

Programmation en G code de L'usinage des aubes droites de compresseur sur Machine Cnc

Malim Madani
Université Larbi Tebessi
Tebessa
Algerie
madanimeca@yahoo.fr

Mdouki Ramzi
Université Larbi Tebessi
Tebessa
Algerie
mdouki_ramzi@yahoo.fr

Khechana Mohammed
Université Echahid
Hamma Lakhdar El-Oued
Algerie

Résumé – Actuellement, l'emploi de l'outil informatique en termes de Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur (CFAO) est fortement recommandé. L'intégration de la CFAO dans un processus de fabrication se traduit par la prise en compte du savoir-faire de fabrication dès la phase de conception.

La fabrication des formes complexes en Cnc impose une évolution vers une très haute technicité des méthodes de la FAO et des moyens de mise en œuvre de l'opération d'usinage.

Dans ce contexte on propose une méthodologie pour le choix du processus le plus adéquat pour l'usinage d'une AUBE dans le but de réduire le coût d'usinage et d'améliorer la qualité de surface de finition.

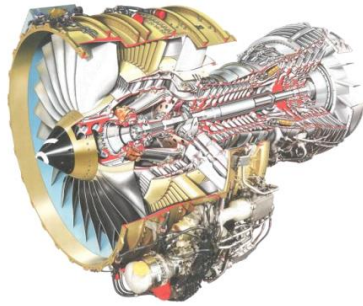
D'abord on commence par la description du module de conception de pièce (Aube sous SolidWorks. Ensuite, On propose les simulations nécessaires pour déterminer la trajectoire optimale d'usinage. Enfin nous terminons cette étude par la recherche des meilleures conditions de la qualité de surface finie.

Mots clés : CFAO , Stratégie d'usinage , Interpolation polynomiale , Aube

1 Introduction

Les turbines et les compresseurs sont des assemblages de différents étages de roues aubagées. Constituées d'un disque et d'aubes identiques (géométrie et propriétés mécaniques) réparties de façon équidistante: ces structures sont dites à symétrie cyclique.

Les travaux scientifiques de cet article concernent avant tout la fabrication de pièces complexes équipant en particulier les turbopompes dans les domaines de l'aéronautique et du spatial.



Turbomachine

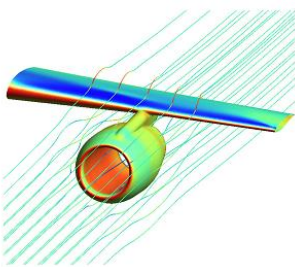
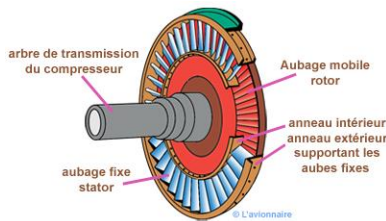


figure 1. les aubes dans les domaines de l'aéronautique et du spatial

Leur fonction principale est de transférer l'énergie entre un fluide et une partie mécanique, au moyen de pales déviant le flux du fluide. En fonctionnement, la performance du système global est fortement liée à l'écoulement du fluide le long des pales et donc à leurs géométries propres.

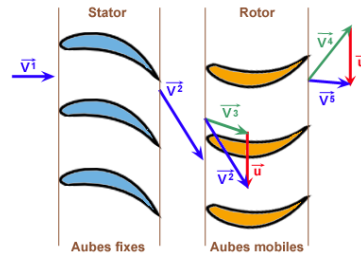


figure 2. l'écoulement du fluide le long des pales

Les pales sont l'un des éléments majeurs de ces pièces. Elles doivent donc satisfaire de nombreux besoins fonctionnels et des spécifications exprimées au cahier des charges.

Alors, la conception et la fabrication des pales jouent un rôle fondamental dans la performance finale du système. La pale réelle réalisée couramment soit par usinage 5-axes en bout soit par le flanc; doit présenter une géométrie la plus fidèle possible à celle calculée et simulée durant les phases de conception. Le but est donc de définir, dès la conception, une géométrie de pales performantes et économiquement réalisables.

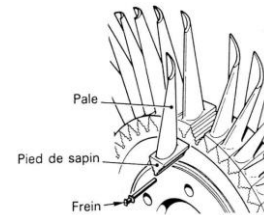


figure 3 fixation des pales

L'une des principales phases de l'obtention d'un produit est sa fabrication. En effet, c'est à cette étape qu'il passe du stade de concept virtuel à la réalité physique. Les étapes précédant la fabrication sont des mises au point "virtuelles" du produit, e.g. le design et la conception. Elles sont pour la plupart numériques, permettant une grande maîtrise de la géométrie des pièces.

2 la programmation polynomiale

Depuis des décennies, la fabrication mécanique utilise plusieurs gammes de systèmes de la CFAO. Ces systèmes proposent différentes méthodes d'interpolation.

Le but de cette diversification est l'obtention d'une trajectoire de l'outil lors de l'usinage de surfaces complexes plus adaptée à la tolérance FAO [1]. On distingue : l'interpolation linéaire, l'interpolation circulaire et l'interpolation polynomiale. L'interpolation linéaire est la plus utilisée, car elle est facile d'usage pour le programmeur. Même si ce mode d'interpolation reste peu utilisé, l'interpolation polynomiale a pour but de pallier les problèmes de l'interpolation linéaire. En effet, la trajectoire étant décrite comme un ensemble de courbes raccordées en discontinuités C1 ou C2, et non plus comme une succession de points raccordés par des segments de droite (discontinuité C0), il n'y a plus de chutes de vitesse liées aux transitions entre blocs.

En interpolation polynomiale, on cherche à ce que les différents blocs soient continus en courbure afin de limiter les discontinuités de vitesse.

Pour cela, l'étude de nouvelles technologies d'interpolation de la trajectoire de l'outil est devenue fondamentale. Parmi les méthodologies existantes, on évalue les interpolations suivantes : linéaire, circulaire et l'interpolation polynomiale (figure 4).

Jusqu'à nos jours, peu de travaux de recherches concernent l'interpolation polynomiale et son influence sur le processus d'usinage en général [2], d'où l'intérêt de traiter tout ce qui est en relation avec ce mode en détail.

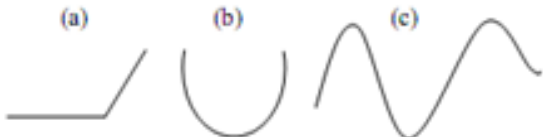


Figure 4 - (a) interpolation linéaire, (b) interpolation circulaire et (c) interpolation polynomiale

2.1 Les types d'interpolations en FAO

2.1.1 L'interpolation linéaire

En fabrication mécanique, l'interpolation linéaire est la méthode la plus simple à manipuler.

L'interpolation linéaire est la génération d'une trajectoire d'outil sous forme d'une ligne brisée composée de succession de petits segments. Les segments ont des angles d'inclinaison les uns par rapport aux autres de 0° à 180°. Une courbe de raccordement intégrée entre les blocs par le DCN est nécessaire pour le lissage du parcours.

L'interpolation linéaire est définie par le code G1 (norme ISO 6983) dans le fichier CN compréhensible par le DCN de la machine. Ainsi, les directeurs des commandes numériques des centres d'usinage actuels pilotent les axes par des échelons de jerk.

2.1.2 L'interpolation circulaire

L'interpolation circulaire est la génération d'une trajectoire d'outil sous forme de cercles ou de succession d'arcs de cercle. Elle est utilisée pour des opérations de raccordement ou d'usinage (perçage orbital, contournage, évidement de poche...). Des stratégies disponibles par les logiciels FAO comme la « spirale parallèle » peuvent être des combinaisons d'interpolations linéaires et circulaires. L'interpolation circulaire est définie par les codes G2 et G3 (suivant le sens de mouvement, norme...) dans le fichier CN compréhensible par le contrôleur de la machine UGV.

2.1.3 L'interpolation polynomiale [3, 4]

L'interpolation polynomiale est la génération d'une trajectoire d'outil sous forme d'une courbe polynomiale de différents degrés. L'interpolation de type spline (ou courbe polynomiale par morceaux) permet de relier des

suites de points de passage ou de contrôle par des courbes lissées. Selon le type du directeur commande numérique et selon le type de la machine, on distingue différentes types d'interpolation polynomiale à utiliser en usinage.

Parmi ces interpolations, on peut citer : Poly., Aspline (spline Akima), Bspline (spline de Bézier), Cspline (spline cubique), Nurbs (spline de base rationnel, non uniforme).

3 Application

3.1 Définition de la pièce

La pièce à concevoir, représente une aube de forme NACA CH10sm, ses coordonnées cartésiennes sont représentées sur le tableau I:

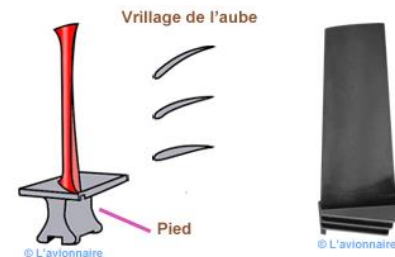


figure 5 l'aube en 3D

CH10 (smoothed)	
1.00000	0.00005
0.99754	0.00169
0.99070	0.00579
0.98037	0.01111
0.96698	0.01721
0.95044	0.02452
0.93064	0.03317
0.90775	0.04292
0.88202	0.05367
0.85370	0.06522
0.82309	0.07725
0.79048	0.08942
0.75616	0.10143
0.72043	0.11298
0.68359	0.12384
0.64594	0.13374

tableau I: ch10sm coordonnées

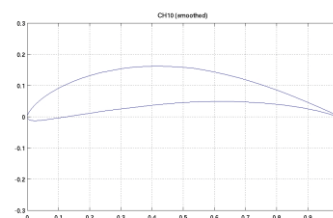


figure 6 .ch10sm plots

Parmi les types d'interpolations utilisés pour l'usinage de l'aube on va choisir l'interpolation linéaire, en utilisant le logiciel SolidWorks pour la conception de l'aube et WinNc pour la simulation et la programmation en code G enfin l'exécution de programme sur machine CNC à 4 axes EMCO Concept Mill 300 (figure 8).

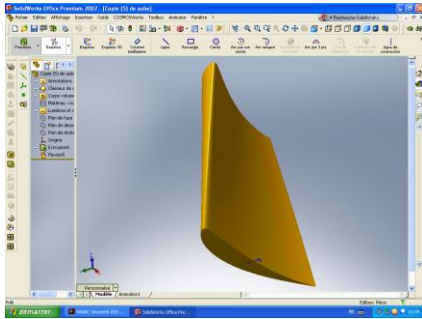
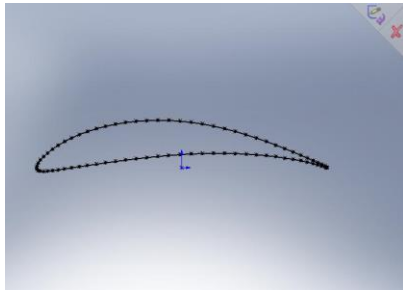


figure 7. conception de l'aube sous SolidWorks

3.2. Machine-outil

La Machine-outil utilisée pour la réalisation de l'aube est EMCO Concept Mill 300

$S=2000$ tr/min , $F=200$ mm/min , $P=4$ mm



figure 8. EMCO Concept Mill 300

4 Choix des stratégies d'usinage

L'Etude de stratégie de fraisage est un aspect important pour le choix de processus adéquat à chaque géométrie usinée. Elle a une influence significative sur la qualité de la surface, sur le temps de cycle et elle peut réduire le coût d'usinage.

Les logiciels de CFAO actuels permettent de gérer un grand nombre des modes des trajectoires basées sur la géométrie de la pièce à réaliser. Il existe donc un grand nombre de stratégie d'usinage possible pour une même forme [5].

Une stratégie d'usinage est associée à la réalisation d'une entité. Elle consiste à proposer à partir des trajectoires d'usinage suivis par l'outil. Selon les conditions de coupe, il existe des différentes stratégies d'usinage qui peuvent être appliquées.

Les stratégies d'usinage disponible dans les logiciels de FAO sont nombreux (Zig Zig, Aller simple, spiral,...), beaucoup des travaux des recherche sont effectués dans ce domaine pour les améliorer (Quinsat yan et al... 2003,

NACEUR Mohamed et al. 2008). Le but de l'opération de finition est d'usiner une pièce en respectant l'état de surface (la rugosité). Contrairement à l'opération d'ébauche, l'état de surface n'est pas une contrainte assez importante, on s'intéresse au temps d'usinage en premier lieu.

4.1. Présentation du système d'optimisation

Le problème qu'on veut résoudre ici c'est comment choisir un processus d'usinage parmi plusieurs en se basant sur la simulation d'usinage sous SolidWorks tout en garantissant la bonne qualité des aubes, avec un pouvoir compétitifs sur le marché.

Plusieurs processus possibles sont proposés pour réaliser cette Aube. Nous citons à titre d'exemple pour l'opération d'usinage trois modes possibles : - spirale extérieure - zig-zag - Aller simple

4.2. Usinage de la pièce

La réalisation de la pièce consiste à usiner une aube à partir d'une pièce cylindrique en utilisant La Machine-outil: EMCO Concept Mill 300

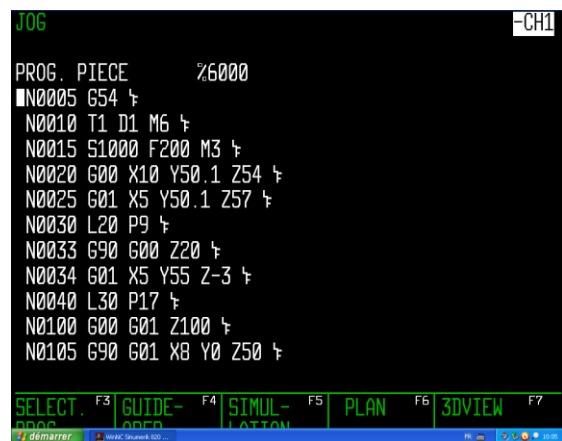
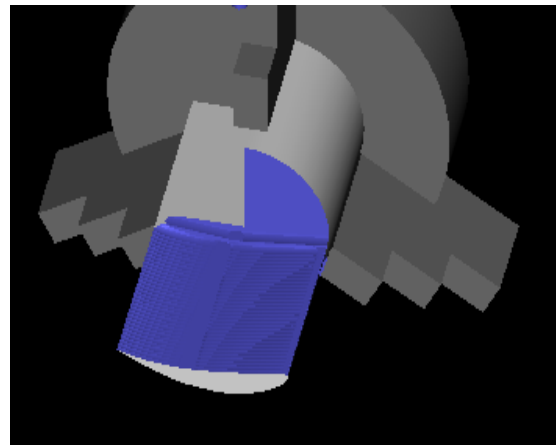


figure 9. programme en code G et Simulation d'usinage de l'aube

5 Conclusion et perspective

Le modèle proposé nous permet de faire toutes les simulations possibles sur 3Dview avant de passer à l'usinage réel des aubes. Le système créé nous permet aussi d'établir les devis nécessaires et le planning de travail avant de passer à l'exécution de commande.

Le bon choix du type de programmation du mouvement des axes de la machine Cnc lors de l'usinage, sert à bénéficier de bonnes conditions de fabrication envers la dynamique de la machine et la qualité du produit.

L'interpolation linéaire est très utilisée dans les ateliers de fabrication pour l'usinage de plusieurs formes, mais elle génère des limites remarquables en usinage des pièces de formes complexes de haute précision. Ainsi, des recherches récentes montrent qu'il y a une augmentation du nombre des nœuds de discrétisation FAO générés; Malgré ça il faut orienter notre recherche vers d'autres interpolations ce qui est notre prochaine axe de recherche.

6 Bibliographie

- [1] André Louis Helleno, Klaus Schutzer, "investigation of tool path interpolation on the manufacturing of die and molds with HSC technology", *Journal of Materials Processing Technology* 179 (2006) 178–184.
- [2] Xavier Pessoles, «Aide au choix du posage en usinage 5 axes continus par la modélisation du comportement cinématique des machines – outils »
Thèse de doctorat Université Toulouse 3 Paul Sabatier (UT3 Paul Sabatier), 5 juillet 2010.
- [3] Siemens SINUMERIK 840D/840Di/810D, « Manuel de programmation-Notions complémentaires », édition 03/2004.
- [4] Siemens SINUMERIK 840D/840Di/810D, « Fonctions polynomiales et Nurbs », édition 2005.
- [5] GUARDIOLA Arturo, RODRIGUEZ Ciro A., SOUZA A.F., DOS SANTOS M.T. "Influence of tool path interpolation on cycle time and following error during high-speed milling of die and mold surfaces" Sixième Conférence Internationale sur l'usinage à grande vitesse 2007.
- [6] S. Lavernhe, « Prise en compte des contraintes associées au couple MO-CN en génération de trajectoire 5 axes UGV », Thèse de doctorat, Ecole Normale Supérieure de Cachan (LURPA), Université de Paris, 30 novembre 2006.
- [7] E. B. Msaddek, Z. Bouaziz, M. Baili and G. Dessein « Optimization of pocket machining strategy in HSM », *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Volume 62, Numbers 1-4 (2012), 69-81
- [8] SOUZA A.F., COELHO R.T. "Investigation of tolerances required for NC program's generation using spline polynomial and linear interpolation to describe a free form tool path for high speed milling" Sixième Conférence Internationale sur l'usinage à grande vitesse 2007.