



Usinage à grande vitesse *UGV*

Master II Fabrication mécanique et productique

Par Dr. Slamani Mohamed

UGV

Introduction

La préparation à l'usinage est la phase la plus importante et la plus longue du processus d'usinage d'une pièce. En effet c'est dans cette phase que la gamme d'usinage est définie et que les trajets d'outils sont calculés. La réduction du temps de préparation pour une meilleure productivité est une grande préoccupation des industriels.

Pièces de formes complexes

Dans l'industrie il existe des pièces de formes complexes possédant différentes fonctions. En effet on distingue tout d'abord les produits finis résultant d'opérations d'usinage tels que les aubes de turbine ou les pièces aéronautiques construites avec des poches complexes. Le domaine de l'outillage est aussi un grand utilisateur de formes complexes.

Ainsi, les matrices d'emboutissage, les moules d'injection, les poinçons à petites cavités et les outillages de forge peuvent être classés dans la catégorie des pièces de formes complexes.

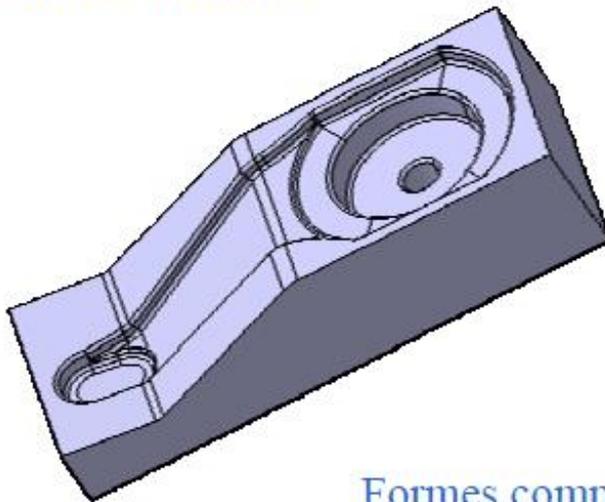
Différents outillages industriels



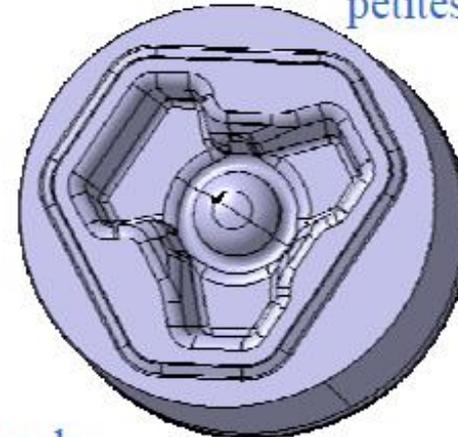
Formes complexes tendues



Formes complexes mono-cavité ou de
petites cavités



Formes complexes de
grandes cavités



Pièces de formes complexes

Les matrices d'emboutissage sont composées de formes tendues décrites par des surfaces de type B-Spline, Bezier ou NURBS. Les moules d'injection et les poinçons rentrent aussi dans cette catégorie non pas par le format de description de leur géométrie mais plutôt par la topologie de leur surface. Enfin les outillages de forge possèdent tous des cavités de formes et de tailles différentes. Ainsi leur topologie est plutôt qualifiée de complexe c'est pourquoi ils font parties des pièces de formes complexes.

Usinage des pièces de formes complexes

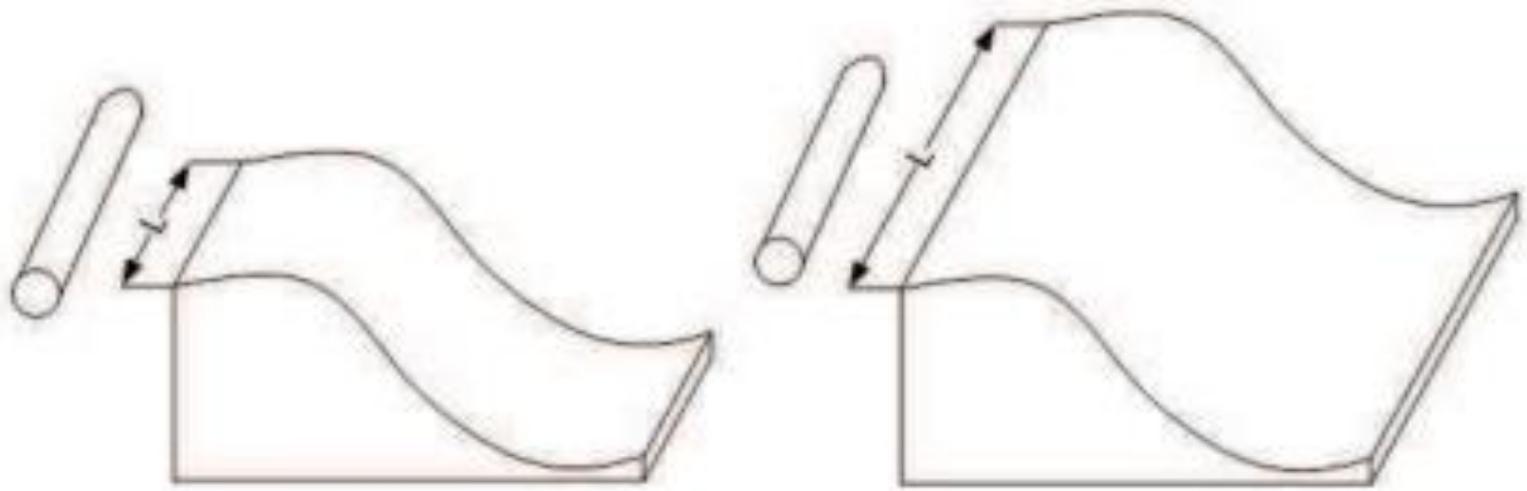
En effet, l'usinage des pièces de formes tendues (matrices d'emboutissage) et des pièces possédant de faibles cavités (moule ou poinçon) peut se faire en « mono balayage », c'est à dire que la direction d'usinage est la même pour toute la pièce. Néanmoins il n'est pas judicieux d'utiliser cette même méthode, dans le cadre des outillages de forges qui possèdent des cavités profondes, pour obtenir la productivité et la qualité souhaitée.

Association des formes complexes aux courbes et surfaces

Dans le cadre de l'Usinage à Grande Vitesse UGV, de nombreuses typologies de pièces sont qualifiées de formes complexes. D'un point de vue mathématique, les formes complexes sont souvent associées aux courbes ou surfaces décrites à partir de modèles polynomiaux (Bézier, B-Spline, NURBS) dans les modeleurs CAO. Néanmoins, l'analyse topologique de certaines pièces de formes complexes montre que des entités géométriques régulières sont exploitées dans leur modèle CAO.

Notion de formes complexes

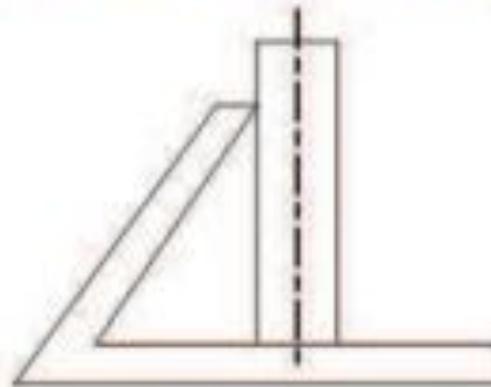
Dans le cadre de l'usinage de pièces mécaniques, la notion de formes complexes ne se limite donc pas à l'aspect géométrique du modèle de définition de la pièce. Ainsi, du point de vue des usineurs, la notion de formes complexes est plus particulièrement liée aux difficultés d'adéquation du processus d'usinage avec la géométrie à usiner. Par exemple, le choix de ressources d'usinage (outils, machines...) est parfois lié aux difficultés d'accessibilité de certaines surfaces de la pièce (surface en contre dépouille...). La difficulté d'obtenir directement la forme désirée en usinage de forme complexe engendre parfois le choix de stratégies d'usinage par balayage (figure 3.1).



Usinage en roulant : possible

Usinage en roulant : difficile

Difficultés : changer l'outil ou adopter une stratégie d'usinage par balayage



Usinage de surface en contre dépouille

Difficulté : choisir le posage de la pièce

Figure 3.1 : Exemple de difficultés d'usinage

Etant donné les spécificités topologiques de chaque géométrie de pièce, il est aisé de constater que l'association du processus d'usinage est fortement liée aux compétences du préparateur à l'usinage. Dans ce contexte, l'évolution des modèles géométriques des pièces fournis au préparateur et l'introduction de l'UGV ont fortement contribué à une évolution des pratiques industrielles au niveau du processus de fabrication et donc de sa préparation. Ceci a conduit de nombreux experts à classer les pièces usinées de formes complexes (figure 3.2).



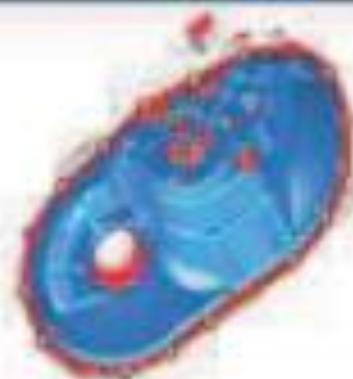
Aéronautique:
Pièces de structure



Outillage et Moule:
Moules d'injection, de soufflage, de verrerie
Outillages de forge
Outillages d'emboutissage
Modèles



Énergétiques:
Moteurs d'avions
Turbine
Compresseur



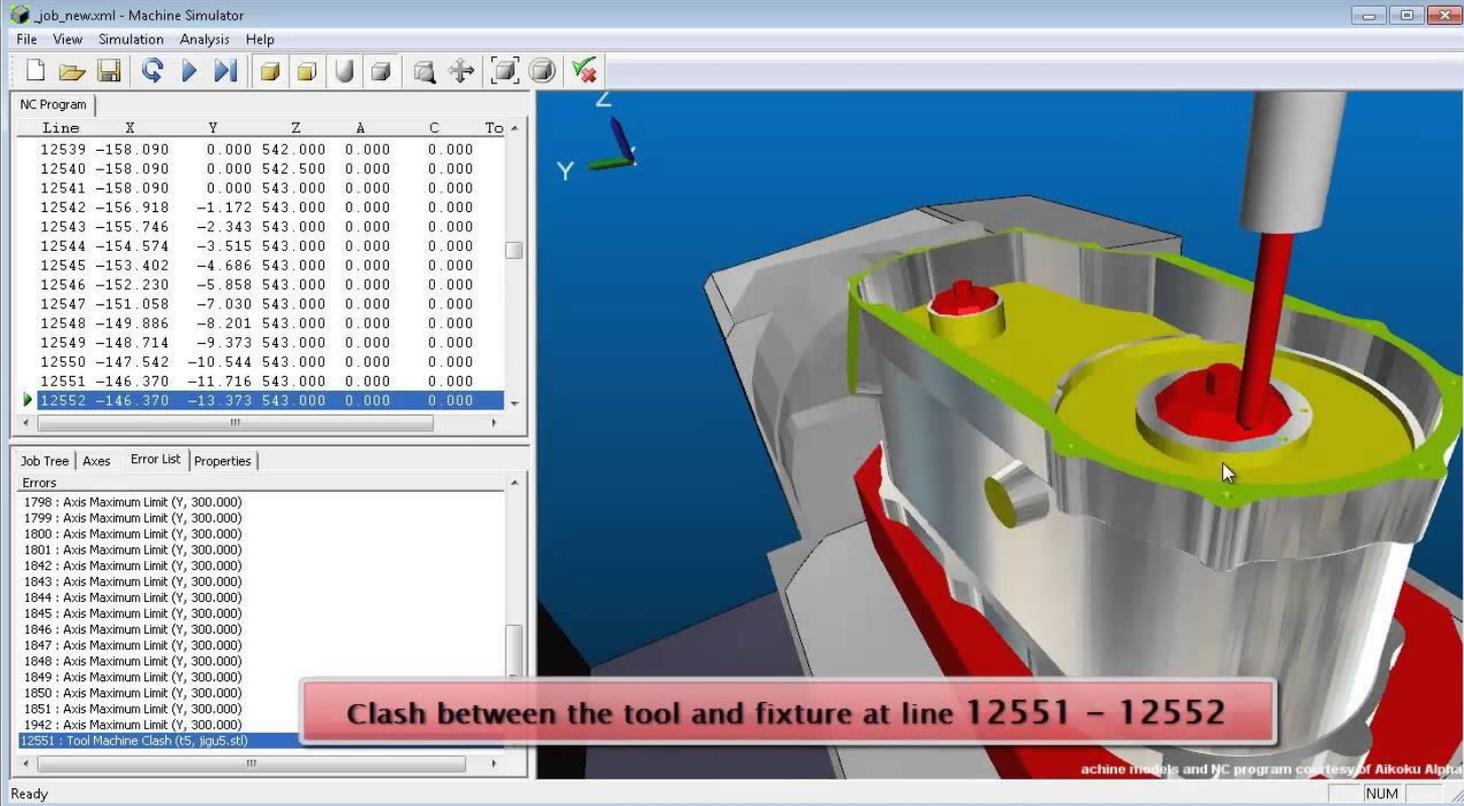
Automobile:
Pièces de forge
Pièces de fonderie



Figure 5.2 : Typologies des pièces usinées de formes complexes



Les courbes et les surfaces incurvées fournissent des moyens mathématiques commodes de décrire un modèle géométrique. Au lieu d'employer des schémas, les bandes en métal, ou les modèles d'argile, les concepteurs peuvent employer des expressions mathématiques pour représenter les surfaces utilisées sur des ailes d'avion, des corps d'automobile, des pièces de machine, ou d'autres courbes et surfaces douces. L'inventeur emploie un type particulier de polynôme paramétrique, un NURBS, pour représenter des courbes et des surfaces.



L'utilisation d'outils courts est une caractéristique clé de l'usinage 5 axes. Elle réduit significativement la flexion de l'outil et permet une meilleure qualité des surfaces. Dans un même temps, les exigences envers les systèmes de FAO ne cessent de croître. Le contrôle et l'évitement des collisions, notamment, sont des tâches complexes qui prennent du temps. La détection d'une collision à un point et un angle d'inclinaison donnés est importante, mais inutile si la collision ne peut pas être évitée.

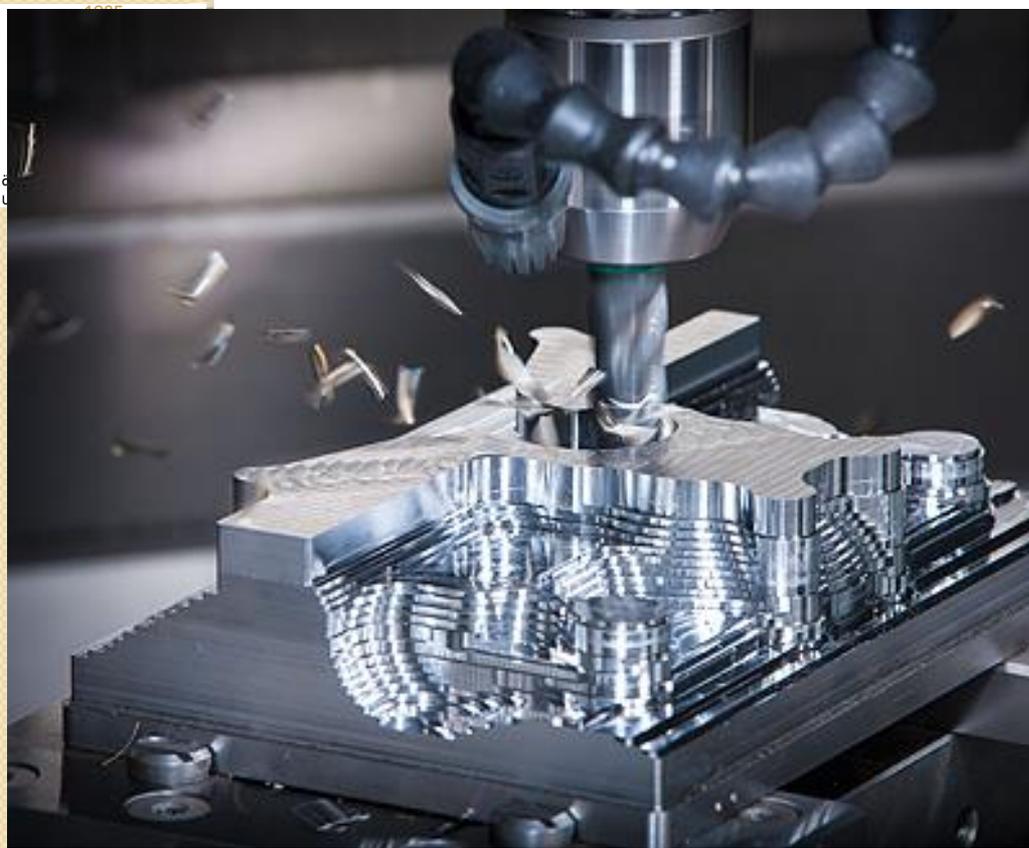
L'évitement automatisé des collisions sur un parcours tout en conservant la dynamique de la machine et en respectant les limitations données sont des défis importants pour les systèmes de FAO actuels.



Bien que les machines 5 axes et les systèmes de FAO avec des fonctionnalités 5 axes existent depuis de nombreuses années, ce n'est que depuis peu que les deux sont utilisés pour la fabrication de moules et de matrices. Les défis auxquels sont confrontés les programmeurs en FAO 5 axes impliquent plus que la création de parcours de FAO 5 axes sans collision.



Les utilisateurs doivent en permanence tenir compte de la finition des surfaces. Ils doivent connaître les temps d'exécution machine et savoir que des options qui peuvent sembler mineures pendant la programmation peuvent entraîner des différences importantes entre les temps d'exécution réels et théoriques.



Les parcours 3 axes sont suffisants tant que la pièce n'est pas trop profonde par rapport au diamètre de l'outil. Si la pièce est très profonde et présente des cavités étroites, l'utilisation d'un simple parcours 3 axes n'est pas suffisante pour réaliser la finition complète de la pièce.

En particulier si l'usinage se fait sur des matériaux durs, l'utilisation d'outils longs entraîne une mauvaise qualité des surfaces et des temps d'usinage longs. La fig.1 illustre le cas pour un parcours 3 axes. Ici, la longueur minimale de l'outil doit être très importante pour atteindre toutes les zones verticales du parcours.

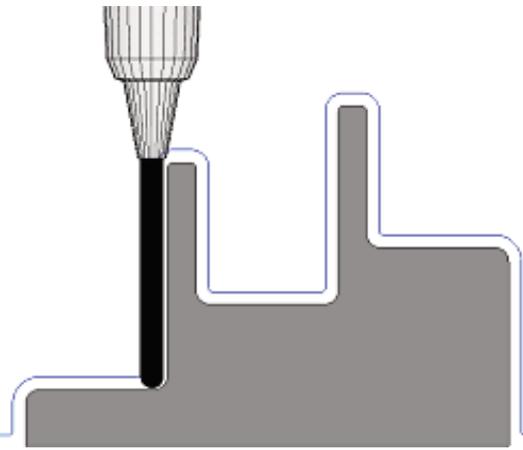


Fig. 1 Parcours 3 axes

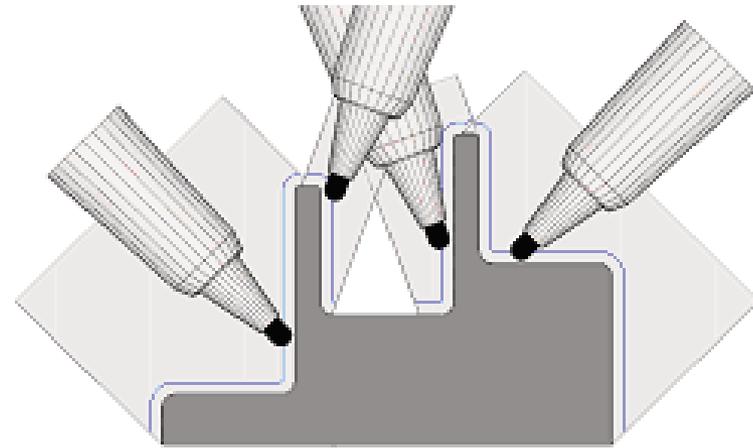


Fig.2 Parcours 3+2 axes

Pour cette raison, la broche est inclinée de façon à permettre l'usinage d'une zone spécifique de la pièce avec un outil plus court. Le procédé consistant à définir un angle constant pour la broche est l'usinage 3+2 axes. Quand les pièces sont complexes, il est fréquent de devoir définir une douzaine de vues pour couvrir complètement toute la pièce. Les parcours obtenus doivent se recouvrir, ce qui entraîne non seulement un prolongement du temps d'usinage, mais également des difficultés dans le recouvrement parfait des différentes vues d'usinage.

En même temps, le nombre d'engagements et de dégagements augmente considérablement, occasionnant des problèmes de qualité des surfaces et davantage de mouvements de l'outil. Enfin, ce type de programmation est particulièrement difficile pour l'utilisateur et souvent la somme de toutes les vues ne couvre pas toute la géométrie.

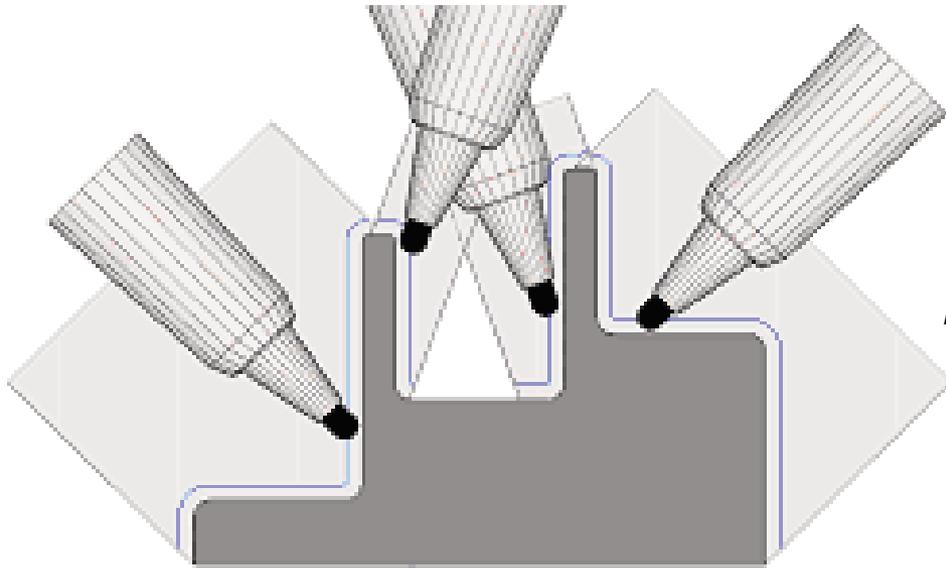
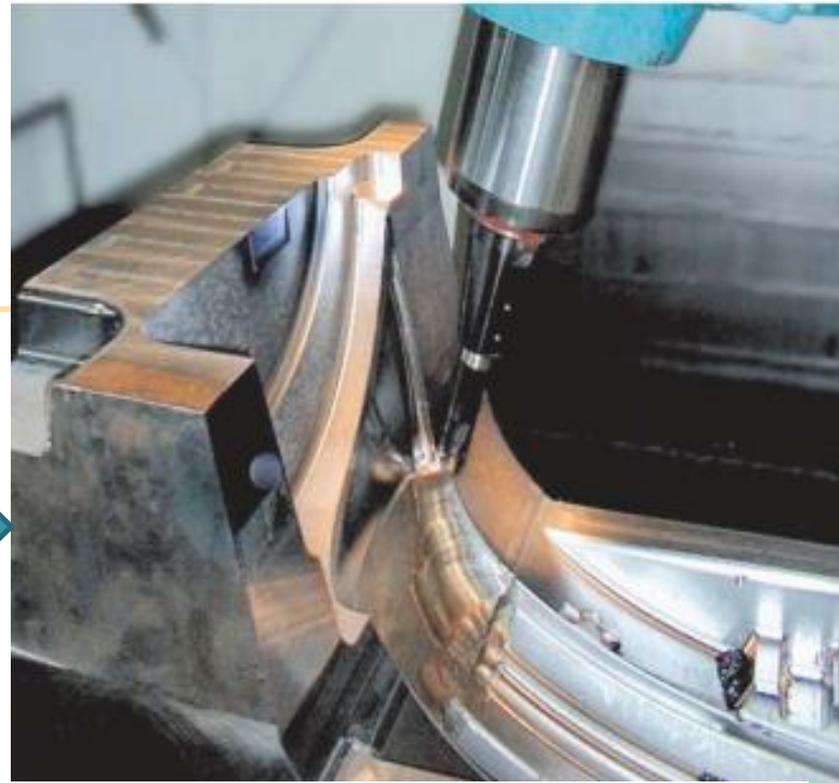


Fig.2 Parcours 3+2 axes

La fig.2 montre quatre vues de la pièce. Il reste toutefois une zone non couverte au centre de la pièce. Il faudrait des vues supplémentaires pour cette zone où celle-ci doit être érodée. En résumé, il est clair qu'il est possible d'usiner la pièce avec un outil plus court, mais à un prix plus élevé. Il faut définir de nombreuses vues qui se recouvrent, ce qui occasionnent des problèmes de qualité des surfaces en raison du nombre plus élevé d'engagements et de raccords machine. La programmation prend du temps, nécessite une intervention manuelle et est source d'erreurs.

Usinage 3 + 2

Cette grosse pièce peut être sortie avec des outils plus courts, à plus grande vitesse et avec un meilleur fini en l'usinant en 3 + 2 axes avec un log



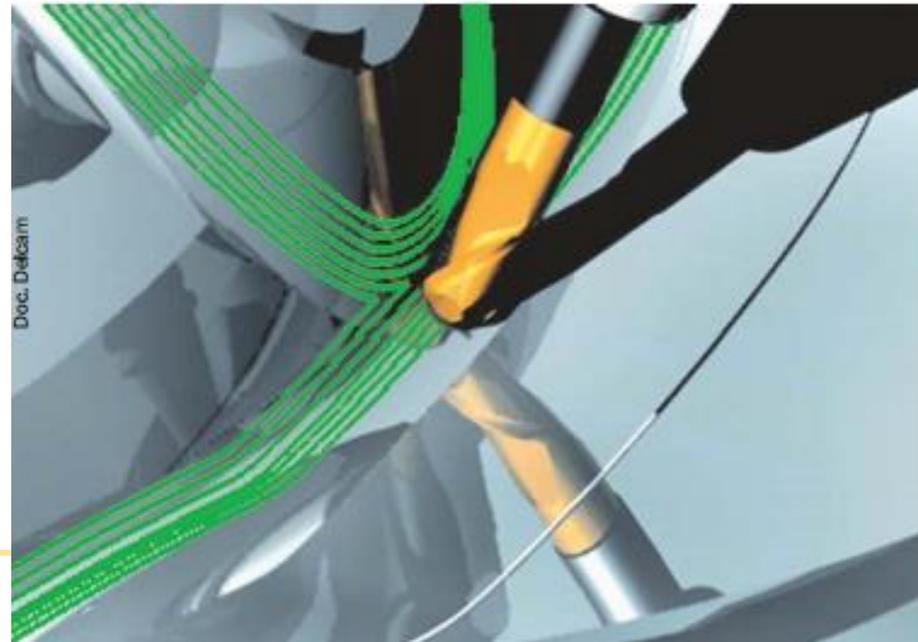
L'usinage en trois + deux axes est une technique utilisant une programmation de fraisage trois axes avec une fraise verrouillée en une position inclinée en exploitant les deux axes de rotation d'une machine cinq axes, d'où le nom donné de 3 + 2 axes. On l'appelle aussi "usinage cinq axes positionnés" car les quatrième et cinquième axes servent à orienter l'outil de coupe sur une position fixe plutôt que de manipuler l'outil en permanence durant le processus d'usinage. Ceci distingue un usinage en 3 + 2 axes de l'usinage en cinq axes continus ou simultanés. D'autres noms apparaissent comme usinage incliné, fixe ou basculé en référence à l'angle caractéristique imposé à la fraise.

Avantages de l'usinage en 3+2 axes

Le principal avantage de l'usinage 3 + 2 axes est qu'il permet d'utiliser des outils plus courts, donc plus rigides, que ce qui serait permis en usinage classique en trois axes. L'utilisation d'un outil plus court, de son côté, autorise des vitesses de coupe et d'avance plus élevées avec un moindre risque de fléchissement de l'outil. Le résultat est l'obtention d'un bon état de surface et d'une précision dimensionnelle supérieure avec un temps de cycle réduit. D'autres avantages incluent des parcours d'outil limités, une réduction du nombre de lignes de codes de programme et moins de montages de repositionnement sur la machine.

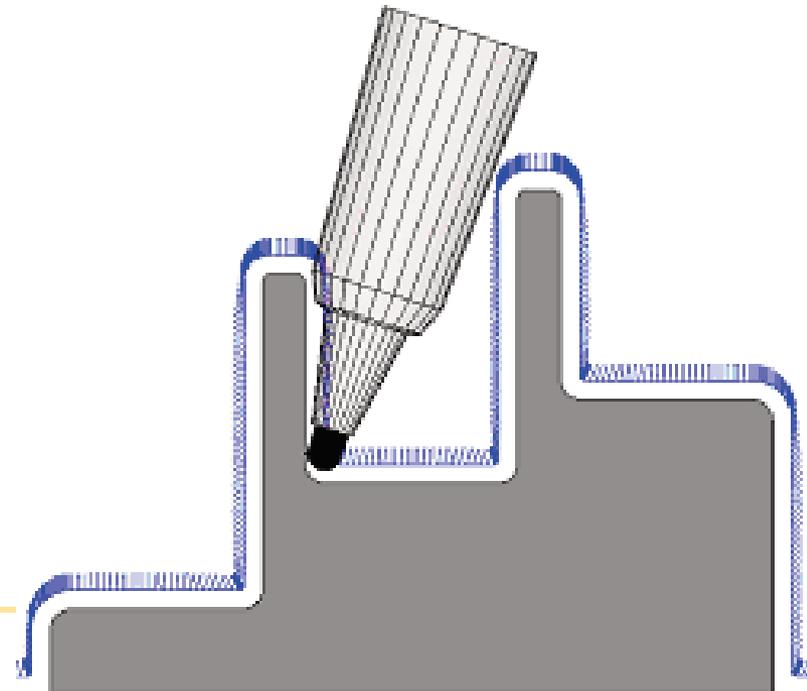
Logiciel pour l'usinage en 3 + 2

Plusieurs développeurs de logiciels de fabrication ont mis au point des utilitaires spéciaux pour créer les parcours d'outil pour de l'usinage en 3 + 2. Mais, pas tous les logiciels de programmation pour du cinq axes incluent les moyens pour exploiter cette technique. Et, comme pour toutes les possibilités offerte par les logiciels, la facilité d'utilisation et l'efficacité des utilitaires varient de l'un à l'autre. Les fournisseurs de logiciels de fabrication spécialisés dans ceux, notamment, pour la fabrication des moules et des grosses pièces complexes, vraisemblablement incluent l'usinage en 3 + 2 en tant que particularité de leur produit conçu pour l'usinage en cinq axes.



Usinage 5 axes simultané

Afin d'éviter les inconvénients de l'usinage 3+2 axes, de nouvelles stratégies de parcours d'usinage 5 axes simultané ont été mises au point. L'usinage 5 axes simultané intègre simultanément les 3 axes linéaires ainsi que les 2 axes de rotation. Il résout tous les problèmes de l'usinage 3+2 axes. L'outil peut être très court, il n'est pas nécessaire de générer des vues qui se recouvrent, la probabilité d'oublier une zone est beaucoup plus faible et l'usinage peut s'effectuer en continu sans engagement ni dégagement supplémentaires (fig.3).



Usinage 5 axes simultané

Toutefois, l'usinage 5 axes ne règle pas les problèmes de l'usinage 3+2 axes. Ceux-ci sont simplement transférés du programmeur au système de FAO. Cela paraît raisonnable et présente de nombreux avantages pour l'utilisateur. Le système de FAO WorkNC (Sescoi) a même développé des stratégies 5 axes "à bouton unique" pour générer un parcours sans collision entièrement automatique. Les utilisateurs actuels disposent de cette option, mais c'est plus complexe en réalité. Un parcours 5 axes qui fonctionne très bien sur une machine spécifique peut fonctionner moins bien sur une autre machine. Les raisons en sont multiples et vont des propriétés cinématiques de la machine aux paramètres du contrôleur. Par conséquent, la machine proprement dite doit être prise en compte pendant la programmation. De ce fait, il est important que le programmeur sache à l'avance quelle machine sera utilisée pour l'usinage de la pièce.

Usinage 5 axes simultané

Un parcours sans collision au niveau de l'outil et du porte-outil peut ne pas pouvoir être usiné sur une machine quelconque. Très souvent, les machines 5 axes sont limitées au niveau de leurs axes de rotation.

