



Usinage à grande vitesse UGV

Master II Fabrication mécanique et productive

Par Dr. Slamani Mohamed

Théorie et Principes de l'UGV

L'usinage à grande vitesse est devenu depuis le début des années 90 un des procédés de fabrication à la mode, qu'il faut absolument mettre en œuvre et connaître pour pouvoir briller en société. Outre les aspects marketing qui ont permis de revitaliser le tissu économique de la fabrication mécanique, l'usinage à grande vitesse possède des caractéristiques très intéressantes dans le cadre de la réalisation de pièce mécanique de qualité comme dans les domaines de l'aéronautique et du moule.

Théorie et Principes de l'UGV

L'Usinage Grande Vitesse est une opération d'enlèvement de matière à des vitesses de coupe élevées. Ces grandes vitesses engendrent un phénomène de coupe spécifique.

Comme son nom l'indique l'UGV travaille avec des vitesses de coupe et d'avance qui sont environ 5 à 10 fois supérieures à celles des commandes numériques ou des centres d'usinage conventionnels.

L'usinage à grande vitesse impose une haute technicité dans sa préparation, aussi son introduction est d'abord passée par les entreprises de haute technologie comme celle du domaine aérospatial.

Historique

L 'usinage à grande vitesse (UGV) n 'est pas une technologie aussi récente que l 'on pourrait l 'imaginer. Bien que ses réelles applications industrielles remontent seulement à la fin des années 80 et que l'UGV a acquis une véritable importance industrielle seulement dans les années 90, ses racines se trouvent dans les travaux de recherche conduites par un chercheur allemand déjà dans les années 30:

Historique

M. Salomon (1931) montra qu'à partir d'une vitesse donnée (qui dépend du matériau) on peut avoir des avantages dans l'usinage.

- Il a examiné les effets spécialement à très haute vitesse: $V_c = 16\,500$ [m/min]. En utilisant des scies circulaires il mesura les températures et montra qu'elles augmentent dans un premier temps pour baisser après. « **À grande vitesse, la chaleur engendrée par le cisaillement du copeau est évacuée totalement par celui-ci ; elle ne peut se propager à la pièce** ».
- Cette constatation est mise en doute maintenant , mais M. Salomon donna une première description des avantages possible en utilisant l'UGV.

Historique

Il obtint aussi un brevet qui, par contre, n'était pas vraiment exploitable à l'époque à cause des nécessités de développements dans d'autres secteurs technologiques concernés avec l'UGV (outils broches et machines)

Autres recherches:

- Kustnezov (1947 - 50,000 m/min)
- Kronenberg (1958 - 72,000 m/min)
- Arndt (1972 - 132,000 m/min)
- Schulz (PTW Darmstadt, 1980 - 2000, industrialisation de l'UGV) .

Historique

Dans le domaine du fraisage une vraie révolution se déclencha dans les années: 1992 - 1993.

Pendant la crise industrielle qui frappa le monde (et en particulier l'Europe) dans ces années, plusieurs sociétés ont fait faillite et surtout celles qui n'avaient pas des modèles de machines pour l'UGV.

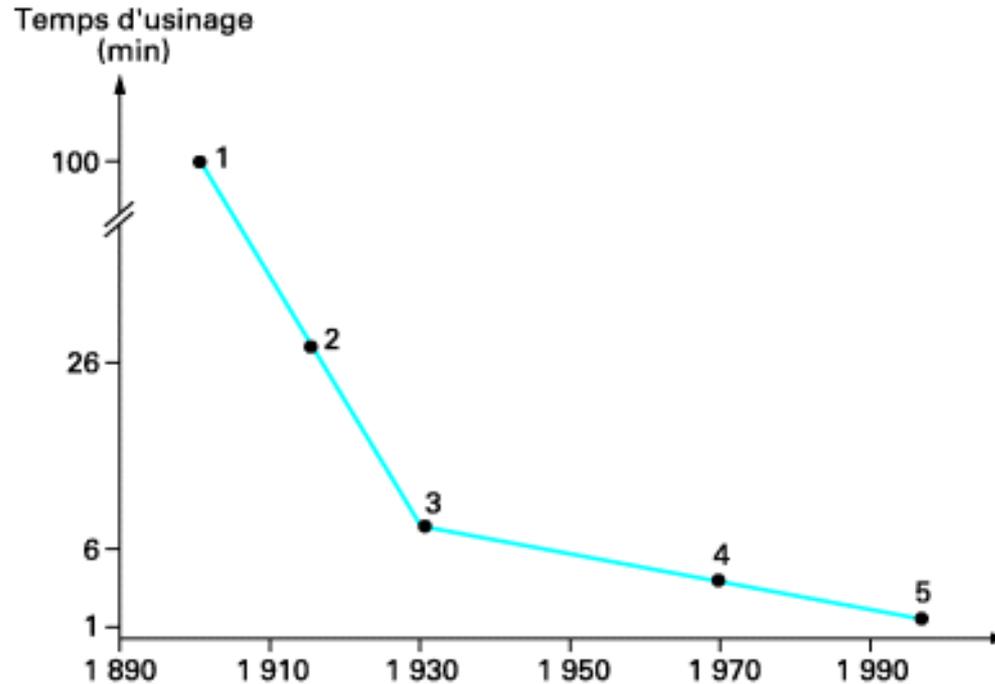
Après les années 92- 93 l'utilisation de l'UGV était un « must » dans les domaines:

- Production de moules de grandes et moyennes dimensions.
- Industrie aérospatiale
- Production d'automobiles.

Caractéristiques de l'UGV

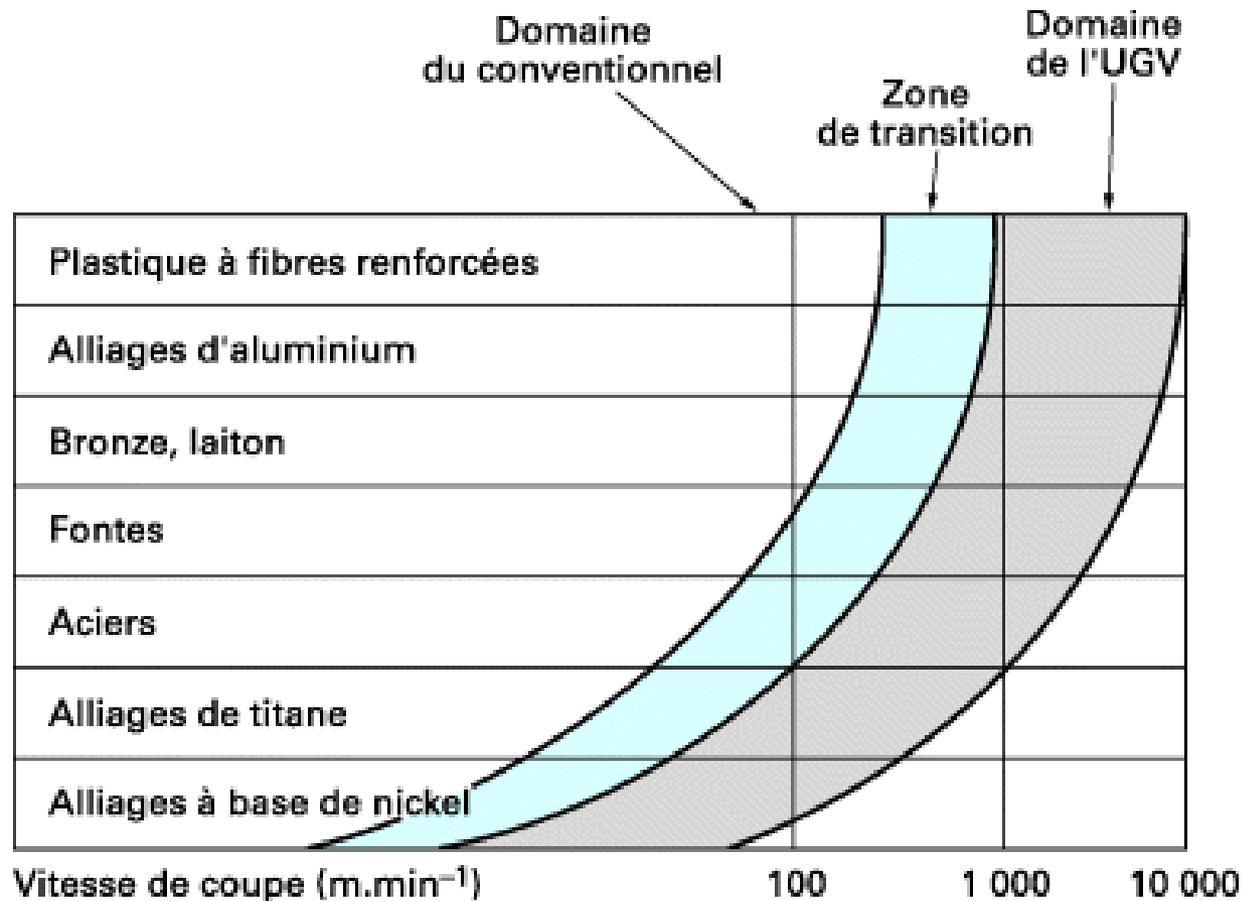
- La première caractéristique de l'UGV est l'augmentation des sollicitations dynamiques appliquées à la cellule élémentaire d'usinage.
- La fréquence de rotation de la broche et les vitesses d'avance sont découplées.

Évolution du temps d'usinage au cours du siècle (base 100 en 1900)



- 1 - 1900 acier carbone ;
- 2 - 1912 acier rapide ;
- 3 - 1930 carbure ;
- 4 - 1970 carbure revêtu ;
- 5 - 1996 nouveaux matériaux CBN, céramiques...).

Vitesses de coupe selon les matériaux usinés



Techniques concernées

Deux facteurs interviennent prioritairement pour favoriser l'entrée d'une technique dans l'UGV :

- l'importance économique de cette technique ;
- la facilité (relative) de l'accession de cette technique à l'UGV.

Les trois premières techniques concernées sont le fraisage suivi du tournage et du perçage. Mais il ne faut pas oublier la rectification, le sciage, le taraudage /filetage, et même le taillage d'engrenages...

Techniques concernées

Rappelons d'autre part qu'il ne suffit pas qu'un outil soit capable de travailler la matière considérée dans des conditions réputées appartenir au domaine UGV. Il faut encore que la durée de vie de l'outil (ou plutôt des arêtes de coupe) soit « économiquement viable », expression qui recouvre des durées très variables suivant la matière et le coût de changement d'arête.

Matériaux usinés

Comme pour les techniques, les critères d'entrée des matériaux dans le domaine de l'UGV sont l'importance économique et la facilité. Ainsi, on usinera principalement en UGV :

- les alliages légers d'aluminium ;
- les aciers faiblement alliés pour traitement thermique à l'état traité ;
- les fontes à graphite lamellaire ou sphéroïdal ;
- les alliages réfractaires (base nickel) ;
- les alliages à base titane.

Il est clair que cette technique intéresse également les matériaux anisotropes (bois, composites et plastiques entre autres).

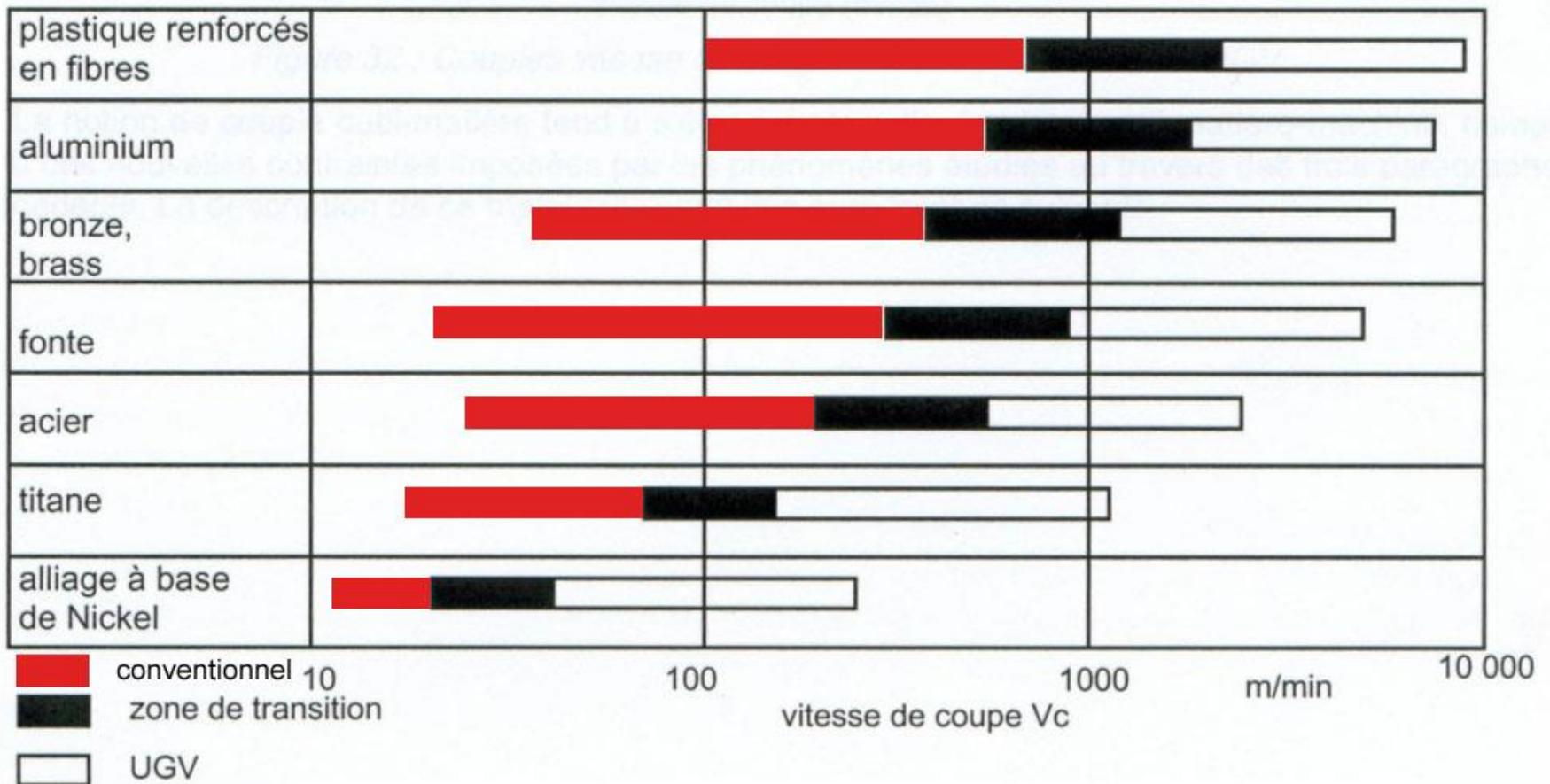


Caractéristiques de l'UGV

Il est aujourd'hui possible d'usiner des pièces mécaniques sur de larges plages de vitesses de coupe. Selon le matériau utilisé, ces plages varient, mais il est toujours possible de distinguer trois zones de vitesses de coupe distinctes:

Par exemple, lors d'usinage d'acier à des vitesses de coupe de 30 à 200 m/min, on parle d'usinage conventionnel, alors que des vitesses de coupe de 500 à 2000 m/min correspondent au domaine de l'UGV.





- une zone de vitesse correspondant aux vitesses de coupe de l'usinage conventionnel
- une zone de vitesses de coupe inexploitable (conditions de coupe dégradées)
- une zone de vitesses de coupe correspondant à l'Usinage Grande Vitesse

Caractéristiques de l'UGV

En augmentant V_c au delà des limites de vitesse de l'usinage conventionnel, on commence par traverser une zone de vitesses inexploitable appelée « Vallée de la mort » dans laquelle les conditions de coupe sont dégradées (usure rapide de l'outil, mauvais état de surface...), puis on arrive dans le domaine de l'UGV où les conditions de coupe sont excellentes. La limite entre les zones est arbitraire.

Caractéristiques de l'UGV

Une mauvaise évaluation des sollicitations durant l'usinage peut entraîner rapidement un bris de l'outil, voire une destruction de la broche. Ainsi la prise en compte des aspects dynamiques de la coupe est le facteur d'analyse prépondérant lors de la préparation d'une opération de fabrication.

Caractéristiques de l'UGV influençant le processus de fabrication

Utilisé dans de bonnes conditions, l'UGV réalise des pièces respectant des spécifications géométriques exigeantes, sans qu'il soit nécessaire de pratiquer des opérations longues de rectification ou de polissage. L'obtention de ce niveau de qualité passe par une préparation soignée de l'opération de finition et donc des opérations d'ébauche et de demi-finition. Le travail de préparation de la fabrication doit adapter les gammes et stratégies d'usinage de façon à les rendre conformes aux conditions d'emploi de l'UGV.

Influences sur l'élaboration de la gamme de fabrication

L'usinage à grande vitesse impose une remise à plat de la gamme complète de réalisation de la pièce et non uniquement des opérations d'usinage. En particulier, la préparation du brut, les phases d'usinage et de parachèvement, doivent être modifiées. Généralement, l'introduction de l'UGV dans le processus n'est pas conduite dans le but de diminuer les coûts d'usinage mais plutôt pour éliminer ou réduire fortement des activités coûteuses de parachèvement ou de traitement intervenant après la finition.

Par contre, la mise en œuvre de l'opération d'usinage impose une étude complète de tous les états de la pièce durant les phases antérieures.

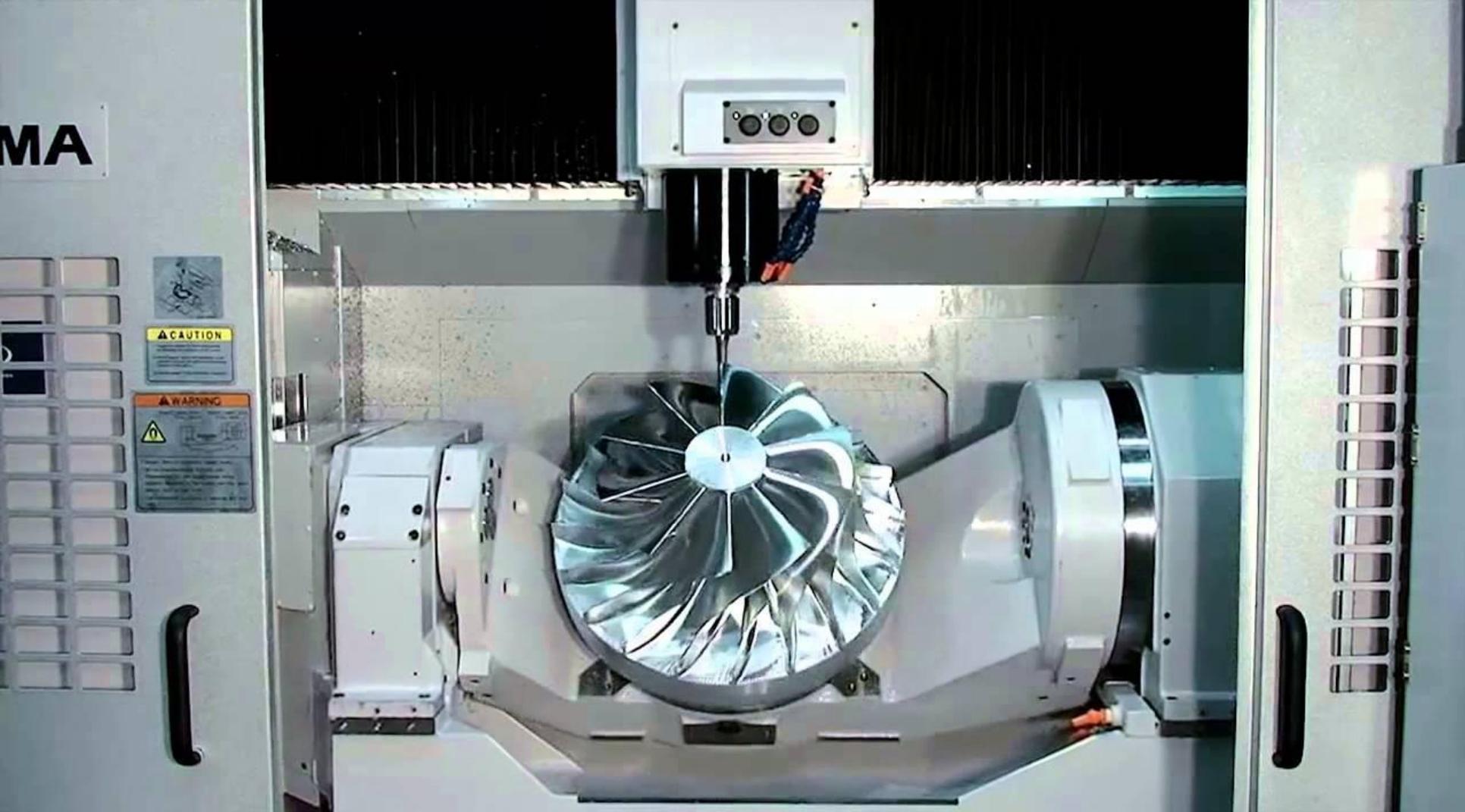
Influences sur l'élaboration de la gamme de fabrication

Ainsi, D'une manière générale, le gain apporté par l'usinage à grande vitesse se situe au niveau de la simplification de la gamme de fabrication, et au niveau de la rationalisation de l'opération d'usinage :

- la qualité des pièces fabriquées permet d'éviter les opérations de parachèvement, de rectification, d'ébavurage,
- la productivité associée permet d'envisager l'usinage comme une opération économique grâce à la diminution des temps de fabrication et à la rationalisation des opérations d'usinage.

Avantages et obligations de l'UGV

- Réduire de façon significative les coûts de fabrication des pièces.
- Améliorer la qualité et les états de surface des pièces.
- Réduire les efforts et les contraintes mécanique, thermiques et résiduelles dues à l'usinage.
- Augmenter la productivité pour réduire les délais, pour gagner en souplesse, pour être plus réactif et plus compétitif ; mais aussi
- pour récupérer et rentabiliser un investissement et un coût d'exploitation plus importants en UGV.



- Usiner les pièces rapidement et en une seule fixation surtout pour les machines a 5 axes ou plus.

ENJEUX

Le passage a l'UGV doit se faire pour des raisons opérationnelles ; mais surtout stratégiques et économiques.

- avec une compétitivité de plus en plus féroce,
- qui exige des standards de plus en plus élevés pour une demande de plus en plus importante de pièces usinées de haute technologie ;
- il faut les produire de plus en plus rapidement,
- en livrant a temps,
- a des couts réduits ;
- tout en restant flexible et en intervenant sur une grande diversité de produits.

ENJEUX

La maîtrise de l'UGV permet d'atteindre ce niveau de qualité plus rapidement et plus économiquement ; en y consacrant moins de temps et moins d'effort ; donc en étant plus compétitif et plus réactif. Cela permet aussi de conquérir de nouveaux marchés et de garantir la survie et la pérennité de l'entreprise.