

NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ CAM GLOBOID SỬ DỤNG CHỨC NĂNG THAM SỐ TRÊN PHẦN MỀM CREO PARAMETRIC 3.0

NGUYỄN TRƯỜNG GIANG

*Khoa Công nghệ Cơ khí, Trường Đại học Công nghiệp thành phố Hồ Chí Minh;
nguyentruonggiang@iuh.edu.vn*

Tóm tắt. CAM Globoid là một loại thiết bị cơ khí, thích ứng cho không gian tốc độ cao trong các cơ cấu chuyển động gián đoạn. Do bề mặt làm việc của CAM Globoid có biên dạng 3D phức tạp nên việc tính toán, thiết kế khá khó khăn. Trong bài báo này, chúng tôi đề xuất một phương pháp thiết kế CAM Globoid bằng cách sử dụng các tính năng của phần mềm thiết kế CREO Parametric 3.0. Cụ thể các thông số chuyển động, thông số hình học, biên dạng làm việc 3D của cơ cấu CAM Globoid sẽ được tính toán trực tiếp trên phần mềm dưới dạng tham số hình học. Một hệ thống các công thức, các bước tiến hành cụ thể đã được diễn giải và trình bày giúp người thiết kế với kiến thức về CREO Parametric 3.0 có thể thiết kế được CAM Globoid một cách nhanh chóng, chất lượng cao và giúp giảm chi phí thiết kế - gia công.

Từ khoá. Trục vít - bánh vít, biên dạng cam, thiết kế CAM, CAM Globoid, Creo Parametric

Abstract. Globoid CAM is a kind of mechanical equipment, suitable for high speed space in the intermittent motion mechanism. Globoid CAM surface has 3D complicated profiles, so design is quite difficult. In this paper, a Globoid CAM design method has been proposed using the features of CREO Parametric 3.0 software. The motion and geometry parameters, and profile work Globoid CAM 3D will be calculated directly on the software as a parametric geometry. The calculation will provide data needed to build a 3D model of CAM completion. A system of formulas and specific must have to be interpreted and presented to help the designers with knowledge of CREO Parametric 3.0 designing CAM Globoid quickly, high quality and lowers costs.

Keywords. Worm-gear, CAM Profile, CAM Design, Globoid CAM, Creo Parametric

1. GIỚI THIỆU

CAM Globoid là một cơ cấu đóng vai trò quan trọng trong truyền động cơ khí, nhất là trong các cụm truyền động không đồng trục và có chuyển động gián đoạn. Bộ truyền động sử dụng CAM Globoid có độ chính xác cao, êm và kích thước nhỏ gọn. Tuy nhiên việc tính toán thiết kế biên dạng CAM Globoid khá phức tạp vì bề mặt hoạt động có biên dạng 3D nên rất khó có thể tính toán thiết kế bằng các phương pháp thiết kế CAM thông thường. Ngoài ra, việc sử dụng các phương pháp thiết kế cam truyền thống còn tốn khá nhiều thời gian, chất lượng thiết kế thấp và có chi phí cao.

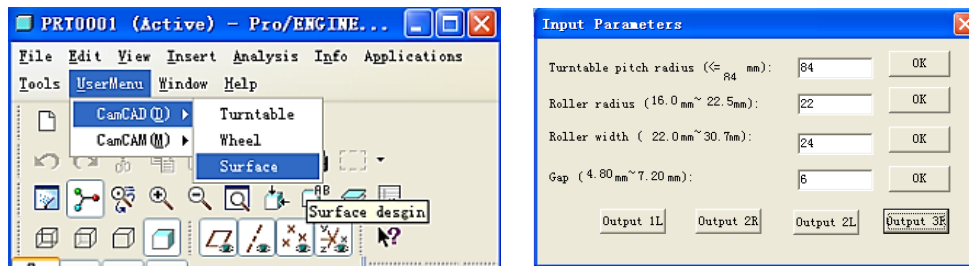
Đã có một số nghiên cứu về việc xây dựng biên dạng CAM Globoid bằng các phương thức khác nhau nhưng khá phức tạp, khối lượng công việc lớn hoặc phương pháp luận không rõ ràng khó ứng dụng trong thực tế. Chẳng hạn Chao Zhang và Zhihong Zhang [1] đã đưa ra phương pháp thiết kế CAM Globoid sử dụng Matlab để giải phương trình đường cong, qua đó tính toán xác định tọa độ các điểm bề mặt và thực hiện xây dựng biên dạng bằng Catia.

Guanguo Zhang, Zhibin Chang và Haitao Liu [2] đã sử dụng các giao diện lập trình ứng dụng (API - trong Catia (CAA - Component Application Architecture) của Catia để tính toán và xây dựng mô hình 3D cho CAM Globoid (hình 1). Cách thức đòi hỏi người thiết kế phải am hiểu về lập trình C++/VC để có thể viết chương trình giải và xác định các tham số của CAM.



Hình 1. CAM Globoid trên phần mềm Catia [2]

Trong công bố của mình - Nianfu Xu, Feng Xu và Wei He [3] - đã đề xuất cách xây dựng CAM Globoid trong tự như công việc của Guangguo Zhang, Zhibin Chang và Haitao Liu [2]. Tuy nhiên, ở đây các tác giả đã sử dụng API Tool Kit (Pro E Tool kit) trên nền tảng Pro/E để tính toán, vẽ biên dạng CAM. Phần mềm được viết bằng VC và khi chạy trên nền Pro/E có giao diện và hộp nhập các thông số được trình bày ở hình 2.



Hình 2. Giao diện và hộp nhập liệu khi chạy trên nền Pro/E [3]

Các phương pháp tính toán, thiết kế CAM Globoid đã trình bày đều có những ưu nhược điểm nhất định, tuy nhiên yếu tố quan trọng nhất là chưa trình bày rõ một phương thức tính toán, thiết kế CAM Globoid với đầy đủ cơ sở lý thuyết và chỉ rõ các bước thực hiện mô hình hóa trên phần mềm một cách đơn giản và kiểm chứng được.

Bài báo này sẽ tập trung chủ yếu vào việc thiết kế so sánh dữ liệu tính toán trên các phương pháp khác nhau, còn về thời gian thiết kế so với các phương pháp khác chưa được kiểm chứng bởi không có dữ liệu để so sánh.

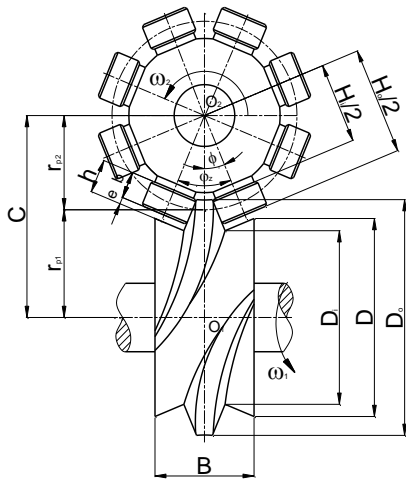
2. ĐỀ XUẤT PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ

Phương pháp thiết kế biên dạng CAM Globoid cần thỏa mãn các yêu cầu sau:

- Không sử dụng các phần mềm khác như Matlab, VC, VB, user's Program để tăng khả năng ứng dụng vì người thiết kế không cần phải thông thạo các ngôn ngữ, phần mềm khác cũng như chi phí bản quyền kèm theo.
- Có thể sử dụng biên dạng thu được chuyển sang gia công trên các máy CNC.
- Đơn giản và hiệu quả khi sử dụng.
- Từ các yêu cầu trên một phương pháp thiết kế biên dạng 3D của CAM Globoid sử dụng phần mềm CREO 3.0 được đề xuất gồm các bước sau:
 - Xác định các thông số thiết kế.
 - Tính toán các thông số hoạt động.
 - Tính toán tham số đường cong.
 - Xây dựng biên dạng trên phần mềm CREO.

2.1. Xác định các thông số thiết kế

Bước này xác định các thông số kỹ thuật để tính toán thiết kế biên dạng CAM Globoid. Hình 3 mô tả các thông số cần thiết để thiết kế biên dạng một CAM Globoid điển hình.



N (vg/ph)	Số vòng quay trực vào
C (mm)	Khoảng cách trục
θ_f	Góc chia độ
H	Số đầu mối
I	Số khoảng chia
α_p	Góc ăn khớp cho phép
p	Hướng quay của CAM (Trái/Phải)
Quy luật	Modifile Sin Curve

Hình 3. Thông số của một CAM Globoid điển hình.

2.2. Tính toán các thông số hoạt động

Các thông số hoạt động được tính toán qua các bước cụ thể sau:

1) Tính vận tốc góc trực vào.

$$w_1 = \frac{2\pi N}{60} \quad (\text{rad/s}) \quad (1)$$

N – Số vòng quay trực vào

2) Tính góc dừng θ_d , góc dao động φ_z , thời gian chia độ, thời gian dừng của CAM.

- Tính góc dừng θ_d :

$$\theta_d + \theta_f = 2\pi \quad (\text{deg}) \quad (2)$$

- Góc dao động φ_z :

$$\varphi_z = \frac{2\pi}{I} = \frac{2\pi.H}{Z} \quad (\text{deg}) \quad (3)$$

Với $Z = H.I$ là số con lăn, thường dùng $Z = 6, 8, 10, 12$ và 16 .

- Thời gian chia độ t_f :

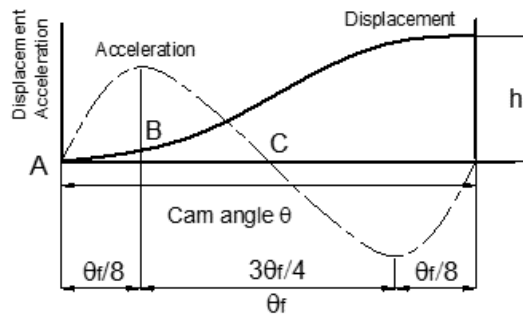
$$t_f = \frac{\theta_f}{w_1} \quad (\text{s}) \quad (4)$$

- Thời gian dừng t_d :

$$t_d = \frac{\theta_d}{w_1} \quad (\text{s}) \quad (5)$$

3) Xác định chuyển vị, vận tốc góc, gia tốc góc của CAM.

Dựa trên quy luật chuyển động của cam (hình 4), ta tính các chuyển vị theo biểu thức (6) và các giá trị này được nhập vào hộp thoại của CREO dưới dạng các tham số.



Hình 4. Đường cong hình sin biến đổi [4]

$$\begin{aligned}
 y &= h \left[\frac{\pi\theta}{(4+\pi)\theta_f} - \frac{1}{4(4+\pi)} \sin\left(\frac{4\pi\theta}{\theta_f}\right) \right] & 0 \leq \theta \leq \frac{\theta_f}{8} \\
 y &= h \left[\frac{2}{4+\pi} + \frac{\pi\theta}{(4+\pi)\theta_f} - \frac{9}{4(4+\pi)} \sin\left(\frac{4\pi\theta}{3\theta_f} + \frac{\pi}{3}\right) \right] & \frac{\theta_f}{8} \leq \theta \leq \frac{7\theta_f}{8} \\
 y &= h \left[\frac{4}{4+\pi} + \frac{\pi\theta}{(4+\pi)\theta_f} - \frac{1}{4(4+\pi)} \sin\left(\frac{4\pi\theta}{\theta_f}\right) \right] & \frac{7\theta_f}{8} \leq \theta \leq \theta_f
 \end{aligned} \quad (6)$$

(h - là chuyển vị của cần)

Từ giá trị chuyển vị, ta sẽ tính được vận tốc góc, gia tốc góc tương ứng với đạo hàm bậc nhất và bậc hai theo y

4) Xác định các thông số của bộ truyền

- Bán kính vòng chia bàn xoay:

$$r_{p2} \leq \frac{C \times \text{tg}\alpha_p}{\frac{\phi_z}{\theta_f} \times V_{\max} + \text{tg}\alpha_p} \quad (\text{mm}) \quad (7)$$

V_{\max} - vận tốc lớn nhất theo quy luật đường cong

- Bán kính của con lăn:

$$R_r = (0,5 \div 0,7) r_{p1} \sin(\phi_z/2) \quad (\text{mm}) \quad (8)$$

- Chiều dài của con lăn:

$$b_r = (1 \div 1,4) R_r \quad (\text{mm}) \quad (9)$$

- Khe hở giữa CAM và con lăn:

$$e = (0,2 \div 0,3) b_r \quad (\text{mm}) \quad (10)$$

- Chiều dài theo hình vành khăn của con lăn có bao gồm cả khe hở:

$$h = e + b_r \quad (\text{mm}) \quad (11)$$

- Bán kính đỉnh của bàn xoay:

$$H_o = b_r/2 + R_{p2} \quad (\text{mm}) \quad (12)$$

- Bán kính đáy của bàn xoay:

$$H_i = R_{p1} - b_r/2 \quad (\text{mm}) \quad (13)$$

- Bán kính vòng chia CAM r_{p1} :

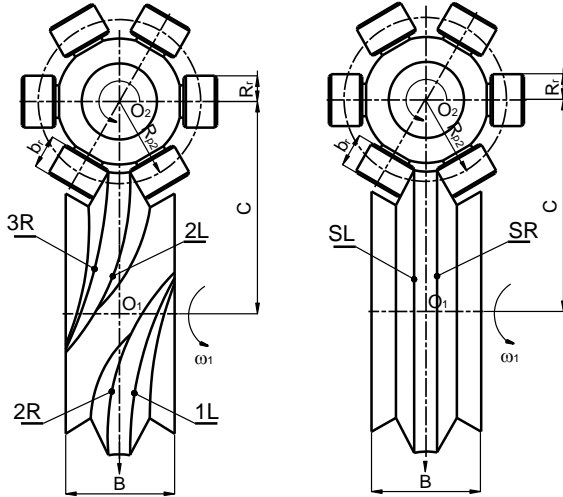
$$r_{p1} = C - r_{p2} \quad (\text{mm}) \quad (14)$$

- Bề rộng của CAM:

$$B = 2h \quad (\text{mm}) \quad (15)$$

2.3. Tính toán tham số đường cong

Thiết lập đường cong chuyển động cho biên dạng bề mặt dưới dạng tham số hình học bằng cách chia đường cong CAM thành 6 loại đường cong chính [6], trong đó 4 đường cong ở giai đoạn chia độ là 1L, 2L, 2R, 3R và 2 đường cong ở giai đoạn dừng được trình bày như trong hình 5. Các ký hiệu được cho trong bảng 1 sẽ được sử dụng để tính toán, nhập các tham số trong phần mềm CREO.



Hình 5. Các đường cong chuyển động 1L, 2L, 2R, 3R và đường cong dừng SL, SR của CAM

BẢNG 1. CÁC THAM SỐ SỬ DỤNG ĐỂ TÍNH TOÁN TRONG CREO 3.0

c	Khoảng cách trục
p	Hướng CAM
$B1$	Góc chia độ θ_f
n	Số khoảng chia
th	Góc theta θ
fei	Góc ϕ
$feil$	Góc ϕ_1
R	Tham số bề mặt thay đổi
$w1$	Vận tốc trục vào
$w2$	Vận tốc trục ra
pus	Góc ăn khớp ψ

2.4. Xây dựng biên dạng trên phần mềm Creo Parametric

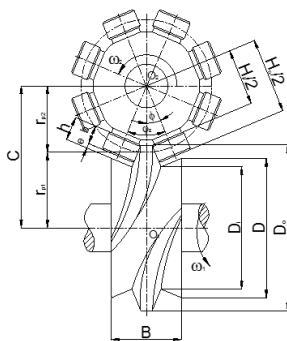
- Hợp biên đường cong và chuyển khối Solid.
- Hoàn thiện xây dựng biên dạng cam.

3. ỨNG DỤNG VÀ KIỂM CHỨNG

Để kiểm chứng tính đúng đắn của phương pháp thiết kế đã đề xuất, một CAM Globoid cho máy đóng gói đã được xem xét thiết kế, xây dựng biên dạng.

3.1. Tính toán thiết kế

1) Bước 1 - Xác định thông số thiết kế



BẢNG 2. THÔNG SỐ ĐẦU VÀO

Số vòng quay trục vào	$N = 300$ vg/ph
Khoảng cách trục	$C = 180$ mm
Góc chia độ	$\theta_f = 120^0$
Số đầu mối	$H = 1$
Số khoảng chia	$I = 8$
Góc ăn khớp cho phép	$\alpha_p = 30^0$
Hướng quay của CAM	$p = 1$ (Trái)
Kiểu quy luật chuyển động	Modifile Sin Curve

2) Bước 2 - Tính toán các thông số hoạt động

Áp dụng các công thức ở mục 2.2 ta có kết quả tính toán các thông số hoạt động như ở bảng 3.

BẢNG 3. THÔNG SỐ HOẠT ĐỘNG

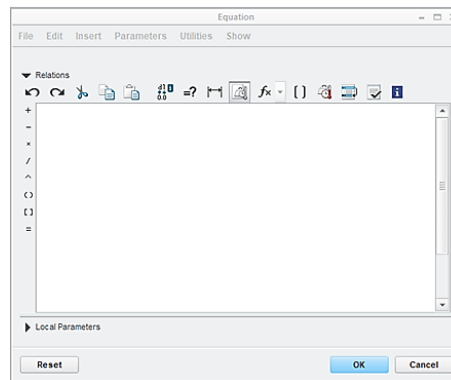
Vận tốc trục vào	$w = 10\pi$ (rad/s)
Góc dừng	$\theta_d = 240^0$
Góc dao động	$\phi_z = 45^0$

Số con lăn	Z = 8
Thời gian chia độ	t _f = 0,67 (s)
Thời gian dừng	t _d = 0,13 (s)
Bán kính vòng chia bàn xoay	r _{p2} = 84 mm
Bán kính vòng chia CAM	r _{p1} = 96 mm
Bán kính của con lăn	R _r = 22 mm
Chiều dài con lăn	b _r = 24 mm
Khe hở CAM và con lăn	e = 6 mm
Chiều dài theo hình vành khăn của con lăn	h = 30 mm
Bán kính đỉnh của bàn xoay	H ₀ = 96 mm
Bán kính đáy cầu bàn xoay	H _i = 72 mm

3) Bước 3 - Tính toán tham số đường cong

- Khởi động CREO, chọn [File] - New để mở một bản vẽ mới. Bỏ lựa chọn *Use default template*, chọn kiểu *Part*, chọn kiểu *mmns_part_solid* trong mục *Template*, OK.
- Thiết lập các đường cong chuyển động 1L, 2L, 2R, 3R và các đường cong dừng cho biên dạng bề mặt CAM:

Đặt tham số cho các đoạn đường cong: [Model] - Datum - Curve - Curve from Equation - Equation – Relations.



Hình 6. Hộp thoại nhập tham số đường cong

- Thiết lập cho đường cong 1L

Từ hộp thoại Relations, nhập các giá trị tham số cho phần chuyển động lên của đường cong 1L, chọn OK.

```

c = 180
p = 1
B1=120
n = 8
h = 45
th = B1 /n*t
fe1 = h*(pi*th/B1-1/4*sin(4*180*th/B1))/(4+pi)
fe1 = 22.5 + P*fe1
r = 72
w1 = 10*pi
w2 = pi*h*(1-cos(4*180*th/B1))/(4+pi)*B1
w = w2 /w1
pus = atan(p*r/(c - r*cos(fe1))*w) + 180
x2 = r
y2 = 22*cos( pus)
z2 = 22*sin( pus)
x = x2*cos(fe1)*cos(th)-p*y2*sin(fe1)*cos(th)-z2*sin(th)-c*cos(th)
y = -x2*cos(fe1)*sin(th)+p*y2*sin(fe1)*sin(th)-z2*cos(th)+c*sin( th)
z = p*x2*sin(fe1)+y2*cos(fe1)
    
```

Hình 7. Tham số cho phần chuyển động lên của đường cong 1L

```

th = B1/n + 6/n*B1*t
w2 = pi*h*(1-3*cos(180/3+4*180*th/3/B1))/(4+pi)*B1
fe1 = h*(2+pi*th/B1-9/4*sin(180/3+4*180*th/3/B1))/(4+pi)
    
```

Hình 8. Tham số cho phần chuyển động dừng của đường cong 1L

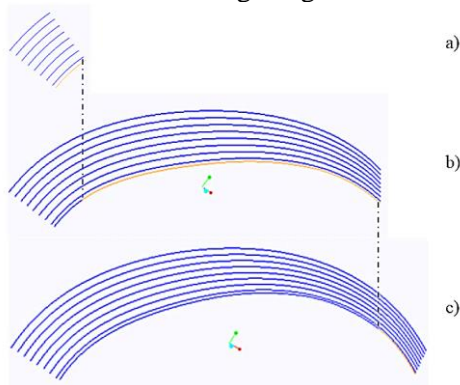
Các mã code cho các phần đường cong dừng của phần 1L là giống như mã số cho các phần đường cong lên 1L và chỉ khác ở một số biến (hình 8).

Các mã code cho các phần đường cong xuống của phần 1L là giống như mã số cho các phần đường cong dừng 1L, nhưng các biến sau đây được gán giá trị mới:

```
th = B1/n*t+7/n*B1
w2 = pi*h*(1-cos(4*180*th/B1))/((4+pi)*B1)
fei1 = h*(4+pi*th/B1-1/4*sin(4*180*th/B1))/(4+pi)
```

Hình 9. Tham số cho phần chuyển động xuống của đường cong 1L

Sự kết hợp của các mã nói trên hoàn thành đường cong 1L.



a) Đoạn lên - b) Đoạn ngang - c) Đoạn xuống

Hình 10. Các thành phần của đường cong 1L

Số lượng đường cong 1L càng nhiều thì biên dạng bề mặt CAM càng chính xác. Trong bài báo này tác giả chỉ chia thành 9 đường cong tương ứng với các giá trị r là 72, 76, 80, 84, 88, 92, 96, 100, 102 để tính toán ứng với các giá trị tham số ở trên và số lượng đường cong được thể hiện trên hình 10.

Các đường cong 2L, 2R, 3L được thiết lập tương tự.

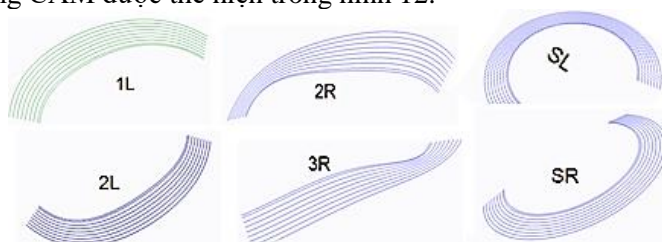
- Thiết lập cho đường cong dừng
 - Mã code cho đường cong dừng bên trái: mã nhập liệu cho đường cong dừng được thể hiện ở hình 11, các giá trị gán được lấy từ nguồn bảng 2, 3.

```
B1 = 240
th = 120+B1*t
fei = -22.5
r = 72
w = 0
pus = atan(p*r/(c - r*cos(fei))*w)
x2 = r
y2 = 22*cos( pus)

z2 = 0
x = x2*cos(fei)*cos(th)-p*y2*sin(fei)*cos(th)-z2*sin(th)-c*cos(th)
y = -x2*cos(fei)*sin(th)+p*y2*sin(fei)*sin(th)-z2*cos(th)+c*sin(th)
z = p*x2*sin(fei)+y2*cos(fei)
```

Hình 11. Mã nhập liệu cho đường cong dừng

- Mã code cho đường cong dừng bên phải giống đường cong bên trái chỉ khác giá trị: $fei = 22.5$
 Tất cả các đường cong CAM được thể hiện trong hình 12.



Hình 12. Các đường cong CAM

4) Bước 4 - Hợp biên và chuyển khối đường cong

- Hợp biên các đường cong

Từ Tab Menu → Boundary Blend hợp nhất các đường cong. Sau khi hợp nhất sử dụng Merge làm kín biên dạng và Solidify để chuyển từ biên dạng Surface thành dạng khối Solid.



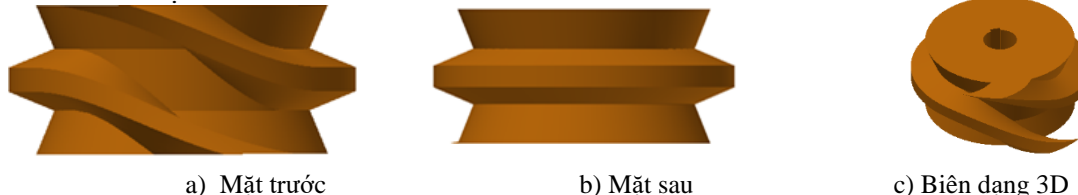
a) Liên kết đường cong

b) Lệnh Boundary Blend

c) Lệnh Solidify

Hình 13. Hợp biên đường cong và chuyển khối Solid

- Hoàn thiện CAM



a) Mặt trước

b) Mặt sau

c) Biên dạng 3D

Hình 14. Biên dạng CAM hoàn thiện

3.2. Kiểm chứng kết quả

Với việc xây dựng và giải phương trình đường cong trực tiếp dưới dạng tham số hình học, phương pháp đề xuất đã chứng minh được rằng, việc mô hình hóa tham số trực tiếp có thể thực hiện được trên phần mềm CREO. Để đánh giá độ chính xác của phương pháp, các số liệu về tọa độ điểm của một số điểm tiêu biểu trên đường cong và biên dạng CAM hoàn chỉnh được so sánh với kết quả do Chao Zhang và Zhihong Zhang [1] và Guangguo Zhang, Zhibin Chang và Haitao Liu [2] công bố.

So sánh các điểm tiêu biểu trên đường cong CAM

	X	Y	Z
1	-105,0616	-8,E-08	7,2278574
2	-104,7946	7,5274834	7,2537062
3	-103,9572	15,378629	7,4349162
4	-101,5793	27,435656	8,2864306
5	-97,92731	39,292725	10,00469
6	-94,85274	46,929748	11,622285
7	-87,36586	61,40754	15,863698

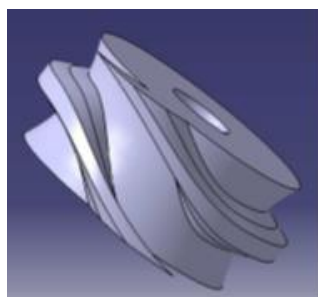
a) Số liệu công bố [1]

	X	Y	Z
1	-105,061638	-8,E-08	7,2278557
2	-104,782456	7,526788	7,2337277
3	-103,946698	15,378588	7,4256162
4	-101,579300	27,294233	8,4030635
5	-97,930602	39,302544	10,289325
6	-94,485938	46,927256	11,580187
7	-87,389985	61,422126	14,737525

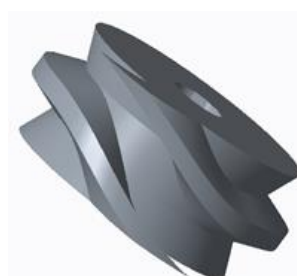
b) Số liệu trên Creo

Hình 15. So sánh tọa độ điểm

Biên dạng CAM hoàn chỉnh trong [1] và trên CREO được trình bày trong hình sau:



a) CAM trên Catia [1]



b) CAM trên Creo

Hình 16. So sánh biên dạng CAM Globoid hoàn chỉnh

4. KẾT LUẬN

Với việc trình bày cách thức xây dựng biên dạng CAM Globoid trên Creo Parametric. Bằng cách sử dụng chức năng đường cong của phần mềm và tham số hóa trực tiếp phương trình đường cong bề mặt đã giúp xác định được các thông số cần thiết để xây dựng biên dạng CAM. So với những phương pháp thiết kế trước đây đã công bố, phương pháp đề xuất không quá phức tạp, số liệu được nhập qua các biểu thức tham số cho phép dễ dàng thay đổi khi cần cần thiết. Điều này đã cung cấp một nền tảng hiệu quả cho các doanh nghiệp để ứng dụng nghiên cứu, thiết kế sản phẩm CAM Globoid một cách nhanh chóng và hiệu quả góp phần tăng năng suất và chất lượng sản phẩm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Chao Zhang, Zhihong Zhang, “Design of the Globoidal CAM Mechanism Based on MATLAB and CATIA,” in Applied Mechanics and Materials, Vols. 716-717, pp. 720-723, 2015.
- [2] Guangguo Zhang, Zhibin Chang and Haitao Liu, “Parametric Modeling for Globoidal CAM Based on CATIA/CAA,” in Applied Mechanics and Materials, Vols. 88-89, pp. 236-239, 2011.
- [3] Nianfu Xu, Feng Xu, Wei He, “Globoidal Indexing CAM’s CAD/CAM Development on Pro/E,” in Applied Mechanics and Materials, Vol. 86, pp. 496-499, 2011.
- [4] W. Tang, Y. Q. Zhou and H. Zhang, “Development of an Internet-based Interactive Globoidal Indexing CAM Mechanisms Design System,” in Materials Science Forum, Vols. 471-472, pp. 513-517, 2004.

- [5] Lei Li, Xianying Feng, Ziping Zhang, Xingchang Han and Yaqing Song, “3D Modeling and Simulation of a New Type of Globoidal Indexing CAM Mechanism,” in Applied Mechanics and Materials, Vols. 26-28, pp. 931-935, 2010.
- [6] Tian Xia, Ling Xu, and Jianxing Si, “The Study of Globoidal Indexing CAM CNC Machine Tools,” in Advanced Materials Research, Vols. 753-755, pp. 888-891, 2013.
- [7] Qingli Liu, Albert Tsai, Sufen Yao, Edmund Wang, The Parametric Design Method of the Globoid CAM Based on the Software of ProEngineer,” in Applied Mechanics and Materials, Vols. 166-169, pp. 784-787, 2012.
- [8] Lin Wang, Mingfu Yin, “The Parametric Design and Simulation for Globoidal Indexing CAM Mechanism,” in Applied Mechanics and Materials, Vols. 599-601, pp. 517-521, 2014.

Ngày nhận bài: 20/07/2017

Ngày chấp nhận đăng: 03/09/2017