

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO**

**ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG**

---

**LÊ THỊ HƯƠNG LÂM**

**NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP DỰNG HÌNH,  
CÔNG NGHỆ GIA CÔNG VÀ KIỂM TRA BIÊN  
DẠNG CỦA BỘ TRUYỀN BÁNH RĂNG  
TROCHOID**

**Chuyên ngành: Sản xuất tự động**

**Mã số: 60.52.60**

**TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**

**Đà Nẵng – Năm 2013**

Công trình được hoàn thành tại

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG

Người hướng dẫn khoa học: PGS. TS Lê Cung

Phản biện 1: PGS. TS. Nguyễn Văn Yên

Phản biện 2: PGS. TS. Phạm Phú Lý

Luận văn sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm Luận văn tốt nghiệp thạc sĩ Kỹ thuật họp tại Đại học Đà Nẵng vào ngày 23 tháng 02 năm 2013.

Có thể tìm hiểu luận văn tại:

- Trung tâm Thông tin – Học liệu, Đại học Đà Nẵng
- Trung tâm Học liệu, Đại học Đà Nẵng

## MỞ ĐẦU

### 1. LÝ DO CHỌN ĐỀ TÀI

Bơm bánh răng là một trong những loại máy bơm quan trọng nhất trong ngành công nghiệp. Bơm bánh răng có một số ưu điểm như bơm xăng dầu, bơm được những chất có độ nhớt cao, những chất dễ cháy nổ, mà các loại bơm thông thường khác không thể hút được, đồng thời vận chuyển chất lỏng dễ dàng, êm ái và lưu lượng dòng chảy ổn định. Trong những năm gần đây, bộ truyền bánh răng Trochoid – một biên dạng là đường Trochoid và biên dạng kia là bao hình bên trong hay bên ngoài - được sử dụng ngày càng rộng rãi trong bơm bánh răng.

Việc nghiên cứu, cũng như các tài liệu về phương pháp tạo hình của bộ truyền bánh răng này chưa nghiên cứu sâu. Bên cạnh đó, việc gia công bánh răng nói chung và bánh răng Trochoid nói riêng, đạt được độ chính xác và năng suất cao cũng là một vấn đề khá phức tạp đã được các nhà nghiên cứu quan tâm.

Hiện nay, máy gia công điều khiển số ngày càng được sử dụng rộng rãi; các máy phay, máy tiện CNC cho phép gia công các chi tiết có hình dáng phức tạp với độ chính xác và năng suất cao. Tuy nhiên, việc nghiên cứu công nghệ gia công bánh răng Trochoid trên máy phay CNC đạt được độ chính xác và năng suất đáp ứng yêu cầu chưa được quan tâm nghiên cứu nhiều.

Với lý do đã trình bày tôi chọn đề tài: **“NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP DỰNG HÌNH, CÔNG NGHỆ GIA CÔNG VÀ KIỂM TRA BIÊN DẠNG CỦA BỘ TRUYỀN BÁNH RĂNG TROCHOID”** để làm đề tài luận văn tốt nghiệp cao học.

### 2. MỤC ĐÍCH NGHIÊN CỨU

- Nghiên cứu hình dạng và thông số hình học, lý thuyết tạo hình,

lý thuyết ăn khớp để xây dựng phương pháp dựng hình bộ truyền bánh răng Trochoid và công nghệ gia công bánh răng Trochoid; đồng thời kiểm tra biên dạng bánh răng đã gia công để kết luận về độ chính xác gia công.

### **3. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHẠM VI NGHIÊN CỨU**

Đề tài nhằm nghiên cứu hình dạng và thông số hình học, lý thuyết tạo hình, lý thuyết ăn khớp, phương pháp dựng hình bộ truyền bánh răng trochoid, cũng như công nghệ gia công bánh răng trochoid trên các máy phay CNC và kiểm tra biên dạng bánh răng đã gia công để kết luận về độ chính xác khi gia công.

### **4. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

Kết hợp lý thuyết và thực nghiệm.

### **5. Ý NGHĨA KHOA HỌC VÀ THỰC TIỄN CỦA ĐỀ TÀI**

- Góp phần nghiên cứu về lý thuyết tạo hình và lý thuyết ăn khớp của bộ truyền bánh răng Trochoid, xây dựng trình tự dựng hình bánh răng Trochoid trên các phần mềm CAD/CAM, gia công chính xác bánh răng Trochoid trên máy phay CNC để phục vụ cho công tác sửa chữa, thay thế bộ truyền bánh răng Trochoid trong bơm bánh răng và kết luận được độ chính xác khi gia công trên máy phay CNC.

### **6. CẤU TRÚC CỦA LUẬN VĂN**

Ngoài phần mở đầu và kết luận, luận văn bao gồm 4 chương:

Chương 1 – Tổng quan.

Chương 2 – Phương pháp dựng hình bánh răng Trochoid.

Chương 3 – Công nghệ gia công bánh răng Trochoid trên máy phay CNC.

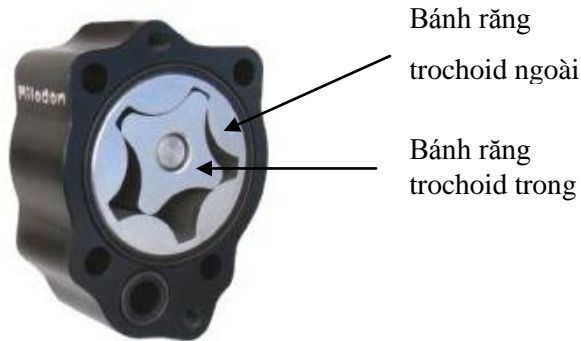
Chương 4 – Phương pháp đo, kiểm tra biên dạng bánh răng Trochoid trên máy đo ba chiều CMM.

## CHƯƠNG 1

### TỔNG QUAN

#### 1.1. Giới thiệu về bộ truyền bánh răng trong bơm bánh răng trochoid

Bơm bánh răng nói chung và bơm bánh răng trochoid ngày càng được phát triển và sử dụng rộng rãi do có nhiều ưu điểm như: vận chuyển chất lỏng êm ái và ổn định, khả năng tự mồi cao, lưu lượng dòng chảy ổn định; có thể sử dụng bơm những chất có độ nhớt cao, những chất dễ cháy nổ mà các loại bơm thông thường khác không thể hút được, những chất lỏng có chứa hạt, bơm thực phẩm. Các bơm bánh răng trochoid gồm hai phần cơ bản với hai biên dạng khác nhau: một biên dạng là đường trochoid, và biên dạng kia là bao hình bên trong hay bên ngoài. Hiện nay, bơm bánh răng trochoid được sử dụng phổ biến trong các ngành công nghiệp, bơm thủy lực, bơm dầu bôi trơn trong ô tô. Hình sau minh họa bộ truyền bánh răng trochoid.



*Bộ truyền bánh răng trochoid sử dụng trong bơm dầu*

#### 1.2. Phương pháp dựng hình, gia công và đo bánh răng

Ăn khớp cycloid có dạng: profin đỉnh răng có dạng Epicycloid, profin chân răng có dạng Hypocycloid. Ta sẽ dựa vào lý thuyết ăn

khớp cycloid để xây dựng phương pháp tạo hình bánh răng trochoid.

Việc chọn phương pháp gia công bánh răng phụ thuộc vào vật liệu, độ chính xác và kết cấu của bánh răng, yêu cầu về khả năng truyền tải và các chỉ tiêu kinh tế. Phương pháp chủ yếu để chế tạo bánh răng là gia công cắt gọt. Tạo hình răng bằng dụng cụ cắt có lưỡi được thực hiện bằng phương pháp chép hình và phương pháp bao hình. Ngoài ra còn có phương pháp dập trên các máy thủy lực.

Thêm vào đó, việc đo và kiểm tra bánh răng cũng rất quan trọng để đánh giá chất lượng sản phẩm. Với sự phát triển của các máy đo ba chiều (CMM- Coordinate Measuring Machine) hiện nay kết quả đo có độ chính xác cao và tiết kiệm thời gian cho quá trình đo và xử lý số liệu.

### **1.3. Các công trình nghiên cứu liên quan đến đề tài**

Nhiều nhà khoa học và nhà nghiên cứu đã nghiên cứu về sự phát triển của răng trochoid.

Lozica Ivanovic, Mirko Blagojevic, Goran Devedzic, Yasmina Asoul (2010) [16] đưa ra phương pháp xây dựng đường cong biên dạng của cặp bánh răng trochoid để nghiên cứu lực và momen tác động trên cặp bánh răng của bơm trochoid, nhằm phân tích sự ảnh hưởng của buồng bơm đến sự phân bố tải trọng trên bơm trochoid có trục cố định, phân tích các áp suất chất lỏng tác dụng trên sườn răng của bánh răng.

P. J. Gamez-Montero, R. Castilla, M. Khamashta, E. Codina (2006) [21] phân tích một mô hình đơn giản của bơm trochoid trình bày các vấn đề tiếp xúc.

Paffoni (2003) [20] đã thực hiện các phân tích vectơ về hình học của bơm bánh răng thủy tĩnh trochoid, bao gồm phân tích động học, động lực học, ứng suất tiếp xúc và tính toán độ dày của lớp dầu.

Lê Cung, Bùi Minh Hiền (2008) [2] giới thiệu một phương pháp thiết lập tự động các đường chạy dao theo yêu cầu công nghệ trên ngôn ngữ G-Code sử dụng cho máy phay CNC . Phương pháp trình bày giúp thiết lập tự động các chương trình gia công theo mã lệnh G-Code nhằm gia công bề mặt phức tạp, ứng dụng cụ thể vào việc gia công bề mặt thân khai của bánh răng nón răng thẳng trên máy phay CNC.

#### **1.4. Nhận xét và kết luận**

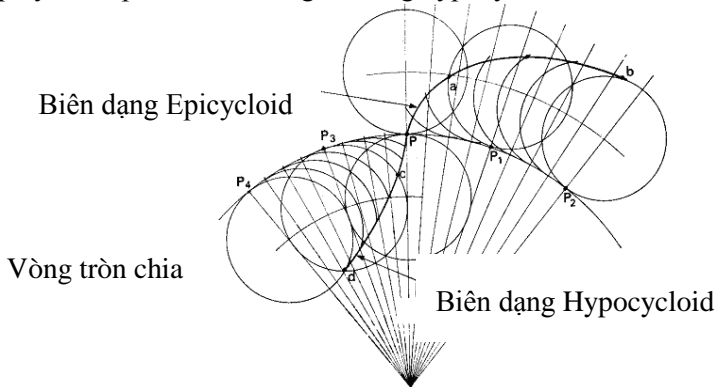
Qua nghiên cứu tổng quan về bơm bánh răng trochoid, chúng tôi nhận thấy rằng cần tiến hành nghiên cứu về hình dạng, thông số hình học và phương trình biên dạng của bộ truyền bánh răng trochoid, lý thuyết bao hình nhằm tạo hình biên dạng răng của bánh răng trochoid. Trên cơ sở đó xây dựng biên dạng răng và dựng hình cặp bánh răng trochoid trên phần mềm Pro/Engineer. Đồng thời sử dụng các phần mềm CAD/CAM dựng hình và lập trình gia công, gia công thực nghiệm bánh răng trochoid trong bộ truyền bánh răng trochoid trên máy phay CNC và kiểm tra biên dạng bánh răng đã gia công so với thiết kế.

## CHƯƠNG 2

### PHƯƠNG PHÁP DỰNG HÌNH BÁNH RĂNG TROCHOID

#### 2.1. Lý thuyết ăn khớp Cycloid

Đây là dạng ăn khớp không tiêu chuẩn, profin đỉnh răng có dạng epicycloid, profin chân răng có dạng hypocycloid (hình 2.1).



Hình 2.1. Profin đỉnh răng và chân răng của bánh răng cycloid

#### 2.1.1. Biên dạng Cycloid

##### 2.1.1.1. Khái niệm

##### 2.1.1.2. Phương trình đường Cycloid

#### 2.1.2. Biên dạng Epicycloid

##### 2.1.2.1. Khái niệm

##### 2.1.2.2. Phương trình đường Epicycloid

#### 2.1.3. Biên dạng Hypocycloid

##### 2.1.3.1. Khái niệm

##### 2.1.3.2. Phương trình đường Hypocycloid

#### 2.1.4. Lý thuyết ăn khớp của cặp bánh răng biên dạng cycloid

##### 2.1.4.1. Điều kiện ăn khớp

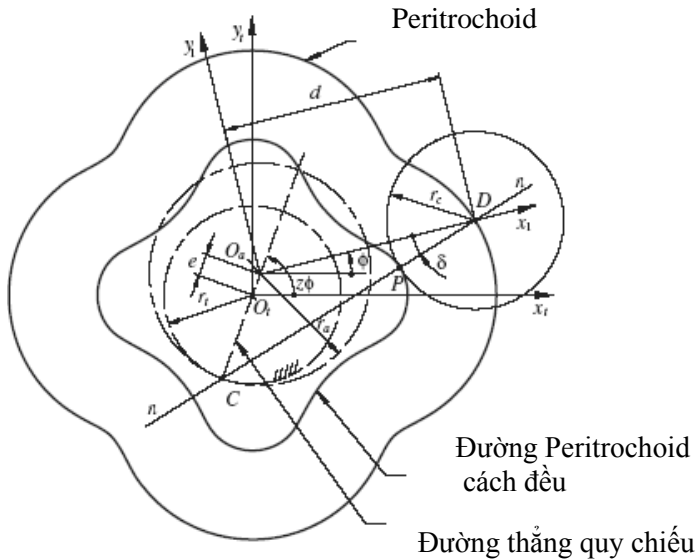
##### 2.1.4.2. Biên dạng đỉnh răng và chân răng



## 2.2. Phương pháp xây dựng phương trình biên dạng răng trochoid bằng phương pháp bao hình

### 2.2.1. Hình dạng hình học của răng

Mô hình toán học của bánh răng trochoid được mô tả chi tiết trong tài liệu tham khảo [17].



Hình 2.8. Tạo ra biên dạng peritrochoid chưa hiệu chỉnh và không hiệu chỉnh

Hình 2.8. chỉ rõ hình học cơ bản sử dụng để xác định biên dạng peritrochoid của răng bánh răng trong bơm bánh răng.

### 2.2.2. Phương trình biên dạng

Trong chuyển động tương đối của các vòng tròn động học (hình 2.8), điểm D sẽ tạo ra đường cong peritrochoid và điểm P sẽ tạo nên đường cong cách đều.

Đường ăn khớp của bánh răng trochoid được xác định trong hệ tọa độ cố định  $O_f x_f y_f$  có gốc nằm ở tâm vòng tròn động học của đường trochoid ( $O_f \equiv O_i$ ).

Véc-tơ bán kính của điểm tiếp xúc  $P_i$  trong hệ tọa độ trochoid:

$$\mathbf{r}_{P_i}^{(t)} = \begin{bmatrix} e[\cos z\phi_i + \lambda z \cos\phi_i - c \cos(\phi_i + \delta_i)] \\ e[\sin z\phi_i + \lambda z \sin\phi_i - c \sin(\phi_i + \delta_i)] \\ 1 \end{bmatrix}_{i_i} \quad (2.6)$$

Phương trình (2.6) được dùng vào việc dựng hình bánh răng trong.

$\lambda$  là hệ số trochoid xác định mối quan hệ giữa bán kính trochoid và bán kính vòng tròn di chuyển.  $\lambda = d / ez$ ,  $c$  là hệ số cách đều, xác định quan hệ giữa bán kính cách đều và độ lệch tâm,  $c = r_c / e$

Trong phương trình (2.6),  $\phi_i$  là góc giữa trục  $x_i$  và trục  $x_i$

$$\phi_i = \tau_i + \frac{\psi}{z-1} \quad (2.7)$$

Trong đó,  $\psi$  là góc tham chiếu của chuyển động quay giữa các trục  $x_a$  và  $x_i$ , trong khi đó  $\tau_i$  là góc giữa các trục  $x_i$  và trục  $x_a$

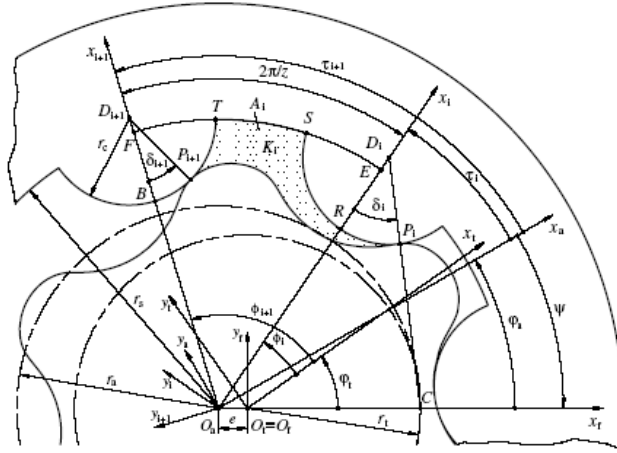
$$\tau_i = \frac{\pi(2i-1)}{z} \quad (2.8)$$

Góc tựa  $\delta_i$  được biểu diễn dưới dạng:

$$\delta_i = \arctan \frac{\sin(\tau_i - \psi)}{\lambda - \cos(\tau_i - \psi)} \quad (2.9)$$

Xét đến mối quan hệ sau:

$$\begin{aligned} \sin(z-1)\phi_i &= \sin(\tau_i - \psi) \\ \cos(z-1)\phi_i &= -\cos(\tau_i - \psi) \end{aligned} \quad (2.10)$$



Hình 2.10. Sơ đồ động của cặp bánh răng trong bơm trochoid và các thông số hình học cơ bản đối với các điểm tiếp xúc  $P_i$  và  $P_{i+1}$

Trong hệ tọa độ bao hình  $O_a x_a y_a$ , vectơ bán kính của điểm tiếp xúc  $P_i$  là

$$\mathbf{r}_{P_i}^{(a)} = \mathbf{M}_{at} \mathbf{r}_{P_i}^{(t)} = \begin{bmatrix} e[z\lambda \cos \tau_i + c \cos(\tau_i + \delta_i)] \\ e[z\lambda \sin \tau_i + c \sin(\tau_i + \delta_i)] \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2.11)$$

Phương trình đường thẳng tiếp xúc của cặp biên dạng đó tiếp nhận được như sau:

$$\mathbf{r}_{P_i}^{(f)} = \begin{bmatrix} e[z\lambda \cos(\tau_i - \psi) - 1 - c \cos(\tau_i - \psi + \delta_i)] \\ e[z\lambda \sin(\tau_i - \psi) - c \sin(\tau_i - \psi + \delta_i)] \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

Từ các phương trình (2.11) đến (2.15), sử dụng các ngôn ngữ lập trình như Matlab, có thể xây dựng đường cong biên dạng của bánh răng ngoài.

### **2.3. Phương pháp bao hình để tạo hình biên dạng răng thân khai**

**2.3.1. Tạo hình biên dạng thân khai bằng phương pháp bao hình**

**2.3.2. Tạo hình bánh răng thân khai bằng phương pháp bao hình dùng thanh răng sinh**

### **2.4. Dựng hình cặp bánh răng trochoid bằng phần mềm Pro/ENGINEER**

**2.4.1. Giới thiệu phần mềm Pro/ENGINEER**

**2.4.2. Trình tự dựng hình bánh răng trochoid bằng phương pháp bao hình dùng phần mềm Pro/ENGINEER và môđun Mechanism Design**

**2.4.2.1. Thông số cơ bản của bánh răng trochoid trong bơm**

Các thông số cơ bản của cặp bánh răng trong bơm bánh răng trochoid :

- Số răng của bánh răng ngoài  $z=6$
- Số răng của bánh răng trong  $z-1=5$
- Bề dày bánh răng  $b=15mm$
- Hệ số trochoid  $\lambda$ ,  $\lambda = \frac{d}{ez} = 1.575$ ,  $d$  là khoảng cách  $O_aD$
- Hệ số cách đều  $c$ ,  $c = r_c / e = 3.95$
- Bán kính vòng tròn chân răng bánh ngoài  $r_s = 26.94mm$
- Khoảng cách lệch tâm  $e = 3.56mm$

**2.4.2.2. Trình tự dựng hình bánh răng trochoid bằng phương pháp bao hình nhờ phần mềm Pro/ENGINEER và môđun Mechanism Design**

Lưu đồ phân tích động học sử dụng môđun Mechanism Design được mô tả trên Hình 2.11 biết rằng: biên dạng răng bánh răng ngoài

1 chính là bao hình các vị trí khác nhau do biên dạng răng bánh răng trong 2 vẽ nên trên bánh răng ngoài trong chuyển động bao hình.

1) Dựng hình biên dạng răng của bánh dẫn 2 dựa trên hệ phương trình sau đây (sử dụng thao tác lệnh Curve và môđun Part):

$$\begin{cases} x = e[\cos z\phi_i + \lambda z \cos \phi_i - c \cos(\phi_i - \delta_i)] \\ y = e[\sin z\phi_i + \lambda z \sin \phi_i - c \sin(\phi_i + \delta_i)] \\ z = 0 \end{cases}$$

2) Dựng hình phôi của bánh răng ngoài 1 (sử dụng môđun Sketch và môđun Part).

3) Lắp ráp phôi bánh răng 1 và bánh răng 2 thành cơ cấu nhằm thực hiện chuyển động bao hình (sử dụng môđun Assembly).

4) Thực hiện phân tích động học cơ cấu với chuyển động bao hình như sau: phôi bánh răng 1 xem như cố định, tâm  $O_2$  của bánh răng 2 chuyển động với vận tốc góc cùng quay xung quanh tâm  $O_1$  với vận tốc góc  $-\omega_1$ , bánh răng 2 quay xung quanh đường thẳng  $O_1O_2$  với vận tốc góc bằng  $\omega_2 - \omega_1$  (sử dụng môđun Mechanism Design).

5) Mô phỏng chuyển động bao hình, xem kết quả mô phỏng và vẽ bao hình của các vết khác nhau của biên dạng đỉnh răng bánh 2 vạch nên trên phôi bánh răng, ta xây dựng được biên dạng răng của bánh răng 1 (sử dụng mô đun Mechanism Design), nhờ đó xây dựng biên dạng răng của bánh răng.

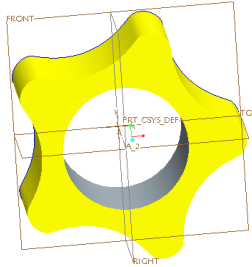
6) Dựng hình hai bánh răng 1 và 2 (sử dụng mô đun Part).

2.4.2.3. *Dựng hình bề mặt đỉnh răng và chân răng bằng phương pháp bao hình sử dụng phần mềm Pro/ENGINEER và môđun Mechanism Design*

***Bước 1: Dựng hình biên dạng răng của bánh trong***

Dùng lệnh **Curve** nhập phương trình biên dạng của bánh răng trong (hình 2.15):

Tiếp theo dùng lệnh **Extrude** để dựng hình bánh răng trong (hình 2.16).



Hình 2.16. Bánh răng trong

**Bước 2: Dựng hình phôi bánh răng ngoài**

Dựng hình phôi cho bánh răng ngoài bằng phương thức vẽ phác **Sketch** và sử dụng lệnh **Extrude** ta được như hình 2.17.

**Bước 3: Dựng hình giá đỡ**

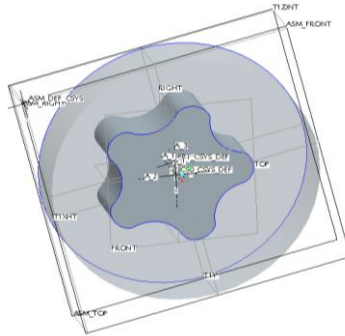
Sử dụng môđun **Part**.

- Dựng trục dữ liệu  $A_1$  mô tả trục quay của giá đỡ  $O_1O_2$  (hình 2.15). Khi lắp ráp cơ cấu để thực hiện chuyển động bao hình, trục dữ liệu  $A_1$  sẽ trùng với đường tâm trục của phôi bánh răng.

- Dựng trục dữ liệu  $A_2$  mô tả trục quay của bánh răng trong xung quanh điểm  $O_2$ . Khi lắp ráp cơ cấu để thực hiện chuyển động bao hình, trục dữ liệu  $A_2$  luôn luôn chính là trục quay của bánh răng trong xung quanh giá  $O_1O_2$

**Bước 4: Lắp ráp tạo cơ cấu thực hiện chuyển động bao hình**

Sử dụng môđun **Assembly**.



Hình 2.19. Hình cơ cấu tạo chuyển động bao hình

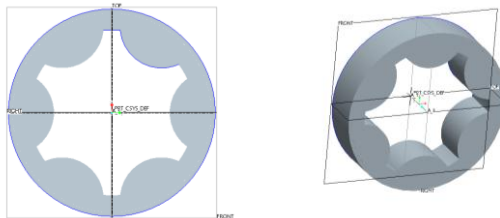
**Bước 5: Mô phỏng chuyển động của cơ cấu**

- Chọn menu **Application > Mechanism**
- Thiết lập động cơ 1 tạo chuyển động quay của giá đỡ quanh tâm phôi bánh răng với vận tốc góc  $\omega_1$ .
- Thiết lập động cơ 2 tạo chuyển động quay của bánh răng trong quanh tâm  $O_2$  với vận tốc góc  $\omega_2 - \omega_1$ .

**Bước 6: Phân tích chuyển động của cơ cấu**

**Bước 7: Dựng hình bánh răng ngoài**

Từ các vết do chuyển động bao hình tạo ta tiến hành dựng hình bánh răng ngoài.



Hình 2.20. Biên dạng răng của bánh răng ngoài và bánh răng ngoài

## **2.5. Nhận xét kết luận**

Trong chương này, chúng tôi đã nghiên cứu xây dựng phương trình biên dạng trochoid sử dụng trong bơm, trình bày phương pháp bao hình để tạo hình biên dạng và mặt răng của cặp bánh răng biên dạng bánh răng trochoid. Từ đó, chúng tôi đã đề xuất phương pháp dựng hình biên dạng, mặt răng cho một cặp bánh răng đối tiếp ứng dụng phần mềm Pro/ENGINEER.

Việc dựng hình chính xác bánh răng tạo cơ sở cho các bước kế tiếp như lập trình và gia công thực nghiệm 01 cặp bánh răng trochoid bằng máy phay CNC.



**CHƯƠNG 3****CÔNG NGHỆ GIA CÔNG BÁNH RĂNG TROCHOID TRÊN  
MÁY PHAY CNC****3.1. Các phương pháp gia công tiên tiến sử dụng cho bánh răng trochoid****3.1.1. Phương pháp cắt kim loại bằng tia laser**

3.1.1.1. Nguyên lý cắt

3.1.1.2. Các phương pháp cắt bằng laser

3.1.1.3. Đặc điểm của phương pháp cắt bằng laser

**3.1.2. Phương pháp gia công tia lửa điện bằng cắt dây**

3.1.2.1. Nguyên lý cắt

3.1.2.2. Đặc điểm của gia công EDM

3.1.2.3. Ứng dụng

3.1.2.4. Cấu hình trục cho máy cắt dây

3.1.2.5. So sánh gia công tia lửa điện với các phương pháp cắt không truyền thống khác

**3.1.3. Gia công theo phương pháp SSM (Sculptured Surface Machining)****3.2. Giới thiệu modun MANUFACTURING của Pro/ENGINEER**

3.2.1. Các thiết lập cơ bản trong môđun Manufacturing

3.2.2. Một số chu trình phay trong môđun Manufacturing

3.2.3. Các thông số cơ bản khai báo trong quá trình gia công

**3.3. Lập trình gia công bánh răng trochoid trên phần mềm Pro/ENGINEER**

3.3.1. Lưu đồ quá trình thiết lập qui trình công nghệ gia công chi tiết

3.3.2. Giới thiệu về máy phay BAZ 15 – CNC

**3.3.3. Giới thiệu một số lệnh cơ bản của ngôn ngữ G-M-Code trên máy phay CNC HEIDENHAIN**

**3.3.4. Dụng cụ cắt trên máy phay CNC**

**3.3.5. Các đặc trưng trong nguyên công phay**

3.3.5.1. Vùng gia công

3.3.5.2. Lượng dư gia công

3.3.5.3. Sơ đồ các bước khi phay

3.3.5.4. Chế độ cắt khi gia công

3.3.5.5. Chọn chế độ cắt theo tính toán

2) Chọn chế độ cắt theo công thức kinh nghiệm

3) Chọn chế độ cắt theo nhà sản xuất dụng cụ cắt

**3.4. Chu trình gia công bánh răng ngoài trên máy phay CNC**

**3.4.1. Chọn phôi cho bánh răng, bản vẽ lồng phôi**

**Chọn vật liệu để chế tạo bánh răng là nhôm, có độ cứng < 150 HB**

Phôi bánh răng có dạng hình vuông cạnh 80mm, bề dày 20mm với:

- Đoạn dài 16 mm ở phía trên được phay 1mm bề mặt trên, phần kế tiếp dài 15mm sẽ được phay thô và tinh bề mặt trụ ngoài để đạt đường kính ngoài của bánh răng là 70mm. Sau đó phay thô và tinh mặt răng của bánh răng.

- Đoạn phía bên dưới của phôi dài 4mm dùng để kẹp chặt phôi trên ê-tô máy phay khi phay mặt đầu, khi phay các răng, sau đó được phay mặt phẳng thành bánh răng bề dày 15mm (sau khi đã gia công răng).

**3.4.2. Các bước gia công bánh răng ngoài trên máy phay CNC**

3.4.2.1. Phay mặt trên

3.4.2.2. Phay trụ tròn ngoài

### 3.4.2.3. Phay thô hốc

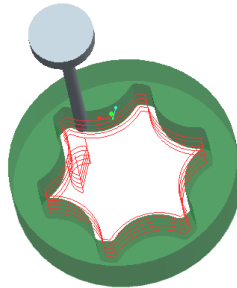
#### 3.4.2.4. Phay bán tinh mặt răng

- Chọn chu trình gia công PROFILE - Chọn dao gia công: Dao được chọn dao phay ngón, với các thông số: Số lưỡi cắt  $Z_n = 2$ ; Đường kính dao phay ngón: 6 mm; Chiều dài đoạn có lưỡi cắt: 40 mm; Gia công vật được liệu có độ cứng nhỏ hơn 35HRC.

- Chọn chế độ cắt:

- + Chiều sâu cắt:  $t = 3$  mm;
- + Vận tốc cắt:  $V_c = 200$  m/phút;
- + Lượng ăn dao:  $S_{ph} = 300$  (mm/ph);
- + Tốc độ quay của trục chính:  $n = 2000$  (vòng/phút);
- + Lượng dư theo profile để lại cho bước gia công tinh: 0.5 mm
- + Bước ăn dao ngang: 3 mm;
- + Chọn độ chính xác 0,01 mm;
- + Khoảng cách an toàn giữa dụng cụ và mặt phôi: 3 mm

#### 3.4.2.5. Phay tinh mặt răng



Hình 3.19. Mô phỏng đường chạy dao gia công tinh mặt răng

## 3.5. Chu trình gia công bánh răng trong trên máy phay CNC

### 3.5.1. Chọn phôi cho bánh răng, bản vẽ lồng phôi

### 3.5.2. Các bước gia công bánh răng trong trên máy phay CNC

#### 3.5.2.1. Phay mặt trên

### 3.5.2.2. Phay khối trụ trong

### 3.5.2.3. Phay mặt răng

- Chọn chu trình gia công PROFILE - *Chọn dao gia công*: Dao được chọn dao phay ngón, với các thông số: Số lưỡi cắt  $Z_n = 2$ ; Đường kính dao phay ngón: 16 mm; Chiều dài đoạn có lưỡi cắt: 40 mm; Gia công vật được liệu có độ cứng nhỏ hơn 35HRC.

- *Chọn chế độ cắt*:

+ Chiều sâu cắt:  $t = 3 \text{ mm}$ ;

+ Vận tốc cắt:  $V_c = 200 \text{ m/phút}$ ;

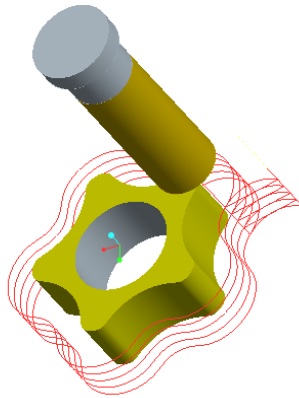
+ Lượng ăn dao:  $S_{ph} = 400 \text{ (mm/ph)}$ ;

+ Tốc độ quay của trục chính:  $n = 2000 \text{ (vòng/phút)}$ ;

+ Bước ăn dao ngang: 3 mm;

+ Chọn độ chính xác 0,01 mm;

+ Khoảng cách an toàn giữa dụng cụ và mặt phôi: 3 mm



Hình 3.22. Mô phỏng đường chạy dao gia công mặt răng

Sản phẩm đạt được sau gia công như Hình 3.23.



*Hình 3.23. Sản phẩm sau khi gia công*

### **3.6. Kết luận**

Trong chương này, chúng tôi đã phân tích một số phương pháp tiên tiến dùng để gia công bánh răng có biên dạng phức tạp và ứng dụng phương pháp gia công SSM cho bánh răng trochoid trên máy phay CNC. Chúng tôi đã đề ra các bước để gia công bộ truyền bánh răng trochoid và lập trình gia công bằng phần mềm Pro/ENGINEER. Từ đó, chúng tôi tiến hành gia công bánh răng trochoid với vật liệu là nhôm trên máy phay CNC MILL 155.

## CHƯƠNG 4

### PHƯƠNG PHÁP ĐO, KIỂM TRA BÁNH RĂNG TROCHOID TRÊN MÁY ĐO BA CHIỀU CMM

#### 4.1. Dung sai truyền động bánh răng

##### 4.1.1. Sai số gia công bánh răng

##### 4.1.2. Các yêu cầu kỹ thuật của bộ truyền bánh răng

#### 4.2. Một số phương pháp truyền thống đo và kiểm tra thông số bánh răng

##### 4.2.1. Phương pháp đo sai số tích lũy bước vòng

###### 4.2.1.1. Đo theo sai lệch bước góc

###### 4.2.1.2. Đo theo sai số tích lũy bước sau nửa vòng quay của bánh răng

###### 4.2.1.3. Đo sai lệch bước vòng trên vòng tròn đo

##### 4.2.2. Đo sai lệch giới hạn bước pháp cơ sở

##### 4.2.3. Đo sai lệch khoảng pháp tuyến chung

##### 4.2.4. Đo độ đảo hướng tâm vành răng

##### 4.2.5. Đo đường kính vòng chia

##### 4.2.6. Đo sai số prôphin răng

#### 4.3. Độ chính xác trong truyền động bánh răng trochoid

#### 4.4. Giới thiệu máy đo ba chiều (CMM)

##### 4.4.1. Tính năng kỹ thuật của máy

##### 4.4.2. Chức năng của máy đo ba chiều – Phần mềm thu nhận, xử lý số liệ đo và điều khiển máy đo ba chiều.

#### 4.5. Đo bánh răng ngoài của cặp bánh răng Trochoid đã gia công

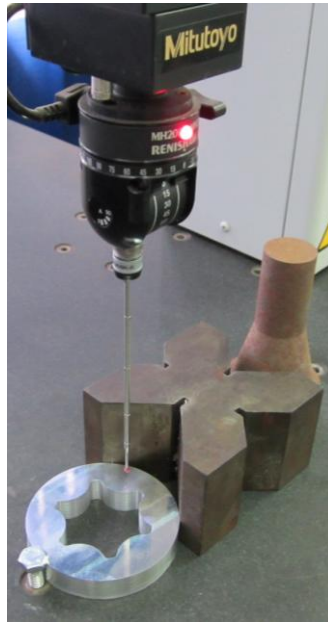
Từ các phân tích về sai số gia công ảnh hưởng đến truyền động bánh răng và các bước đo cơ bản cho phép trên máy đo ba chiều CMM BEYOND CRYSTA 554 Mitutoyo, do thời gian và thiết bị hạn chế nên đề tài chỉ xây dựng nguyên lý đo chỉ tiêu về sai số prôfin

răng cho bánh răng ngoài của bộ truyền bánh răng Trochoid đã gia công.

#### **4.5.1. Các bước thực hiện đo đặc**

Để xác định biên dạng của bánh răng ngoài, ta có thể tiến hành đo đặc một tập hợp điểm khác nhau trên bề mặt răng.

Đầu tiên ta gá đặt chi tiết đo như Hình 4.13.



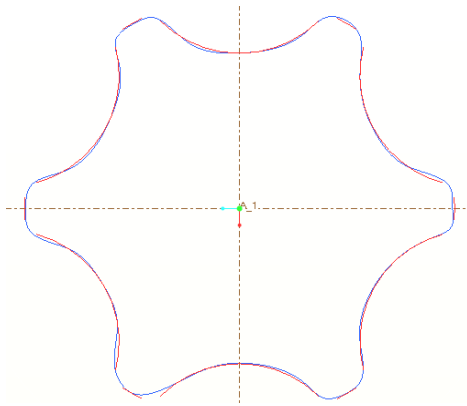
*Hình 4.13. Gá đặt chi tiết đo trên máy đo CMM*

Các bước thực hiện: Khởi động phần mềm COSMOS, chế độ Learn Mode. Chọn chế độ xác định gốc tọa độ chi tiết. Chọn chế độ đo điểm bằng tay rồi tiến hành đưa đầu dò đến chạm vào điểm bất kỳ trên bề mặt răng. Sau đó đưa đầu dò ra khoảng cách an toàn. Đưa đầu dò đến điểm tiếp theo, thực hiện tương tự như trên ta đo 36 điểm. Đến điểm cuối cùng, ta thực hiện lưu chương trình. Đóng chế độ

Learn Mode. Khởi động chạy chương trình ở chế độ Repeat Mode, chờ đến kết thúc chương trình rồi tiến hành xuất kết quả ra.

#### 4.5.2. Phương pháp xác định biên dạng răng từ tập hợp các điểm đo

Ta truy nhập tập hợp các điểm đo vào phần mềm Pro/ENGINEER, sử dụng lệnh Curve/ From file để dựng lại biên dạng của bánh răng ngoài và xác định khoảng cách lớn nhất từ các điểm trên biên dạng thực tế đến biên dạng lý thuyết của bánh răng ngoài.



Hình 4.14. Biên dạng răng lý thuyết và biên dạng răng tái tạo từ tập hợp điểm đo thông qua phần mềm Pro ENGINEER.

— biên dạng răng lý thuyết  
— biên dạng răng thực tế

#### 4.5.3. Kết quả đo sai số biên dạng răng

Với kết quả đo được, tiến hành đo trực tiếp khoảng cách của các điểm trên biên dạng thực và biên dạng lý thuyết ta có được sai số biên dạng răng. Kết quả sai lệch lớn nhất giữa biên dạng lý thuyết và biên dạng thực tế là 0.00852 mm (đo đặc thông qua phần mềm Pro/ENGINEER).



## 4.6. Kết luận

Chúng tôi đã tham khảo dung sai của truyền động bánh răng thân khai để xác định dung sai của bộ truyền bánh răng trochoid. Sử dụng máy đo tọa độ ba chiều CMM, chúng tôi đã xác định được biên dạng của bánh răng ngoài đã gia công và đem so sánh với biên dạng lý thuyết. Phân tích số liệu sau khi đo, chúng tôi thấy chi tiết gia công có sai số về biên dạng răng rất bé, thỏa mãn về sai số profin răng đối với bộ truyền bánh răng. Điều đó cho thấy gia công đạt được độ chính xác cao là do máy gia công có độ chính xác gia công cao.

## KẾT LUẬN VÀ TRIỂN VỌNG ĐỀ TÀI

### 1. Kết luận

Sau thời gian thực hiện, luận văn đã thực hiện được các công việc sau đây:

- Nghiên cứu lý thuyết về đường cong cycloid và lý thuyết ăn khớp của bộ truyền bánh răng cycloid.
- Nghiên cứu về lý thuyết tạo hình biên dạng răng cho bộ truyền bánh răng trochoid.
- Xây dựng phương pháp và trình tự dựng hình bộ truyền bánh răng trochoid sử dụng phần mềm Pro/ENGINEER.
- Xây dựng trình tự gia công, lập chương trình tự động gia công trên máy phay CNC, đồng thời tiến hành gia công thử nghiệm theo phương pháp SSM cho bộ truyền bánh răng trochoid trên máy phay CNC MILL 155 tại Viện Công nghệ Cơ khí và Tự động hóa, trường Đại học Bách khoa Đà Nẵng.
- Nghiên cứu phương pháp đo biên dạng răng trochoid trên máy đo tọa độ BEYOND CRYSTA 554 Mitutoyo (tại phòng thí nghiệm CREPA, chương trình PFIEV, trường Đại học Bách khoa). Tiến hành

đặc biên dạng răng trochoid, kết hợp với sử dụng phần mềm Pro/ENGINEER để kiểm tra độ chính xác của biên dạng.

## **2. Triển vọng**

- Có thể ứng dụng phương pháp tạo hình, phương pháp gia công và kiểm tra biên dạng trochoid nói trên phục vụ công tác sửa chữa và chế tạo bơm gerotor sử dụng trong công nghiệp, có thể phát triển ứng dụng cho các loại bộ truyền bánh răng cycloid khác hiện đang được sử dụng rộng rãi.

- Tiếp tục nghiên cứu nhằm xây dựng phương pháp đo và kiểm tra các thông số khác nhau trong bộ truyền bánh răng trochoid sử dụng trong bơm bánh răng.