

Usinage (Partie N° 3)

Machine-outil automatisée à commande numérique (CNC)

1. Introduction

L'usinage à commande numérique par ordinateur (CNC) a été inventé il y a plus de 50 ans. Cette nouvelle technologie d'usinage a permis d'améliorer les capacités de précision et de créer plusieurs produits de formes et de tailles différentes. Dans tous les secteurs - de la défense à l'automobile en passant par l'aérospatiale et le médical - cette technologie fait désormais partie de l'ADN industriel mondial.

Une **Machine-Outil à Commande Numérique** (voir la figure 1) (**MOCN**, ou simplement **CN**) est une machine-outil dotée d'une commande numérique. Lorsque la commande numérique est assurée par un ordinateur, on parle parfois de **machine CNC** pour *Computer Numerical Control*, en français « commande numérique par calculateur ».

La première machine programmable a été développée à la fin des années 40. Il a utilisé des **cartes perforées** pour encoder chaque mouvement.



FIG. 1 Machine-Outil à Commande Numérique

1.2 Usinage CNC et l'usinage traditionnel ?

L'usinage CNC remplit les mêmes fonctions que l'usinage traditionnel – découpe, perçage, fraisage, alésage, meulage et autres fonctions de formage et d'enlèvement de métal – mais cette technique utilise une commande numérique par ordinateur plutôt qu'une commande manuelle. Un programme est préalablement codé par un opérateur ou un outil de FAO (Fabrication Assistée par Ordinateur). Ce programme est ensuite chargé sur la machine et l'opérateur se charge de régler cette dernière pour répondre parfaitement aux cotes et tolérances de la pièce. Après cette phase de réglage, l'usinage CNC permet une précision continue de la première coupe à la 500ème.

L'usinage CNC est une technologie de fabrication numérique : elle produit des pièces de haute précision avec d'excellentes propriétés physiques directement à partir d'un fichier CAO. En raison de son haut niveau d'automatisation, la CNC (commande numérique par ordinateur) est compétitive sur le plan des tarifs pour les pièces personnalisées uniques et les productions de volume moyen.

2. Étape de fabrication

Presque tous les matériaux peuvent être usinés par commande numérique. Les exemples les plus courants comprennent les métaux, alliages d'aluminium et d'acier, laiton, etc. et plastiques (ABS, delrin, nylon, etc.). La mousse, les composites et le bois peuvent également être usinés.

Le processus de base de la CNC peut être divisé en 3 étapes. L'ingénieur conçoit d'abord le modèle CAO de la pièce. L'opérateur transforme ensuite le fichier CAO en un programme CNC (code G) et configure la machine. Enfin, le système CNC exécute toutes les opérations d'usinage avec un minimum de supervision, en retirant du matériau et en créant la pièce.

3. Centre d'usinage

Un centre d'usinage est une machine-outil automatisée à commande numérique (CNC) qui fabrique des pièces mécaniques en retirant de la matière d'un bloc brut grâce à des outils rotatifs. Il peut réaliser diverses opérations complexes, comme le fraisage, le perçage et le taraudage sur plusieurs axes (au minimum 3), ce qui lui permet une grande précision et une production rapide.

3.1 Centre d'usinage CNC

3.1.1 Avantages et applications

Un centre d'usinage CNC est une version plus avancée offrant des capacités de production accrues. Cette machine peut effectuer des opérations comme le **perçage, le taraudage ou l'alésage au cours d'un même cycle d'usinage**. C'est un atout majeur qui augmente considérablement l'efficacité de la production.

Les **avantages d'un centre d'usinage CNC** sont nombreux. Sa polyvalence permet de réduire le nombre de machines nécessaires à la production – une seule machine peut réaliser plusieurs opérations différentes. Le système de commande CNC précis minimise les erreurs, ce qui se traduit par une meilleure exactitude d'usinage et moins de gaspillage de matière. De plus, l'automatisation des processus réduit les coûts de main-d'œuvre et accélère la production.

4. Types de centres d'usinage

4.1 Centre d'usinage horizontal

Parmi ces centres d'usinage, on retrouve surtout le plus estimé de tous, qui est le modèle à l'horizontale (voir la figure 2). Ce modèle s'adapte spécialement à des fonctions d'usinage de pièces de grande envergure.

Avec le centre d'usinage horizontal, on observe un système d'évacuation des copeaux beaucoup plus simplifié que sur les autres modèles sans pour autant risquer des recoupes considérables.

**FIG. 2** Centre d'usinage horizontal

4.2 Centre d'usinage vertical

D'un autre côté, le centre d'usinage à modèle vertical (voir la figure 3), est plutôt utilisé pour usiner des pièces de grandes dimensions. En effet, le centre d'usinage vertical à 5 axes met à disposition, de son utilisateur, une table de travail beaucoup plus stable avec des axes de chariot longitudinal et transversal.

Grâce à ce modèle vertical, il est possible de façonner une pièce en entier sur une seule action. Autrement dit, la machine est capable de travailler tous les côtés d'une pièce simultanément. Un procédé qui permet notamment d'obtenir un gain de temps considérable qui, par conséquent, entraînera une hausse de la production et donc un gain financier considérable pour une industrie.

**FIG. 3** Centre d'usinage vertical

4.3 Centre d'usinage combiné en tournage et fraisage

Ce modèle de centre d'usinage (voir la figure 4) surtout destiné à des processus d'usinage complet à coût modéré. Ainsi, ce type de machine est en mesure de combiner le procédé de fraisage avec le tournage. Il peut ainsi effectuer la polygonale, le fraisage de surfaces ou encore le brochage.

Autrement dit, c'est une machine qui illustre parfaitement l'aspect polyvalent des centres d'usinage. Ces avantages résident surtout dans le fait que le centre d'usinage combiné de tournage et de fraisage est conçu de façon modulaire avec des éléments pensés particulièrement pour fournir une capacité optimale de production à la machine en entier.



FIG. 4 Centre d'usinage combiné en tournage et fraisage

5. Usinage à Grande Vitesse (UGV)

L'usinage à grande vitesse en anglais : high speed machining (HSM), est une procédure qui consiste à effectuer des coupes très rapides, caractérisée par des conditions de coupe quatre à dix fois plus élevées que lors d'usinage conventionnel. Mais aussi très légères et à faible pression ; il est utilisé pour fabriquer des moules complexes. L'augmentation des taux d'enlèvement de matière résulte directement de la vitesse à laquelle ces coupes sont effectuées.

5.1 Avantage de l'UGV

Du fait de l'augmentation de la vitesse de coupe, il en découle l'augmentation de la vitesse d'avance. Les avantages de l'UGV sont donc les suivants :

- augmentation de la productivité : directement lié à l'augmentation des vitesses de coupe et d'avance.
- amélioration de l'état de surface
- conservation de l'intégrité matière : la chaleur transmise à la pièce étant plus faible, il y a moins de modification de sa structure.
- amélioration de la précision
- usinage à sec : la majeure partie de la chaleur étant évacuée avec le copeau, une lubrification de refroidissement n'est plus forcément nécessaire.
- possibilité d'usiner des voiles minces : les forces de coupe tangentielles diminuent lorsque la vitesse de coupe augmente, il devient donc possible d'usiner des parois minces.

- possibilité d'usiner des aciers traités thermiquement (trempe, cémentation) sans pour autant que le traitement ne soit abîmé par la chaleur.

5.2 Problèmes liés à l'UGV

À cause des fréquences de rotation élevées des outils, des phénomènes d'instabilité dynamique (broutement, vibrations) surviennent régulièrement lors d'opérations d'UGV.

5.3 Spécificités liées à l'UGV

L'augmentation des conditions de coupe implique une spécificité de tous les composants intervenant lors de l'usinage.

On peut citer :

- l'augmentation de la rigidité de la structure des machines-outils ;
- l'augmentation des vitesses de rotation des broches (20 000 tr/min et plus) ;
- l'utilisation de cônes d'attachement de type HSK ;
- la partie commande des machines-outils qui doit s'adapter aux vitesses d'avances plus élevées ;
- le développement d'outils spécifiques qui doivent être capables d'accepter les conditions de coupe, mais aussi de proposer une durée de vie qui soit économiquement rentable ;
- une attention particulière doit être portée sur l'équilibrage de l'ensemble outil-porte outil.

5.4 Domaines d'application de l'UGV

L'UGV est particulièrement utilisé dans des domaines tels que l'aéronautique pour l'usinage dans la masse, la fabrication de moules pour la forge ou la fonderie.