

Modélisation de la hauteur de crête pour les fraises de formes complexes

Ahmed BENYOUCEF¹, Brahim BENMOHAMMED²

1 Département d'Electromécanique
Centre Universitaire de Bordj Bou Arréridj
Al anaser (34000), Algérie
benyoucef-ahmed@caramail.com

2 Laboratoire de Recherche en Productique (LRP)
Université de Batna , Faculté des sciences de l'ingénieur, Département de Mécanique
1, Rue Chahid Boukhrouf Mohamed El Hadi Batna (05000), Algérie

Résumé - Toute stratégie d'usinage se fonde sur la génération automatique des trajectoires successives de l'outil. Les principaux objectifs qu'une stratégie d'usinage efficace doit remplir sont :

- Le respect des tolérances, qui passe par la prise en compte de la hauteur de crête à chaque passe et qui dépend directement du positionnement relatif de l'outil par rapport à la surface, et de la minimisation du temps d'usinage.

- La hauteur de crête est le défaut de forme sur la pièce après usinage qu'il faut éliminer le plus souvent par polissage. Elle dépend uniquement, lorsque les conditions de coupe sont convenables, de la forme de l'outil et du pas de la profondeur de passe radial.

Le but de ce travail est de développer un modèle géométrique pour déterminer la hauteur de crête lors d'une opération de fraisage avec une fraise de forme, pour généraliser par la suite l'étude à n'importe quelle forme de fraises.

Mots-clefs : Modélisation ; Hauteur de crête ; Fraise de forme.

I. INTRODUCTION

L'usinage des surfaces complexes est l'un des processus de fabrication les plus utilisés dans l'industrie, telles que les moules d'injection de plastique et les matrices d'emboutissage.

Ces surfaces complexes dites gauches sont souvent usinées avec des fraises de forme complexes : hémisphériques, toriques,...

Le long de chaque trajectoire de l'outil, la direction, l'orientation et la vitesse d'avance de l'outil sont instantanément changées. Et en raison de ce changement, des crêtes sont produites sur la surface usinée.

Donc le générateur de codes CNC met beaucoup de temps pour choisir les bonnes trajectoires et les conditions de coupe optimales, dans le but d'améliorer l'état de surface et de minimiser ce défaut géométrique.

Young et al. [1] ont développé un algorithme pour générer les trajectoires d'outil hémisphérique dans le cas des surfaces complexes qui est basé sur l'état de surface désiré. Cet

algorithme inclut la vitesse d'avance et la distance entre chaque passe.

Jenq-Shyong et al. [2-3] ont modélisé la hauteur de crête suivant la direction d'avance et l'intervalle de passe pour une fraise hémisphérique en CBN, et ont aussi étudié l'influence de l'angle d'engagement et d'inclinaison de l'outil sur cette hauteur de crête.

Hsi-Yung et al. [4] ont optimisé la profondeur de passe et la trajectoire de la fraise hémisphérique pour les surfaces en 3D, en se basant sur le calcul des forces de coupe et des erreurs d'usinage résultantes.

B.H. Kima et al. [5] ont proposé une méthode qui peut être employée pour améliorer l'état de surface dans le cas de fraisage multiaxe et pour générer des trajectoires et des conditions de coupe optimales.

Presque tous les travaux existant modélisent la hauteur de crête pour les fraises de forme hémisphériques ou toriques.

Dans ce travail on présente un nouveau modèle pour déterminer la hauteur de crête pour n'importe quelle forme de fraise en fonction de l'incrément de passe de la trajectoire de l'outil.

II. GEOMETRIE DE L'OUTIL

La géométrie globale de la fraise est décrite dans la figure (1-a). Les parties tranchantes se trouvent sur la surface de l'enveloppe de l'outil. Cette enveloppe se compose d'une surface cylindrique de rayon R_0 et d'une surface quelconque définie par sept paramètres géométriques D , R , C_x , C_z , α , β et h .

Le rapport entre ces paramètres peut définir une variété d'outils utilisés dans l'industrie comme le montre la figure (1-d).

Dans un plan qui est parallèle au plan xy , On traite la géométrie de la fraise hémisphérique comme une somme d'outils élémentaires de hauteur dz figure (1-c), où pour chaque arête élémentaire P on se trouve dans le cas de la coupe oblique.

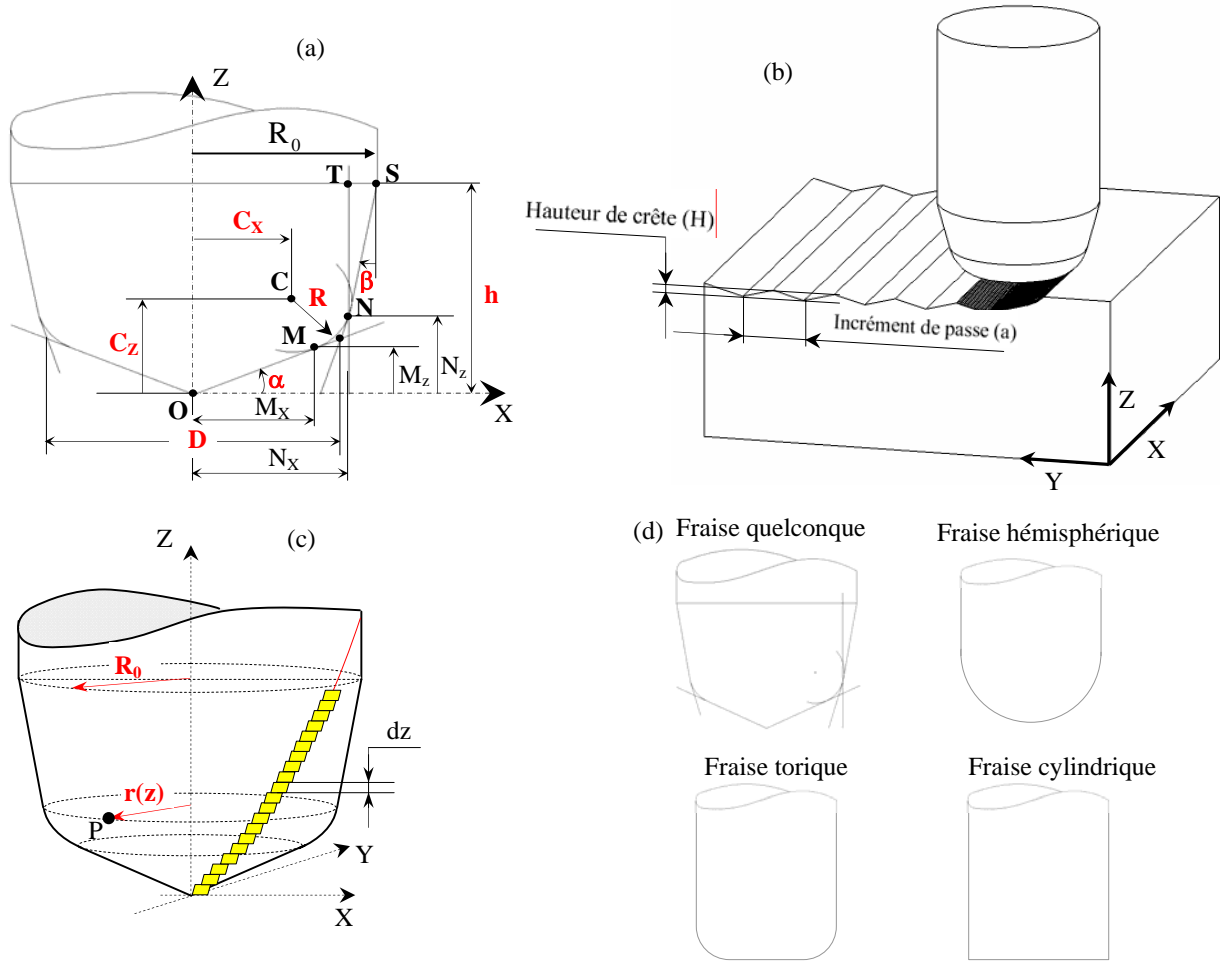


Fig.1 : (a) Géométrie générale de l'outil, (b) Représentation de la pièce à usiner, (c) Décomposition de l'outil en arête élémentaire, (d) Les différents types d'outil.

Les coordonnées du point P à la hauteur z sont définies par un vecteur $r(z)$ dans un plan parallèle au plan XY figure (1-c), ce vecteur est donné par la relation suivante :

$$\begin{cases} r(z) = \frac{z}{\tan \alpha} & \text{dans la zone OM} \\ r(z) = \sqrt{R^2 - (C_z - z)^2} + R_x & \text{dans la zone MN} \\ r(z) = \frac{D}{2}(1 - \tan \alpha \tan \beta) + z \tan \beta & \text{dans la zone NS} \end{cases} \quad (1)$$

où α , β , R , C_x , C_z et D sont les caractéristiques géométriques de l'outil.

Les coordonnées des points M et N suivant X et Z sont données par les équations suivantes :

$$\begin{cases} M_x = C_x + R \sin \alpha \\ M_z = C_z - R \cos \alpha \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} N_x = C_x + R \cos \beta \\ N_z = C_z - R \sin \beta \end{cases} \quad (3)$$

où C_x et C_z sont les coordonnées du point C dans le repère (X, Y, Z) attaché au bout de la fraise.

III. MODELISATION DE LA HAUTEUR DE CRETE

La hauteur de crête (H) est le défaut de forme sur la pièce après usinage qu'il faut éliminer le plus souvent par polissage. Elle dépend de la géométrie de la fraise, de l'incrément de passe (a) et de l'avance. Dans notre étude on suppose que l'outil est rigide (pas de flexion due à l'effort de coupe), et on s'intéresse qu'à la géométrie de la fraise et à l'incrément de passe, figure (1-b).

D'après l'incrément de passe (a), on se trouve dans trois représentations :

A. Si: $\frac{a}{2} \leq M_x$

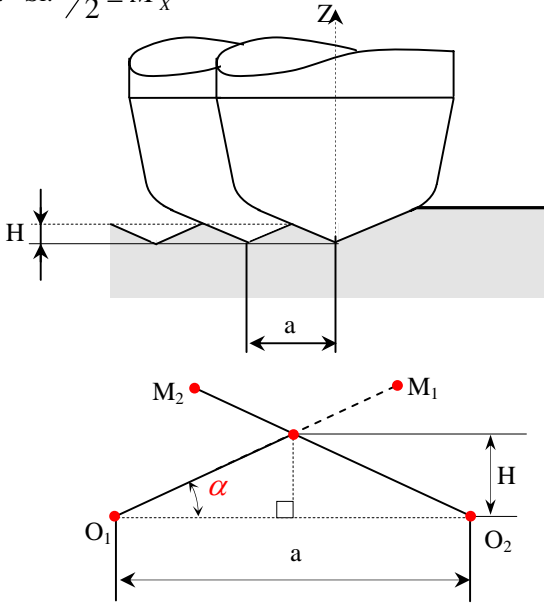


Fig.2 : La hauteur de crête (H) dans le cas où : $\frac{a}{2} \leq M_x$

Dans cette représentation, figure (2) on a $\frac{a}{2} \leq M_x$ et la hauteur de crête H est donnée par :

$$H = (a/2) \cdot \tan \alpha \tag{4}$$

où O₁, O₂, M₁, M₂ sont les points sur l'enveloppe de l'outil pour la première et la deuxième passe respectivement.

B. Si: $M_x < \frac{a}{2} < N_x$

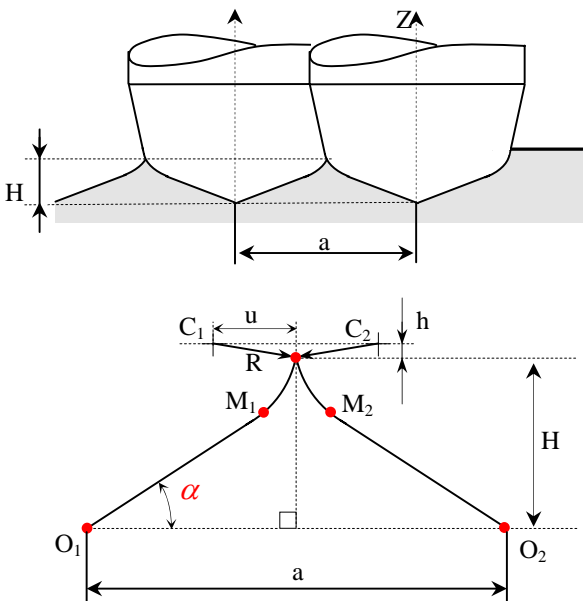


Fig.3 La hauteur de crête (H) dans le cas où : $M_x < \frac{a}{2} < N_x$

D'après la géométrie de la figure (3), on tire les relations suivante :

$$h^2 + u^2 = R^2 \tag{5}$$

$$h = \sqrt{R^2 - u^2} \tag{6}$$

$$\text{avec : } u = \frac{a}{2} - C_x \tag{7}$$

Des relations (5), (6) et (7) on tire la formule donnant la hauteur de crête :

$$H = C_z - \sqrt{R^2 - \left(\frac{a}{2} - C_x\right)^2} \tag{8}$$

C. Si $N_x \leq \frac{a}{2} \leq R_0$

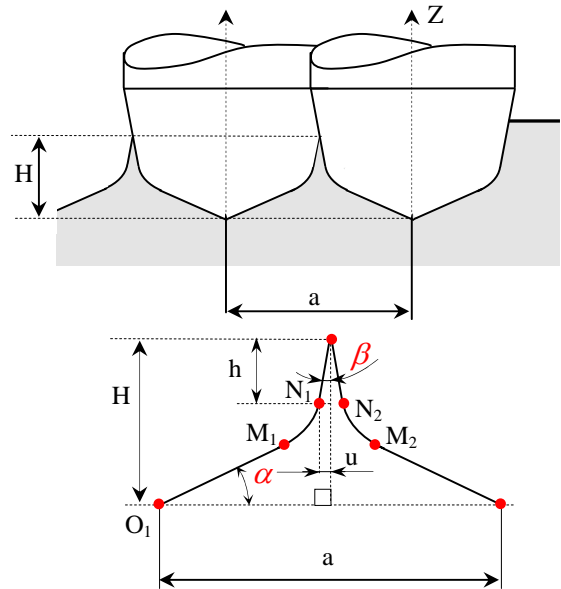


Fig.4 : La hauteur de crête (H) dans le cas où : $N_x \leq \frac{a}{2} \leq R_0$

D'après la figure (4) on tire les relations suivantes:

$$\tan \beta = \frac{u}{h} \tag{9}$$

$$u = \frac{a}{2} - N_x \tag{10}$$

A partir des équations (9) et (10), on obtient l'expression de la hauteur de crête en fonction de la géométrie de la fraise et de l'incrément de passe :

$$H = N_z + h = N_z + \frac{\frac{a}{2} - N_x}{\tan \beta} \tag{11}$$

A partir des équations précédentes la formule globale de la hauteur de crête sera exprimé sous la forme suivante :

$$\begin{cases} H = (a/2) \cdot \tan \alpha & \text{Si : } 0 \leq a/2 \leq M_x \\ H = C_z - \sqrt{R^2 - (a/2 - C_x)^2} & \text{Si : } M_x < a/2 < N_x \\ H = C_z - R \sin \beta + \frac{a/2 - (C_x + R \cos \beta)}{\tan \beta} & \text{Si : } N_x \leq a/2 \leq R_0 \end{cases} \quad (12)$$

IV. RESULTATS ET DISCUSSIONS

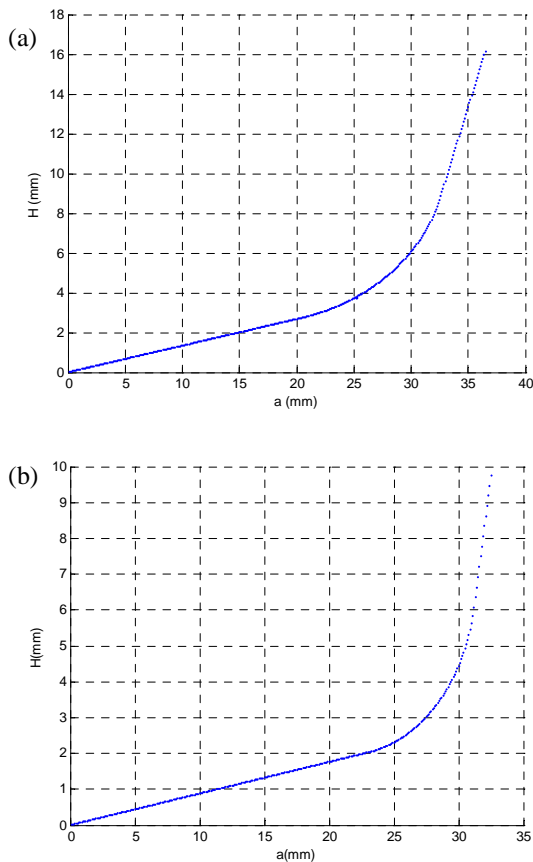


Fig.5 : Influence de l'incrément de passe a sur la hauteur de crête H,
 (a) pour une géométrie d'outil : $\alpha = 15^\circ$, $\beta = 15^\circ$, $R = 8.5 \text{ mm}$, $C_x = 8 \text{ mm}$,
 $C_z = 1 \text{ mm}$, $D = 30 \text{ mm}$, $h = 20 \text{ mm}$ -
 (b) pour une géométrie d'outil : $\alpha = 10^\circ$, $\beta = 10^\circ$, $R = 5 \text{ mm}$, $C_x = 10 \text{ mm}$,
 $C_z = 7 \text{ mm}$, $D = 30 \text{ mm}$, $h = 10 \text{ mm}$.

En vue de valider notre modèle, nous avons simulés la hauteur de crête en fonction de l'incrément de passe pour deux géométries d'outil différentes. Les hypothèses de simulation que nous avons posé émis portent sur la raideur infinie de la pièce, de l'outil et de la machine outil, ainsi que pour une géométrie d'outil et de coupe sans défauts.

La figure (5) montre que la géométrie de l'outil et l'incrément de passe ont une grande influence sur la hauteur de crête.

V. CONCLUSION

Cet article présente un modèle purement géométrique pour déterminer la hauteur de crête dans le cas d'usinage avec une fraise de forme complexe. Ce modèle est basé sur la définition de la géométrie de la fraise et on prenant en compte l'incrément de passe. Pour rendre le modèle plus réaliste, il serait souhaitable de prendre en compte, la vitesse d'avance, la déflexion de l'outil, et l'inclinaison de l'outil (fraisage 5 axes) et de généraliser le modèle pour le fraisage des surfaces complexes.

REFERENCES

- [1] Young-Keun Choi, A. Banerjee 2007 Tool path generation and tolerance analysis for free-form surfaces *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 47 (2007) 689–696
- [2] Jenq-Shyong Chen, Yung-Kuo Huang, Mao-Son Chen 2005 Feedrate optimization and tool profile modification for the high-efficiency ball-end milling process *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 45 (2005) 1070–1076
- [3] Jenq-Shyong Chen, Yung-Kuo Huang, Mao-Son Chen 2005 A study of the surface scallop generating mechanism in the ball-end milling process *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 45 (2005) 1077–1084
- [4] Hsi-Yung Feng et Ning 2000 Su Integrated tool path and feed rate optimization for the finishing machining of 3D plane surfaces *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 40 (2000) 1557–1572
- [5] B.H. Kima et C.N. Chub 1999 Texture prediction of milled surfaces using texture superposition method *Computer-Aided Design* 31 (1999) 485–494
- [6] Jianxin Pi, Edward Red et Greg Jensen 1998 Grind-free tool path generation for five-axis surface machining *Computer Integrated Manufacturing Systems* Vol. II No. 4 p. 337-350, 1998
- [7] Chung-Chen Tsao et Wen-Chou Chen 1997 Effects of cutting parameters on the scallop size during the milling processes *Journal of Materials Processing Technology* 72 (1997) 208-213
- [8] S. Engin, Y. Altintas 2001 Mechanics and dynamics of general milling cutters. Part I: helical end mills *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 41 (2001) 2195–2212