donc l'usinage de parois minces, une réduction des flexions des outils donc l'amélioration de la durée de vie des outils et un bridage plus faible des pièces.

Avec l'UGV, on obtient une rectitude des parois, des angles parfaitement vifs sans aucune trace de bavure, car la hauteur des crêtes est diminuée par le nombre de passes plus élevé, sans trace de raccords. Le temps de polissage manuel est réduit voire supprimé.

3.1.3 - Une meilleure précision dimensionnelle :

L'UGV offre une précision dimensionnelle plus grande et une fois la gamme d'usinage fiabilisée une meilleure répétitivité sur la série. Les pièces sont alors toutes produites conformément au cahier des charges.

3.1.4 - L'usinage de nouveaux matériaux :

L'UGV facilite l'usinage à moindre coût des matériaux à haute résistance mécanique et permet d'usiner les matériaux comme les composites très abrasifs.

3.1.5 - L'usinage de formes complexes :

L'UGV permet de réaliser des formes quasi impossibles à réaliser économiquement en usinage conventionnel : fonds de poches, raidisseurs de faibles épaisseurs.

3.2. Les avantages économiques :

3.2.1 - La réduction des délais de fabrication

L'UGV apporte une réduction des délais de fabrication en apportant une simplification du processus de fabrication.

3.2.2 - La réduction des coûts de production :

L'UGV permet de bénéficier d'une réduction des coûts de production grâce à l'importante diminution des temps de coupe. Elle peut atteindre 25 % dans le cas de pièces uniques, 35 à 40 % dans le cas de petites séries et 50 % pour les grandes séries.

3.2.3 - La réduction des coûts d'investissement :

La réduction du nombre de machines, la suppression de certaines opérations d'usinage (exemple : demi finition), la réduction du nombre des outils et l'accroissement de leur durée de vie procurent un gain sur les coûts d'investissements.

3.2.4 - La flexibilité de la capacité de production :

La polyvalence de certaines machines UGV permet une plus grande flexibilité que les machines conventionnelles. La machine doit être capable d'usiner des pièces non connues lors de sa spécification initiale et capable de se convertir en fonction des besoins et de surcroît d'accepter les changements de cadences. Les machines UGV s'adaptent par simples modifications du logiciel et peuvent passer de 1000 boîtes de vitesses par jour à 600 ou 1200.

4. Les limites :

4.1. Un investissement lourd :

L'UGV nécessite une machine, une commande numérique, une broche, un porte-outil et des outils spécifiques qui représentent un investissement lourd, 2.5 fois plus cher que le conventionnel.

Un coût qui peut facilement être amorti en trois ou quatre ans dès lors que l'ensemble du procédé est bien maîtrisé, ce qui demande une formation intensive du personnel tant à la conduite de la machine qu'à la compréhension de conditions de coupe encore inhabituelles.

4.2. L'obligation de remettre en cause les techniques antérieures :

Les gammes d'usinage doivent être complètement réétudiées. Il importe de prévoir des trajectoires d'attaque de la matière différentes.

4.3. Les temps de mise au point :

Le temps de mise au point peut être plus long qu'en conventionnel. Il est nécessaire de faire une préparation méticuleuse du programme que l'on teste longuement car rien ne doit être laissé au hasard. Ce temps est variable suivant la complexité de la pièce.

5. Annexes :

**Annexe 1 :
Types de matériaux**

MATERIAUX DURS	MATERIAUX TENDRES
<ul style="list-style-type: none"> • Acier alliés, recuits ou trempés (30 à 60 HRC) • Alliages de titane • Fontes • Superalliages à base nickel 	<ul style="list-style-type: none"> • Aciers • Alliages d'aluminium • Aluminium • Argent • Composites • Cuivre • Laiton

Annexe 2 :

Comparatif des vitesses de coupe entre usinage conventionnel et usinage grande vitesse

matériaux	Vitesse de coupe en usinage conventionnel Vc (m/mn)	Vitesse de coupe en usinage grande vitesse Vc (m/mn)
<i>Matériaux non métalliques</i>		
Matières plastiques renforcées de fibres	100 à 300	2000 à 8000
Matériaux composites	100 à 300	800 à 4000
<i>Alliages légers</i>		
Aluminium, alliages d'aluminium	Vitesse non précisées dans les documents consultés	2000 à 9000
Alliages cuivreux	100 à 400	1000 à 4500
<i>Alliages non ferreux</i>		
Fontes	100 à 800	800 à 4000
Aciers (recuits ou trempés)	80 à 700	700 à 3000
Aciers et fontes très durs	Quasiment inusinables avec les outils carbure	100 à 200
<i>Alliages réfractaires</i>		
Alliages de titane	30 à 100	100 à 500
Superalliages (base nickel)	20 à 90	90 à 2000

Annexe 3 :

Tableau de correspondance entre matériaux usinés, matériaux outils et applications

Matériaux ^{outils} usinés	Matériaux ^{pièces} outils	Applications
Carbures P et K et carbures revêtus	Aciers traités et fortement alliés	Fraisage et tournage
Cermet (généralement à base de carbonitride de titane)	Aciers et aciers inoxydables	Fraisage et tournage de formes géométriques simples

Céramiques à base d'alumine	Acier alliés et durcis Fontes nodulaires trempées Superalliages à base nickel (ex : inconel)	Fraisage et tournage
Céramiques à base de nitrure de silicium	Fontes	Fraisage et tournage
Céramiques renforcées par des fibres ou whiskers	Alliages réfractaires, aciers très durs	tournage
Nitrure de bore cubique (CBN)	Aciers trempés Fontes	tournage
Diamant polycristallin (PCD)	Alliages d'aluminium Alliages réfractaires Bois Bronze Carbures cémentés Céramiques renforcées de fibres Composites à matrice métallique Cuivre Graphite titane	Fraisage de formes complexes et tournage
Polycristallin de nitrure de bore cubique (PCBN)	Aciers rapides, alliés, traités Fontes trempées stellites	Fraisage de formes complexes et tournage.