

NGHIÊN CỨU PHÁT TRIỂN POSTPROCESSOR CHO MÁY CNC 5 TRỤC 2 ĐẦU XOAY

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF POSTPROCESSOR
FOR 5-AXIS CNC MACHINE HEAD-HEAD ROTATING TYPE

Đàm Việt Phương^{1,*}, Vũ Quốc Trụ¹,
Nguyễn Trường Thành², Nguyễn Quang Dũng³

DOI: <http://doi.org/10.57001/huiv5804.2024.374>

TÓM TẮT

Các phần mềm CAM phổ biến hiện nay (như Siemens NX, Catia, Creo, Mastercam,...) có thể tạo ra đường chạy dao để gia công với rất nhiều chiến lược rất hiệu quả, tuy nhiên để có thể sử dụng trên các máy CNC để thực hiện cắt gọt thực tế thì cần phải biên dịch đường chạy dao xuất ra từ các phần mềm CAM thành các mã lệnh G-Code, M-Code phù hợp cho từng loại máy. Các bộ postprocessor có sẵn trong các phần mềm CAM thương mại hiện nay thường chỉ sử dụng được cho máy CNC 3 trục hoặc một số loại máy CNC 4 trục, 5 trục cơ bản. Có 3 dạng máy CNC 5 trục phổ biến, đó là dạng máy 2 bàn xoay (Table- Table Rotary), máy 1 đầu xoay và 1 bàn xoay (Head- Table Rotary) và máy 2 đầu xoay (Head- Head Rotary) trong đó với máy CNC 5 trục có đầu xoay, mã G-Code không những phụ thuộc vào kết cấu chế tạo của máy mà còn phụ thuộc cả vào chiều dài của dụng cụ. Nghiên cứu này tập trung vào phát triển bộ postprocessor cho máy CNC 5 trục với 2 đầu xoay nghiêng độ, loại postprocess này thường không được cung cấp sẵn trong các phần mềm CAM.

Từ khóa: Postprocessor, máy CNC 5 trục đầu xoay.

ABSTRACT

Current popular CAM software (such as Siemens NX, Catia, Creo, Mastercam, etc.) can generate toolpaths for machining with many highly efficient strategies. However, to be able to use them on CNC machines for actual cutting, it is necessary to translate the toolpaths generated by CAM software into suitable G-Code and M-Code commands for each type of machine. The built-in postprocessors in commercial CAM software usually only work for 3-axis CNC machines or some basic types of 4-axis and 5-axis CNC machines, not for all of CNC machine type. There are three common types of 5-axis CNC machines: Table-Table Rotary, Head-Table Rotary, and Head-Head Rotary. For 5-axis CNC machines with rotary heads, the G-Code depends not only on the machine's manufacturing structure but also on the length of the tool. This research focuses on developing a postprocessor for 5-axis CNC machines with two tilting rotary heads, a type of postprocessor that is often not provided in CAM software.

Keywords: Postprocessor, Head-Head CNC 5 Axis.

¹Khoa Hàng không vũ trụ, Học viện Kỹ thuật Quân sự

²Trường Sĩ quan không quân

³Khoa Vũ khí, Học viện Kỹ thuật Quân sự

*Email: damphuong@gmail.com

Ngày nhận bài: 22/3/2024

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 05/6/2024

Ngày chấp nhận đăng: 28/11/2024

1. GIỚI THIỆU

Postprocessor có nhiệm vụ chuyển đổi dữ liệu đường chạy dao từ phần mềm CAM thành dữ liệu G-code, M-Code mà các máy CNC có thể đọc và thực thi. Mỗi phần

mềm CAM thường gắn kèm một số bộ Postprocessor cho một số loại máy phay CNC 3 trục và một số loại máy CNC 5 trục cơ bản, phụ thuộc vào cấu hình và hệ điều khiển của máy. Đối với các máy CNC 5 trục, có nhiều tham số

ảnh hưởng đến quá trình biên dịch dữ liệu và một bộ postprocessor không thể được sử dụng cho nhiều loại máy CNC 5 trục khác nhau mà mỗi loại máy CNC 5 trục sẽ có bộ postprocessor phù hợp. Nhiều nghiên cứu trước đây đã nghiên cứu các bộ postprocessor cho các máy CNC 5 trục. Ví dụ, Lee và She đã phát triển một postprocessor cho 3 loại máy CNC 5 trục: loại bàn nghiêng, loại đầu nghiêng và loại bàn/đầu nghiêng [1]. Chen-Hua She và Rong-Shean Lee nghiên cứu postprocessors cho ba loại máy phay CNC 5 trục: loại bàn nghiêng, loại trục chính nghiêng, loại bàn/trục chính nghiêng dựa trên mô hình động học tổng quát của các dụng cụ gia công năm trục [2]. Jung và cộng sự đã phát triển một bộ post-processor cho máy phay 5 trục loại bàn quay/nghiêng. Với loại máy này, việc dịch từ tọa độ phôi thành tọa độ tuyệt đối không phụ thuộc vào chiều dài dụng cụ, điều này có nghĩa là khi thay đổi chiều dài dụng cụ, chương trình CNC không thay đổi [3]. O. Remus Tutunea Fatan và Hsi-Yung Feng đã phát triển một mô hình động học tổng quát cho các cấu hình của các máy CNC 5 trục [4]. Knut Sørby trình bày một thuật toán để tính toán động học ngược của máy năm trục và phân tích động học của loại máy năm trục với các trục quay không trục giao [5]. Chen-Hua She và Chun-Cheng Chang đã trình bày một thuật toán postprocessor cho máy CNC 5 trục có một đầu xoay nghiêng [6]. Jung HyounChul, Hwang Jong-Dae, Park Ki-Beom, Jung Yoon-Gyo phát triển postprocessor cho các máy 5 trục bàn quay và nghiêng độ [7]. Hwang Jin Son, Young Tae Cho và Yoon Gyo Jung giới thiệu một chương trình postprocessor với trục B nghiêng 45° và di chuyển thẳng theo các trục X và Z, trục C gắn với bàn quay và di chuyển theo trục Y [8]. Trần Đức Tăng nghiên cứu bộ postprocessor cho máy phay 5 trục dạng 2 bàn xoay, với trục B nghiêng 45° so với trục Y, [9]. Chu Anh Mỹ và đồng nghiệp đã phát triển postprocessor cho máy phay 5 trục Spinner U5-620 [10]. Máy này là loại xoay bàn kép nên độ dài công cụ không ảnh hưởng đến việc truyền dữ liệu CAM. Nghiên cứu này trình bày phương pháp của tác giả trong xây dựng một postprocessor dùng cả cho hai loại máy phay 5 trục với 2 đầu xoay: Máy CNC 2 đầu xoay không nghiêng độ và máy CNC 2 đầu xoay nghiêng độ, dựa trên việc xác định ma trận chuyển đổi tọa độ. Dựa trên phương pháp này, thông qua việc xây dựng ma trận chuyển đổi tọa độ, có thể xây dựng một bộ postprocessor cho các cấu hình máy CNC 5 trục khác nhau để dàng. Trong nghiên cứu này, phần mềm postprocessor cho mô hình máy phay CNC 5 trục với đầu quay gắn với trục B/đầu quay gắn với trục C, có hướng quay B+ và C-. Postprocessor cho các máy CNC 5 trục khác cũng có thể

thêm vào phần mềm một cách dễ dàng bằng cách thay đổi công thức của ma trận chuyển đổi tọa độ. Có ba yếu tố quan trọng cho việc xây dựng một bộ postprocessor: Mô hình động học của máy CNC, tùy thuộc vào cấu trúc và cấu hình chuyển động của các trục, định dạng dữ liệu CL-Data, phương pháp xử lý dữ liệu CL-Data. Mục tiêu của nghiên cứu này là xây dựng một bộ postprocessor với dữ liệu đầu vào định dạng CLSF được xuất từ phần mềm Siemens NX và dữ liệu đầu ra G-code có thể được sử dụng cho các máy CNC.

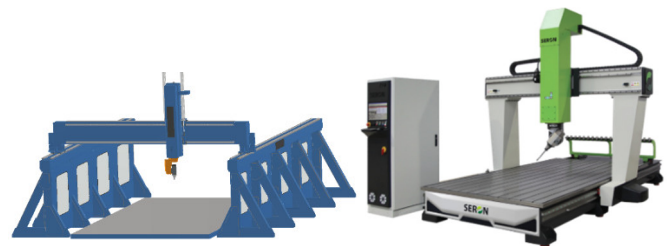
2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Xây dựng hệ phương trình động học của máy CNC

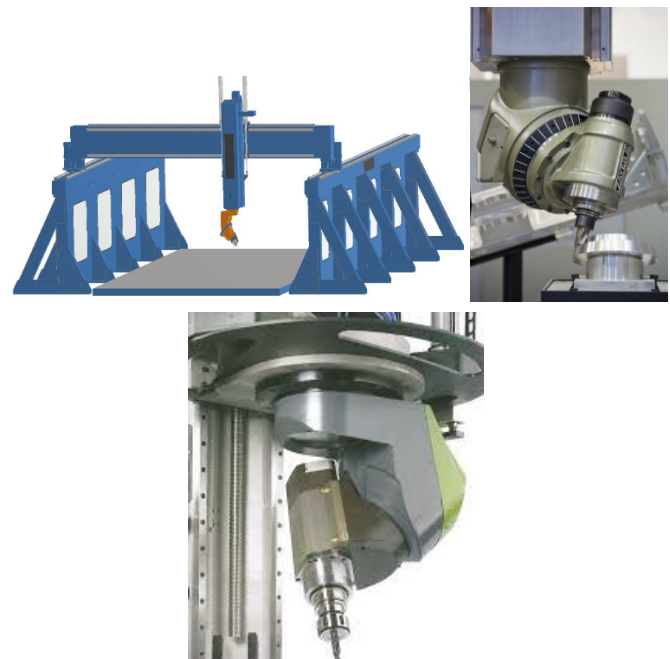
2.1.1. Lựa chọn dạng máy CNC

Nghiên cứu này lựa chọn 2 mẫu máy CNC dạng 2 đầu xoay:

- Máy CNC 2 đầu xoay với các trục quay vuông góc (Head- Head Type) (hình 1).
- Máy CNC 2 đầu xoay với các trục quay không vuông góc (Head- Head Tilting Type) (hình 2).



Hình 1. Máy CNC dạng Head-Head, chiều quay B+, C-



Hình 2. Máy CNC 2 đầu xoay dạng Head- Head Tilting $\alpha = 45^\circ$ có chiều quay B+, C-

2.1.2. Động học của máy CNC 5 trục

Ký hiệu các tham số của máy CNC:

* Giới hạn của trục quay:

- Giá trị góc B từ $-B^0$ đến $+B^0$ (có thể thay đổi trong bộ postprocessor)

- Giá trị góc C từ 0^0 đến $359,999^0$

* L: Khoảng cách từ mũi dao đến giao điểm O_2 của trục B và trục chính ($O_2T = L$)

* α : Góc nghiêng của trục B theo tương quan với trục chính (hình 3).

*Axyz: Hệ tọa độ tuyệt đối có các trục Ax, Ay, Az song song với các trục tịnh tiến của máy CNC, gắn liền với bàn X-Y. Đối với máy CNC 5 trục dạng 2 đầu xoay hay 2 đầu xoay nghiêng độ, hệ tọa độ này trùng với hệ tọa độ phôi.

* $O_1x_1y_1z_1$: Hệ tọa độ gắn với trục quay C.

* $O_2x_2y_2z_2$: Trong trường hợp chung, hệ tọa độ này không phải hệ trục giao, gắn liền với trục chính, có gốc O_2 là giao điểm của trục B với trục chính. O_2z_2 đồng trục với trục chính, O_2y_2 đồng trục với trục B. Khi $B = 0^0$, $C = 0^0$: O_2x_2 song song với trục AX.

*T: Tâm của dao (hình 3)

* $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$: Vec-tơ đơn vị tương ứng với các trục AX, AY, AZ.

* $\vec{i}_1, \vec{j}_1, \vec{k}_1$: Vec-tơ đơn vị tương ứng với các trục O_1x_1, O_1y_1, O_1z_1 .

* $\vec{i}_2, \vec{j}_2, \vec{k}_2$: Vec-tơ đơn vị tương ứng với các trục O_2x_2, O_2y_2, O_2z_2 .

*X, Y, Z: Tọa độ tuyệt đối (Tọa độ trong file NC)

* x_w, y_w, z_w : Tọa độ phôi (Tọa độ trong CL Data)

* L_1 : Khoảng cách từ O_1 đến giao điểm H của trục O_1x_1 với trục O_2x_2 ($L_1 = O_1H$)

* y_H : Độ dài đại số của đoạn $\overline{O_2H}$, chiều dương theo trục O_2y_2 . ($y_H = \overline{O_2H}$)

$$[A_2] = \begin{bmatrix} (\cos B \cos C + \sin \alpha \sin B \sin C) & -\sin C \cos B + \sin \alpha \sin B \cos C & -\cos \alpha \sin B \\ \cos \alpha \sin C & \cos \alpha \cos C & \sin \alpha \\ \left(\cos \alpha \sin B \cos C + \frac{1}{2} \sin 2\alpha (1 - \cos B) \sin C\right) & \left(-\sin C \cos \alpha \sin B + \frac{1}{2} \sin 2\alpha (1 - \cos B) \cos C\right) & (\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha \cos B) \end{bmatrix} \quad (4)$$

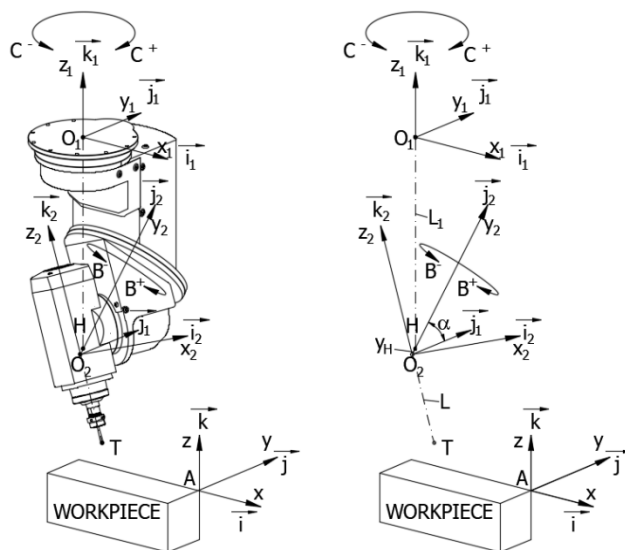
* $B_{previous}$: Góc B tại thời điểm trước

* $C_{previous}$: Góc C tại thời điểm trước

Mối liên hệ giữa tọa độ phôi và tọa độ tuyệt đối:

Để tính toán động học ngược và thuận của máy CNC 5 trục, cần xác định mối quan hệ giữa các hệ tọa độ ($O_1x_1y_1z_1$), ($O_2x_2y_2z_2$) và (AXYZ).

Động học thuận của máy CNC 5 trục dạng Head - Head Tilting:



Hình 3. Mối liên hệ giữa các hệ tọa độ

Ta có:

$$\overline{AT} = \overline{AO_1} + \overline{O_1H} + \overline{HO_2} + \overline{O_2T} \quad (1)$$

Khai triển:

$$\begin{aligned} \overline{AO_1} &= X\vec{i} + (Y + y_H \cos \alpha)\vec{j} + (Z + L + L_1 + y_H \sin \alpha)\vec{k} \\ \overline{O_1H} &= -L_1\vec{k}_1 \\ \overline{HO_2} &= -y_H\vec{j}_2 \\ \overline{O_2T} &= -L\vec{k}_2 \end{aligned} \quad (2)$$

Do:

$$\begin{bmatrix} \vec{i}_1 \\ \vec{j}_1 \\ \vec{k}_1 \end{bmatrix} = [A_1] \begin{bmatrix} \vec{i} \\ \vec{j} \\ \vec{k} \end{bmatrix}; \quad \begin{bmatrix} \vec{i}_2 \\ \vec{j}_2 \\ \vec{k}_2 \end{bmatrix} = [A_2] \begin{bmatrix} \vec{i} \\ \vec{j} \\ \vec{k} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Ở đây:

$$[A_1] = \begin{bmatrix} \cos C & -\sin C & 0 \\ \sin C & \cos C & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Hướng của trục dao là \vec{k}_2 :

$$\vec{k}_2 = [I \quad J \quad K] \begin{bmatrix} \vec{i} \\ \vec{j} \\ \vec{k} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Từ (1), (2), (3), (4):

$$\vec{AT} = \begin{pmatrix} X - y_H \cos \alpha \sin C \\ -L \left(\cos \alpha \sin B \cos C + \frac{1}{2} \sin 2\alpha (1 - \cos B) \sin C \right) \\ Y + y_H \cos \alpha (1 - \cos C) \\ +L \left(\cos \alpha \sin C \sin B - \frac{1}{2} \sin 2\alpha (1 - \cos B) \cos C \right) \\ Z \\ +L \cos^2 \alpha (1 - \cos B) \end{pmatrix} \vec{i} + \begin{pmatrix} Y + y_H \cos \alpha (1 - \cos C) \\ +L \left(\cos \alpha \sin C \sin B - \frac{1}{2} \sin 2\alpha (1 - \cos B) \cos C \right) \\ Z \\ +L \cos^2 \alpha (1 - \cos B) \end{pmatrix} \vec{j} + \begin{pmatrix} Z \\ +L \cos^2 \alpha (1 - \cos B) \end{pmatrix} \vec{k} \quad (6)$$

Mặt khác:

$$\vec{AT} = x_w \vec{i} + y_w \vec{j} + z_w \vec{k} \quad (7)$$

Từ (4), (5), (6), rút ra hệ phương trình động học thuận của máy CNC 5 trục dạng Head-Head Tilting:

$$\begin{cases} I = \cos \alpha \sin B \cos C + \frac{1}{2} \sin 2\alpha (1 - \cos B) \sin C \\ J = -\cos \alpha \sin C \sin B + \frac{1}{2} \sin 2\alpha (1 - \cos B) \cos C \\ K = \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha \cos B \\ x_w = X - y_H \cos \alpha \sin C \\ -L \left(\cos \alpha \sin B \cos C + \frac{1}{2} \sin 2\alpha (1 - \cos B) \sin C \right) \\ y_w = Y + y_H \cos \alpha (1 - \cos C) \\ +L \left(\cos \alpha \sin C \sin B - \frac{1}{2} \sin 2\alpha (1 - \cos B) \cos C \right) \\ z_w = Z + L \cos^2 \alpha (1 - \cos B) \end{cases} \quad (8)$$

2.2. Động học ngược của máy CNC 5 trục

Từ (8), ta thấy có 2 giá trị của góc B thỏa mãn hệ phương trình động học thuận, khi góc B được xác định thì góc C và các giá trị tọa độ tuyệt đối (X, Y, Z) cũng được xác định duy nhất theo góc B. Với mỗi đường chạy dao, khi góc B ban đầu được xác định, các góc B ở thời điểm sau sẽ xác định duy nhất dựa vào tính chất liên tục của đường chạy dao. Trong nghiên cứu này, giá trị (X, Y, Z, B, C) có thể xác định theo công thức sau:

$$\begin{cases} B = \arcsin \frac{K - \sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha}, \alpha \neq 90^\circ \\ \text{or:} \\ B = -\arcsin \frac{K - \sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha}, \alpha \neq 90^\circ \\ \text{or:} \\ B = B_{\text{previous}}, \text{ khi: } K = K_{\text{previous}} \end{cases} \quad (9)$$

Góc C được xác định theo góc B và các giá trị (I, J):

$$\begin{cases} C = \arccos \left(\frac{I \cos \alpha \sin B + \frac{1}{2} \sin 2\alpha (1 - \cos B)}{\cos^2 \alpha \sin^2 B + \frac{1}{4} \sin^2 2\alpha (1 - \cos B)^2} \right), \\ \frac{1}{2} I \sin 2\alpha (1 - \cos B) - J \cos \alpha \sin B \geq 0, B \neq 0^\circ \\ C = 360^\circ - \arccos \left(\frac{I \cos \alpha \sin B + \frac{1}{2} \sin 2\alpha (1 - \cos B)}{\cos^2 \alpha \sin^2 B + \frac{1}{4} \sin^2 2\alpha (1 - \cos B)^2} \right), \\ \frac{1}{2} I \sin 2\alpha (1 - \cos B) - J \cos \alpha \sin B < 0, B \neq 0^\circ \\ C = C_{\text{previous}}, \quad B = 0 \end{cases} \quad (10)$$

Từ (9), (10), tọa độ (X, Y, Z) được xác định bởi công thức:

$$\begin{cases} X = x_w + y_H \cos \alpha \sin C \\ +L \left(\cos \alpha \sin B \cos C + \frac{1}{2} \sin 2\alpha (1 - \cos B) \sin C \right) \\ Y = y_w - y_H \cos \alpha (1 - \cos C) \\ -L \left(\cos \alpha \sin C \sin B - \frac{1}{2} \sin 2\alpha (1 - \cos B) \cos C \right) \\ Z = z_w - L \cos^2 \alpha (1 - \cos B) \end{cases} \quad (11)$$

Phần mềm CAM sẽ xuất ra các giá trị tọa độ phiê và vec-tơ chỉ hướng của dao x_w, y_w, z_w, I, J, K , thông qua bộ postprocessor, các giá trị tọa độ tuyệt đối X, Y, Z, B, C được xác định và cung cấp cho máy CNC hoạt động.

3. PHÁT TRIỂN VÀ THỬ NGHIỆM BỘ POSTPROCESSOR

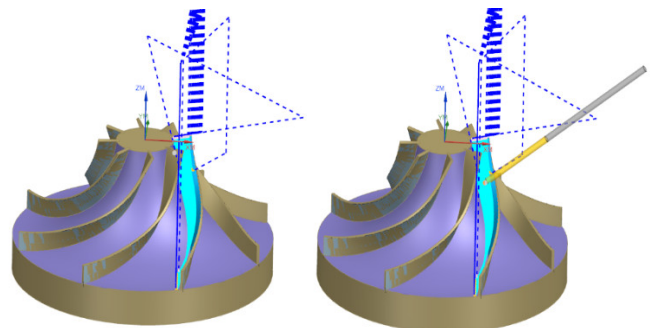
3.1. Phát triển bộ Postprocessor

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sử dụng ngôn ngữ TCL (Tool Command Language) và xây dựng một chương trình tính toán tọa độ tuyệt đối từ tọa độ phiê trong đường chạy dao, sau đó xuất ra mã G-Code.

3.2. Kiểm tra độ chính xác của bộ Postprocessor

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả thực hiện các bước sau:

+ Tạo chương trình gia công cánh turbin bằng phần mềm CAM (hình 4).



Hình 4. Đường chạy dao trong phần mềm CAM

+ Xuất ra dữ liệu CL Data.

+ Sử dụng bộ postprocessor đã phát triển để xuất mã G-Code với các tham số:

- Chiều dài: $L = 433,75\text{mm}$
- Góc nghiêng của trục B: $\alpha = 0^\circ$
- Tham số $y_H = -5\text{mm}$

So sánh dữ liệu CL-Data và G-Code như thể hiện trên hình 5.

Dòng lệnh trong hình chữ nhật màu đỏ bên trái thể hiện dữ liệu CL-Data, dòng lệnh trong hình chữ nhật màu đỏ bên phải thể hiện dữ liệu G-Code tương ứng. Vị trí mũi

dao trong phần mềm CAM và trên máy CNC ảo với lệnh G-Code thể hiện dữ liệu tọa độ trong 2 hình chữ nhật màu đỏ trong hình 5 như thể hiện trên hình 6.

Dữ liệu CL-Data

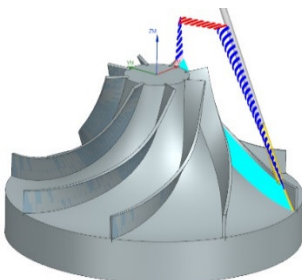
```
FEDRAT/MMPM,250.0000
GOTO/84.8746,-207.4078,-150.9063
GOTO/84.9588,-207.7524,-151.4941
GOTO/85.4864,-207.5264,-151.8597
GOTO/85.9579,-207.0068,-151.9605
GOTO/86.3389,-206.4067,-151.9694
GOTO/86.6537,-205.7699,-151.9350
GOTO/86.9174,-205.1119,-151.8754
GOTO/87.1400,-204.4405,-151.7997
GOTO/87.4871,-203.0729,-151.6178
PAINT/COLOR,31
GOTO/87.9707,-200.7818,-151.2913,0.2075089,0.6068720,0.7672330
GOTO/88.4628,-198.4442,-150.9313,0.2106244,0.5958755,0.7749643
GOTO/88.9644,-196.0525,-150.5232,0.2141208,0.5854930,0.7818888
GOTO/89.4660,-193.6608,-150.1150,0.2175813,0.5750122,0.7886820
GOTO/89.9755,-191.2194,-149.6462,0.2214654,0.5652160,0.7946596
GOTO/90.4850,-188.7780,-149.1774,0.2253171,0.5553368,0.8005206
GOTO/90.9975,-186.3098,-148.6531,0.2294894,0.5459431,0.8057795
GOTO/91.5099,-183.8416,-148.1288,0.2336312,0.5364767,0.8109311
GOTO/92.0209,-181.3658,-147.5547,0.2380081,0.5273115,0.8156560
GOTO/92.5318,-178.8899,-146.9806,0.2423551,0.5180802,0.8202786
```

Dữ liệu G-Code

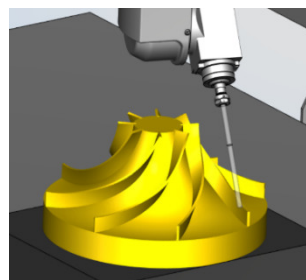
```
N0080 G01 X178.875 Y64.555 Z-255.519 F250. M08
N0090 X178.959 Y64.21 Z-256.107
N0100 X179.487 Y64.436 Z-256.473
N0110 X179.958 Y64.956 Z-256.574
N0120 X180.339 Y65.556 Z-256.583
N0130 X180.654 Y66.193 Z-256.548
N0140 X180.918 Y66.851 Z-256.489
N0150 X181.14 Y67.522 Z-256.413
N0160 X181.487 Y68.89 Z-256.231
N0170 X183.181 Y66.17 Z-252.254 C288.877 B39.894
N0180 X185.006 Y63.683 Z-248.54 C289.467 B39.198
N0190 X187.004 Y61.515 Z-245.128 C290.088 B38.566
N0200 X188.983 Y59.302 Z-241.772 C290.726 B37.937
N0210 X191.155 Y57.438 Z-238.713 C291.396 B37.377
N0220 X193.313 Y55.53 Z-235.701 C292.084 B36.82
N0230 X195.609 Y53.859 Z-232.894 C292.8 B36.314
N0240 X197.891 Y52.159 Z-230.137 C293.533 B35.813
N0250 X200.272 Y50.594 Z-227.515 C294.293 B35.348
N0260 X202.635 Y48.995 Z-224.933 C295.07 B34.887
```

Hình 5. Dữ liệu CL-Data và G-Code tương ứng

Vị trí tâm dao trên phần mềm CAM



Vị trí tâm dao trên máy CNC ảo với G-Code tương ứng



Hình 6. Vị trí mũi dao tương ứng với CL-Data và G-Code

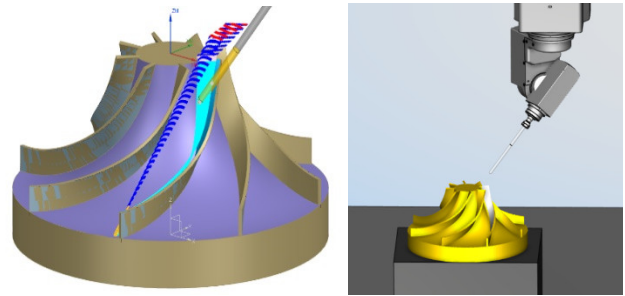
4. KẾT QUẢ VÀ MÔ PHỎNG GIA CÔNG TRÊN MÁY CNC ẢO

Ví dụ 1: Mô phỏng gia công trên máy CNC 5 trục dạng Head /Head:

Tạo G-Code từ dữ liệu CL-Data với tham số của máy CNC 5 trục Head/Head Rotary Mill 5-Axis như sau:

- Khoảng cách từ mũi dao đến giao điểm của trục quay B và trục chính: $L = 433,75\text{mm}$ (đo trực tiếp trên máy CNC ảo)

- Góc nghiêng của trục B: $\alpha = 0^\circ$
- $y_H = -5\text{mm}$ (đo trực tiếp trên máy CNC ảo)



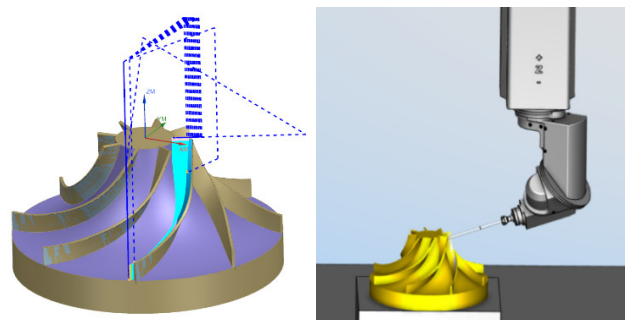
Hình 7. Mô phỏng gia công trên máy CNC 5 trục dạng Head/ Head Rotary Mill
Clip mô phỏng gia công tại địa chỉ: <https://youtu.be/yv9xuK6OR98>

Ví dụ 2: Mô phỏng gia công trên máy CNC 5 trục dạng Head Tilt 45° /Head:

Tạo G-Code từ dữ liệu CL-Data với tham số của máy CNC 5 trục Head Tilt 45°/Head như sau:

- Khoảng cách từ mũi dao đến giao điểm của trục quay B và trục chính: $L = 390\text{mm}$ (đo trực tiếp trên máy CNC ảo).

- Góc nghiêng của trục B: $\alpha = 45^\circ$
- $y_H = 12,929\text{mm}$ (đo trực tiếp trên máy CNC ảo)



Hình 8. Mô phỏng gia công trên máy CNC 5 trục dạng Head Tilt 45/ Head
Clip mô phỏng gia công tại địa chỉ: <https://youtu.be/XgV2rwWCFQc>

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã giới thiệu một phương pháp mới để thiết lập mối quan hệ giữa tọa độ máy và tọa độ phôi cho các loại máy phay CNC 5 trục 2 đầu xoay có kể đến góc nghiêng của trục xoay. Sử dụng phương pháp này, có thể phát triển bộ postprocessor cho nhiều cấu hình khác nhau của các máy CNC 5 trục bằng cách thay thế các giá trị trong các ma trận $[A_1], [A_2]$. Hơn nữa, phương pháp được sử dụng trong nghiên cứu này cho phép việc tích hợp các tham số bổ sung ảnh hưởng đến độ chính xác của đường chạy dao để dàng hơn. Những tham số này bao gồm các yếu tố như độ không giao nhau của trục

chính và trục B, cũng như đánh giá tác động của sai số trong góc nghiêng của trục B đối với độ chính xác tổng thể của đường chạy dao. Phương pháp này cũng có thể được áp dụng vào việc phát triển động học cho robot công nghiệp có hơn 5 bậc tự do. Chúng tôi sẽ tiếp tục khám phá hướng nghiên cứu này trong các nghiên cứu tiếp theo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Lee R.S., She C.H., "Developing a Postprocessor for Three Types of Five-Axis Machine Tool," *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 13, 658-665, 1997.
- [2]. Chen-Hua She, Rong-Shean Lee, "A Postprocessor Based on the Kinematics Model," *Journal of Manufacturing Processes*, 2, 2, 131-141, 2000.
- [3]. Jung Y.H., Lee D.W., Kim J.S., Mok H.S., "NC Postprocessor for 5-axis milling machine of table-rotating/tilting type," *Journal of Materials Processing Technology*, 130-131, 641-646, 2002.
- [4]. O. Remus Tutunea-Fatan, Hsi-Yung Feng, "Configuration analysis of five-axis machine tools using a generic kinematic model," *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 44, 1235-1243, 2004.
- [5]. Knut Sørby, "Inverse kinematics of five-axis machines near singular configurations," *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 47, 299-306, 2007.
- [6]. Chen-Hua She, Chun-Cheng Chang, "Development of a five-axis postprocessor system with a nutating head," *Journal of Materials Processing Technology*, 187-188, 60-64, 2007.
- [7]. Jung Hyoun-Chul, Hwang Jong-Dae, Park Ki-Beom, Jung Yoon-Gyo, "Development of practical postprocessor for 5-axis machine tool with non-orthogonal rotary axes," *Journal of Central South University of Technology*, 159-164, 2011.
- [8]. Hwang Jin Son, Young Tae Cho, Yoon Gyo Jung, "Development of Post Processor for Five-axis Machine of Non-orthogonal Head Tilting Type," *Advanced Materials Research*, 655-657, 1304-1309, 2013.
- [9]. Tran Duc Tang, "A Five-Axis CNC Machine Postprocessor Based on Inverse Kinematics Transformation," *Advanced Materials Research*, 622-623, 525-530, 2013.

- [10]. Chu A My, Nguyen V Cong, Nguyen Minh Hong, EL Bohez, "Transformation of CAM Data for 5-Axis CNC Machine Spinner U5-620," *Mechanical Engineering*, 9, 2, 233-237, 2020.

AUTHORS INFORMATION

**Dam Viet Phuong¹, Vu Quoc Tru¹, Nguyen Trung Thanh²,
Nguyen Quang Dzung³**

¹Faculty of Aerospace Engineering, Military Technology Academy, Vietnam

²Air Force Officer's College, Vietnam

³Faculty of Special Equipment, Military Technical Academy, Vietnam