

# XÁC ĐỊNH QUỸ ĐẠO TÂM DAO KHI GIA CÔNG CHI TIẾT PHẪNG CÓ BIÊN DẠNG PHỨC TẠP TRÊN MÁY CNC BẰNG ĐẠO PHAY NGÓN

Nguyễn Tuấn Kiệt - Lê Khánh Điền - Phạm Huy Hoàng

Trường Đại học Kỹ thuật

(Bài nhận ngày 14/03/2000)

**TÓM TẮT:** Nội dung của bài báo nhằm nghiên cứu chuyển động tương đối của dao và phôi trong quá trình gia công chi tiết có biên dạng cho trước trên cơ sở lý thuyết tạo hình. Bài báo cũng đặt vấn đề điều khiển chuyển động trên cơ sở máy CNC sử dụng hệ tọa độ độ cực vốn thích hợp trong việc xác định biên dạng các chi tiết phức tạp như chi tiết cam trong cơ khí.

## I MÔ TẢ VẤN ĐỀ

Để gia công chi tiết phẳng có biên dạng là đường cong cho trước, ta dùng dao phay ngón với bán kính R.

Biên dạng chi tiết gia công được biểu diễn dưới dạng phương trình độ cực:

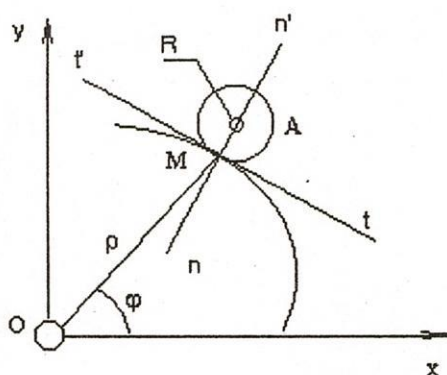
$$\rho = \rho(\varphi), \quad (1)$$

trong đó:

$\rho$  là bán kính độ cực,

$\varphi$  là góc cực.

Tại từng thời điểm, biên dạng của dao và biên dạng của chi tiết tiếp xúc nhau tại điểm M, M là điểm tạo hình (hình 1).



Hình 1

Tại M có tiếp tuyến  $tt'$  và pháp tuyến  $nn'$  với 2 biên dạng dao và chi tiết được gia công. Do biên dạng dao là vòng tròn tâm A bán kính R nên tâm dao phải nằm trên pháp tuyến chung  $nn'$  và  $MA=R$ .

Để việc tính toán được đơn giản, tọa độ điểm M được xác định trong tọa độ Descartes như sau:

$$M \begin{cases} x_M = \rho \cdot \cos(\varphi) \\ y_M = \rho \cdot \sin(\varphi) \end{cases} \quad (2)$$

## II TÍNH TOÁN XÁC ĐỊNH TỌA ĐỘ TÂM DỤNG CỤ CẮT:

Phương trình đường tiếp tuyến nn' tại điểm M có dạng sau:

$$y - y_M = -\frac{1}{y'_M} (x - x_M), \quad (3)$$

Trong đó  $y'_M$  là đạo hàm theo x của đường cong biên dạng tại điểm M đang xét, tính  $y'_M$  như sau:

$$y' = \frac{dy}{dx_M} = \frac{dy}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dx_M} \quad (4)$$

Thay (2) vào (4), ta có:

$$\frac{dx}{d\varphi} = \frac{d(\rho \cdot \cos \varphi)}{d\varphi} = \rho' \cos \varphi - \rho \sin \varphi$$

$$\frac{dy}{d\varphi} = \frac{d(\rho \cdot \sin \varphi)}{d\varphi} = \rho' \sin \varphi + \rho \cos \varphi$$

Trong đó  $\rho' = d\rho/d\varphi$  là đạo hàm của bán kính cực  $\rho$  theo góc cực  $\varphi$ .

Vậy:

$$y'_M = \frac{\rho' \sin \varphi + \rho \cos \varphi}{\rho' \cos \varphi - \rho \sin \varphi} \quad (5)$$

Vì tâm dao A nằm trên pháp tuyến nn' và cách M một đoạn R nên tọa độ của nó là nghiệm của hệ phương trình sau:

-Pháp tuyến nn':  $y - y_M = -\frac{1}{y'_M} (x - x_M) \quad (6)$

-Vòng tròn tâm M bán kính R:  $(x - x_M)^2 + (y - y_M)^2 = R^2$

Thay tọa độ tâm dao A ( $x_A, y_A$ ) vào 2 phương trình trên ta có:

$$y_A - y_M = -\frac{1}{y'_M} (x_A - x_M) \quad (7)$$

$$(x_A - x_M)^2 + (y_A - y_M)^2 = R^2 \quad (8)$$

thay thế (7) vào phương trình (8) ta được

$$\Rightarrow (x_A - x_M)^2 \cdot \left(1 + \frac{1}{y'_M{}^2}\right)^2 = R^2$$

$$\text{Vậy } x_A = x_M \pm y_M' \cdot \frac{R}{\sqrt{1+y_M'^2}}$$

Ta có 2 lời giải vì đường pháp tuyến nn' cắt vòng tâm M, bán kính R tại 2 điểm, ta hãy biện luận để chọn nghiệm:

Dấu + cho trường hợp gia công biên dạng trong,

Dấu - cho trường hợp gia công biên dạng ngoài.

Trong phạm vi bài viết này, ta chọn trường hợp gia công ngoài nên:

$$x_A = x_M - y_M' \cdot \frac{R}{\sqrt{1+y_M'^2}} \quad (9)$$

Thế (9) vào (7) ta được

$$\Rightarrow y_A = y_M - \frac{1}{y_M'} (x_A - x_M) = y_M + \frac{R}{\sqrt{1+y_M'^2}} \quad (10)$$

Thay (2) và (5) vào (9) và (10) ta được 2 lời giải tọa độ tâm dao cắt A như sau:

$$(11) \quad \begin{cases} x_A = \rho \cdot \cos\varphi - \frac{\rho' \cdot \sin\varphi + \rho \cdot \cos\varphi}{\sqrt{\rho'^2 + \rho^2}} R \\ y_A = \rho \cdot \sin\varphi + \frac{\rho' \cdot \cos\varphi - \rho \cdot \sin\varphi}{\sqrt{\rho'^2 + \rho^2}} R \end{cases}$$

Đây chính là tọa độ cần xác định của tâm dao A trong chuyển động tạo hình tương ứng với từng điểm gia công M cho bởi (2).

Khoảng cách tâm dao A và tâm chi tiết gia công O cho bởi:

$$OA = \sqrt{x_A^2 + y_A^2}$$

$$OA = \sqrt{\rho^2 + R^2 \pm \frac{2R \rho^2}{\sqrt{\rho'^2 + \rho^2}}} \quad (12)$$

Trong đó:  $\rho = \rho(\varphi)$  bán kính cam do phần thiết kế cung cấp.

R: bán kính đá là hằng số.

Dấu + trường hợp gia công ngoài.

Dấu - trường hợp gia công trong.

$\rho' = \frac{d\rho}{d\varphi}$  vi phân của bán kính cong cam  $\rho$  theo góc cực  $\varphi$

Do vậy AO là một hàm theo  $\varphi$  có thể dùng xác định vị trí tâm dao tương đối so tâm chi tiết trong lúc gia công đúng nguyên lý bao hình trên hệ thống máy dùng tọa độ độc cực.

Tóm lại, ta có thể dùng công thức (11) cho việc gia công trên máy CNC dùng hệ tọa độ Descartes và công thức (12) cho máy dùng tọa độ cực.

### III THÍ DỤ CỤ THỂ CHO TRƯỜNG HỢP BIẾN DẠNG GIA CÔNG LÀ MỘT PHẦN CỦA ĐƯỜNG XOẺN LOGARIT

Xét trường hợp gia công chi tiết cam có biên dạng là đường xoắn Logarit cho bởi phương trình

$$\rho = A e^{B\varphi}$$

Lấy đạo hàm theo  $\varphi$

$$\Rightarrow \rho' = AB e^{B\varphi}$$

Thay thế vào phương trình (11) ta có thể xác định tọa độ tâm dụng cụ A

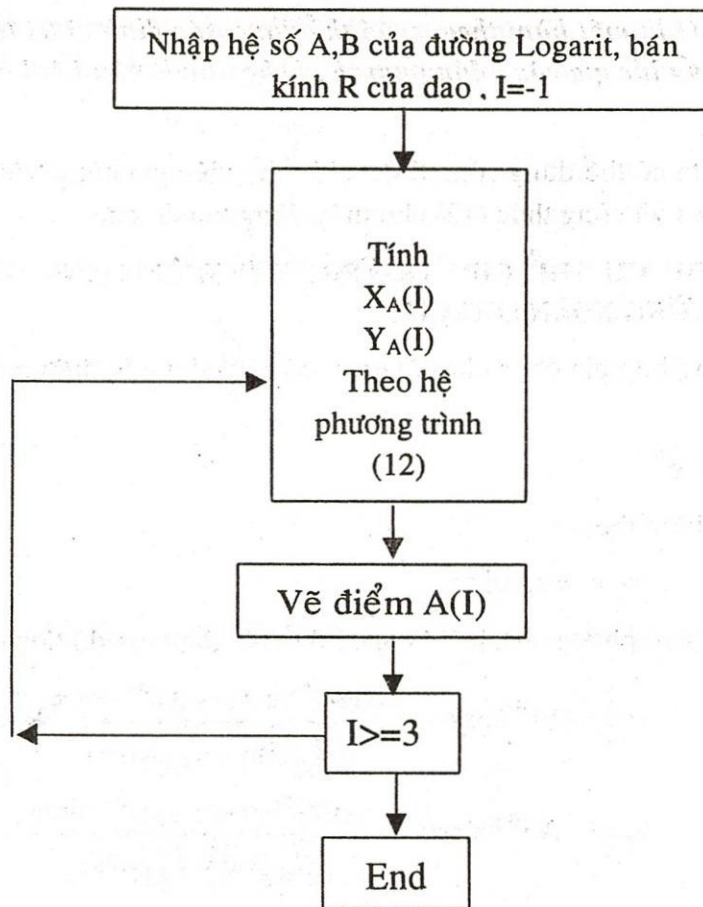
$$x_A = Ae^{B\varphi} \cdot \cos\varphi - \frac{ABe^{B\varphi} \cdot \sin\varphi + Ae^{B\varphi} \cdot \cos\varphi}{\sqrt{(Ae^{B\varphi})^2 + (ABe^{B\varphi})^2}} R$$
$$y_A = Ae^{B\varphi} \cdot \sin\varphi + \frac{ABe^{B\varphi} \cdot \cos\varphi - Ae^{B\varphi} \cdot \sin\varphi}{\sqrt{(Ae^{B\varphi})^2 + (ABe^{B\varphi})^2}} R$$

Hay

$$x_A = Ae^{B\varphi} \cdot \cos\varphi - \frac{B \cdot \sin\varphi + \cos\varphi}{\sqrt{1+B^2}} R \quad (12)$$

$$y_A = Ae^{B\varphi} \cdot \sin\varphi + \frac{B \cdot \cos\varphi - \sin\varphi}{\sqrt{1+B^2}} R$$

Để minh họa cho trường hợp gia công cam logarit nó trên ta lập sơ đồ thuật toán (hình 2) để xác định tâm dao khi gia công cho trường hợp này:



Hình 2

**DETERMINATION OF THE RELATIVE MOTION OF CUTTING TOOL IN  
MANUFACTURING THE GIVEN COMPLICATED PROFILE  
MECHANICAL DETAIL IN THE BASE OF FORMAL CREATION THEORY.**

**Nguyen Tuan Kiet - Le Khanh Dien - Pham Huy Hoang**

*ABSTRACT : In this paper, we study the determination the path generation of the cutting tool In manufacturing the plane complicated profile. The direction of this paper is the research of the relative motion of cutting tool and detail in manufacturing the given complicated profile mechanical detail in the base of formal creation theory.*

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1] GS, TS Bùi Song Cầu, Bài giảng Lý Thuyết Tạo Hình lớp Cao học Chế tạo Máy khóa 2
- [2] Hutte, Manuel de l'ingénieur, 1972.
- [3] Đào Huy Bích, Phép tính Tensor, NXB KHKT.