

NGHIÊN CỨU LÝ THUYẾT TẠO HÌNH VÀ XÂY DỰNG PHƯƠNG TRÌNH BỀ MẶT RĂNG BÁNH RĂNG HYOIT

Ngô Xuân Quang¹

Tóm tắt: Hiện nay nhu cầu về sửa chữa và thay thế bộ truyền bánh răng hypoit ngày càng tăng cùng với sự phát triển của thiết bị, máy móc, đặc biệt là trong ngành, máy xây dựng và vận tải đường bộ. Các cơ sở chế tạo bộ truyền bánh răng hypoit ở Việt Nam vẫn còn hạn chế và năng suất chưa cao.

Trong bài báo này, tác giả giới thiệu về nguyên lý gia công, lý thuyết tạo hình bề mặt bánh răng hypoit, phương pháp xây dựng phương trình bề mặt răng của bánh răng hypoit và phương trình bề mặt răng bánh răng hypoit. Phương trình bề mặt răng xây dựng được là một cơ sở quan trọng để tiếp tục phát triển nghiên cứu phương pháp gia công bộ truyền bánh răng hypoit trên máy công cụ CNC đạt năng suất cao.

Từ khóa: Bánh răng hypoit, lý thuyết tạo hình bánh răng hypoit

I. Đặt vấn đề

Hiện nay, cùng với sự phát triển của nền kinh tế thị trường thì các loại thiết bị, máy móc của các nước phát triển được nhập vào nước ta ngày càng nhiều. Đặc biệt trong ngành máy xây dựng và vận tải đường bộ, các loại xe ô tô và máy xây dựng của các nước Nhật Bản, Hàn Quốc, Mỹ, CHLB Đức, ... đã và đang được sử dụng rộng rãi. Đặc điểm chung nhất của các loại xe này là bộ bánh răng truyền động chính (cụm cầu sau) đa số thuộc loại bánh răng côn cong hypoit hệ Gleason.

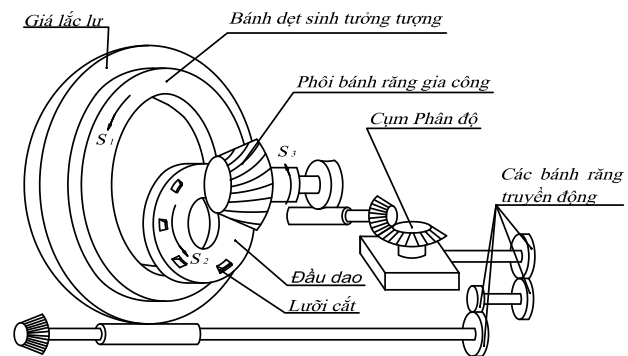
Sau một thời gian dài sử dụng các bộ truyền bánh răng bị mòn hoặc vỡ gây ra tiếng ồn và truyền chuyển động không còn chính xác nữa nên luôn luôn cần thay thế, do đó nhu cầu về bộ bánh răng hypoit đặt ra là rất lớn.

Việc nghiên cứu, xây dựng phương trình bề mặt răng của bánh răng côn cong hypoit là một cơ sở quan trọng trong việc gia công chế tạo nâng cao năng suất tại Việt Nam trong thời gian tới.

II. Nguyên lý tạo hình bề mặt răng

2.1. Nguyên lý gia công bánh răng côn cong hypoit hệ Gleason

Việc gia công bánh răng côn cong hypoit hệ Gleason dựa theo nguyên lý ăn khớp cưỡng bức giữa bánh răng đẹt sinh tương tượng (do chuyển động của dao tạo nên) và phôi bánh răng gia công (Hình 2.1). Khi cắt răng đầu dao mang lưỡi cắt sẽ thực hiện hai chuyển động tạo hình:



Hình 2.1 Nguyên lý cắt răng hệ Gleason

- Chuyển động quay quanh trục qua tâm giá lắp (theo chiều S_1);

- Chuyển động quay quanh trục đầu dao với vận tốc cắt V [m/phút] (theo chiều S_2). Chuyển động S_2 là chuyển động tạo hình đơn giản tạo ra chiều dài răng.

Ngoài ra phôi còn chuyển động quay S_3 quanh trục của nó. Để tạo profin răng thì bánh đẹt sinh (giá lắp trục) và phôi được cắt có mối liên hệ động học với nhau thông qua xích bao hình. Nếu bánh đẹt sinh chuyển động với vận tốc góc ω^d và bánh răng được cắt ω^k thì mối quan hệ động học giữa chúng được viết :

$$i_{bh} = \frac{\omega^d}{\omega^k} = \frac{z_d}{z_k} \quad (k = 1, 2);$$

trong đó :

z_d - số răng của bánh đẹt sinh;

z_k - số răng của bánh răng 1 hoặc 2 (chủ động, bị động); lưỡi cắt;

¹ Trường Đại học Thủy lợi

i_{bh} - tỉ số truyền chung của xích bao hình.

Trong quá trình bao hình, bánh đẹt sinh thực hiện chuyển động quay không toàn phần quanh trục giá lắp.

Sau mỗi lần gia công xong một rãnh răng thì xích bao hình bị phân giải, giá lắp đảo chiều, quay về vị trí ban đầu, bánh răng được cắt tiếp tục thực hiện phân độ và chuẩn bị chu kỳ gia công mới, cứ như thế cho đến khi gia công hết răng.

2.2. Lý thuyết chung về tạo hình bề mặt biên dạng răng bánh răng

Với dụng cụ cho trước ta xác định được phương trình chuyển động của lưỡi cắt. Cho lưỡi cắt này thực hiện các chuyển động khi gia công bề mặt bánh răng ta sẽ nhận được một họ bề mặt bao của lưỡi cắt, tìm mặt bao của họ mặt bao này chính là bề mặt biên dạng răng của bánh răng gia công.

Giả sử phương trình họ mặt côn của lưỡi cắt chuyển động có dạng:

$$F(X, Y, Z, C) = 0$$

Thì phương trình mặt bao của họ bề mặt côn lưỡi cắt [4] là:

$$\begin{cases} F(X, Y, Z, c) = 0 \\ \frac{\partial F(X, Y, Z, c)}{\partial c} = 0 \end{cases}$$

III. Xây dựng phương trình bề mặt biên dạng răng của bánh răng hypoit hệ Gleason

3.1. Các chuyển động cắt và các hệ trục tọa độ

Quá trình gia công bánh răng là quá trình lưỡi cắt tác động vào phôi và cắt bỏ một phần vật liệu để tạo ra bề mặt biên dạng răng. Quá trình gia công bánh răng côn cong hypoit hệ Gleason bao gồm một số chuyển động kết hợp với nhau để hình thành bề mặt răng. Chuyển động quay một góc θ của đầu dụng cụ mang lưỡi cắt quanh trục của dụng cụ, trục dụng cụ tạo một góc nghiêng i so với trục của bánh đẹt sinh tương tự, đầu dao vừa quay quanh trục dao vừa quay quanh trục của bánh đẹt sinh tương tự một góc q . Lúc này lưỡi cắt sẽ có liên hệ bao hình với phôi thông qua xích truyền động của máy và phôi sẽ quay một góc ϕ_1 .

Để xây dựng phương trình bề mặt răng ta phải xác định chuyển động tương đối giữa lưỡi

cắt và phôi. Bề mặt răng được tạo bởi một họ bề mặt lưỡi cắt (mặt côn). Ở đây ta cho phôi cố định và coi như lưỡi cắt sẽ thực hiện tất cả các chuyển động để tạo ra chuyển động tương đối giữa lưỡi cắt và phôi để hình thành lên biên dạng bề mặt răng. Như vậy ta phải xác định được tọa độ của lưỡi cắt trong hệ tọa độ gắn với phôi (S_1). Trước tiên ta tạo các hệ tọa độ qui chiếu như sau [3]:

- Dụng cụ được gắn trên giá lắp và chuyển động quay. Hệ tọa độ S_{t1} ($O_{t1}x_{t1}y_{t1}z_{t1}$) được gắn với giá đỡ dụng cụ.

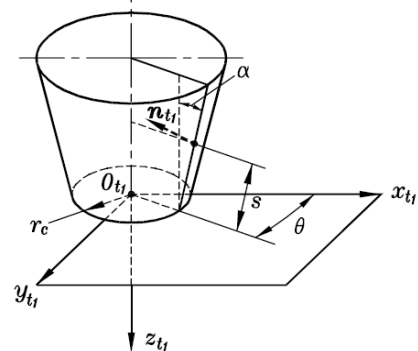
- Tọa độ lưỡi cắt r_{t1} được xác định thông qua hai tham số s và θ .

$$r_{t1}(s, \theta) = \begin{bmatrix} (r_c + s \cdot \sin \alpha) \cos \theta \\ (r_c + s \cdot \sin \alpha) \sin \theta \\ -s \cdot \cos \alpha \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

trong đó: α : góc côn của lưỡi cắt

s : độ cao lưỡi cắt theo phương z_{t1}

θ : góc quay của đầu dụng cụ quanh trục z_{t1}



Hình 3.1: Hệ tọa độ S_{t1} được gắn với giá đỡ dụng cụ

- Hệ tọa độ S_1 được gắn với phôi. Để xác định tọa độ lưỡi cắt trong hệ S_1 ta tiến hành xác định tọa độ lưỡi cắt trong các hệ tọa độ trung gian tương ứng với các chuyển động khi tạo hình biên dạng răng $S_b, S_c, S_{m1}, S_n, S_q$, (hình 3.2).

+ Hệ S_b là hệ tọa độ mới của dụng cụ cắt khi đầu dụng cụ xoay nghiêng một góc i quanh trục y_{t1} ($O_b \equiv O_{t1}; y_b \equiv y_{t1}$).

+ Hệ S_c là hệ tọa độ được gắn với tâm của bánh đẹt sinh tương tự, trục dao cách tâm bánh đẹt sinh một khoảng S_R , trục dao quay một góc là j .

+ Hệ S_{m1} gắn với bánh đẹt sinh khi trục dao

vừa quay quanh nó vừa quay quanh tâm bánh dẹt sinh một góc q .

+ S_n là hệ mới của S_{m1} sau khi tịnh tiến lượng hypoid E_{m1} và độ lệch tâm ΔB

+ S_q là hệ gắn trên máy, trùng với tâm phôi và cách đỉnh côn của phôi một lượng ΔA

Trong quá trình tạo hình giá lắc với hệ S_c thực hiện chuyển động quay quanh trục z_{m1} với vận tốc góc $\omega^{(c)}$ và phôi với hệ S_1 thực hiện chuyển động quay quanh trục x_q với vận tốc góc $\omega^{(1)}$.

- Liên hệ giữa q và ϕ_1 :

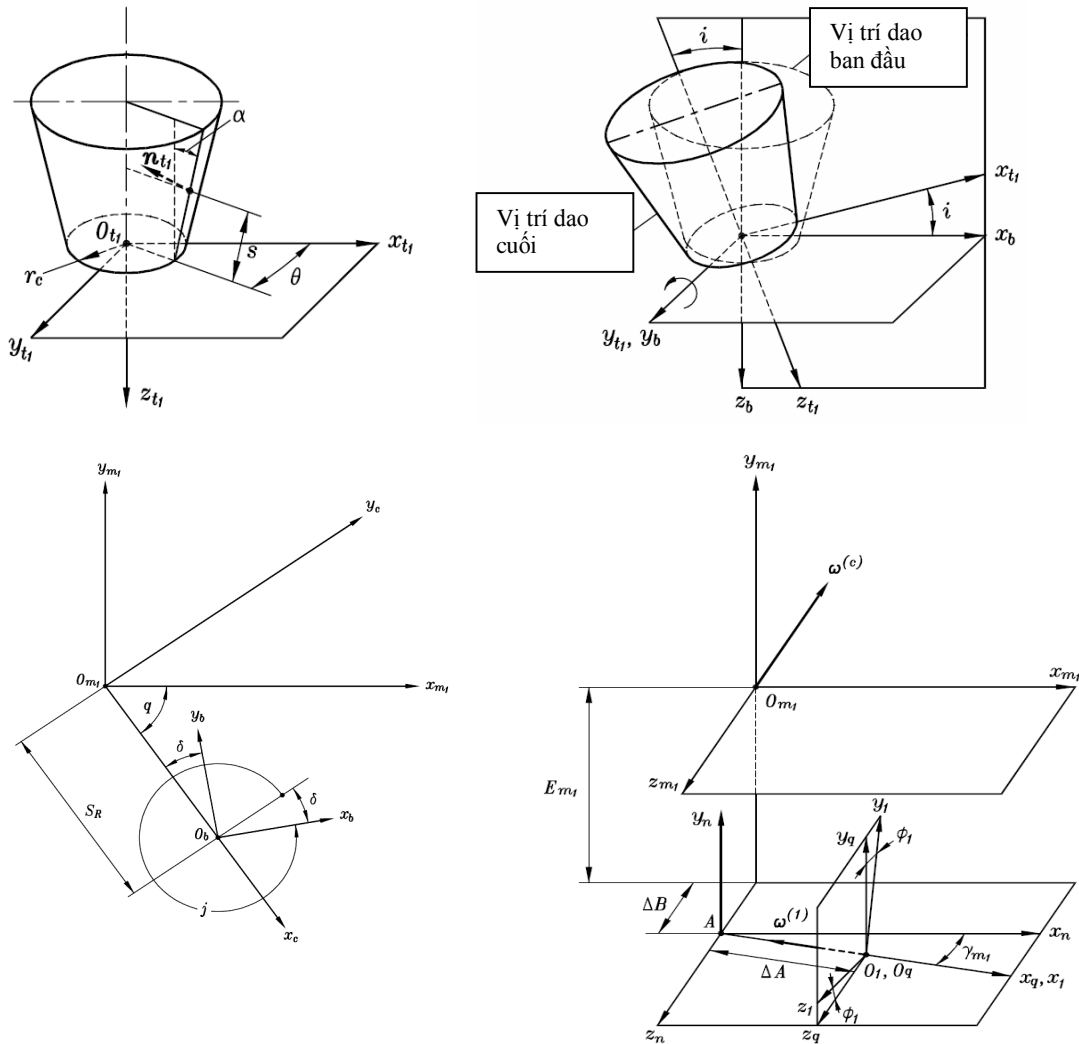
$$q = \theta_c + \phi_1 \omega^{(c)} / \omega^{(1)} = \theta_c + \phi_1 \cdot z_d / z_1$$

$$= \theta_c + \phi_1 \cdot z_1 / \sqrt{z_1^2 + z_2^2} \quad (3.2)$$

trong đó: θ_c là góc quay ban đầu của giá lắc (bánh dẹt sinh);

z_1 là số răng theo thiết kế của bánh răng đang gia công;

z_2 là số răng của bánh răng ăn khớp với bánh răng z_1 .



Hình 3.2: Các hệ tọa độ chuyển động của dụng cụ cắt S_{t1} , S_b , S_c , S_{m1} , S_n , S_q , S_1

- Các thông số gá đặt khác:

E_{m1} : là lượng dịch hypoid của máy,

γ_{m1} : là góc nghiêng trục bánh nhỏ so với mặt mút bánh lớn

i : góc nghiêng trục dao

j : góc quay trục dao nghiêng

ΔB : là khoảng cách đỉnh côn đến bề mặt giá lắc,

ΔA : khoảng cách từ đỉnh côn đến đường tâm máy,

S_R : là bán kính gá đặt đầu dao.

3.2. Xây dựng phương trình bề mặt răng

Từ phương trình lưỡi cắt của dụng cụ để xác định phương trình bề mặt răng, trước hết ta thực hiện các phép biến đổi tọa độ để xác định tọa độ của lưỡi cắt trong hệ S_1 . Để thực hiện được đơn giản ta thực hiện biến đổi tọa độ qua các hệ tọa độ trung gian $S_b, S_c, S_{m1}, S_n, S_q$ như trên hình 3.2.

- Chuyển từ hệ S_{t1} sang hệ S_b ta có phương trình:

$$\begin{cases} X_b = X_{t1} \cos i + Z_{t1} \sin i \\ Y_b = Y_{t1} \\ Z_b = -X_{t1} \sin i + Z_{t1} \cos i \end{cases}$$

Ta có thể viết gọn như sau: $r_b = M_{bt1} \cdot r_{t1}$; trong đó M_{bt1} là ma trận chuyển hệ từ S_{t1} sang S_b

$$M_{bt1} = \begin{bmatrix} \cos i & 0 & \sin i & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin i & 0 & \cos i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- Tương tự chuyển từ hệ S_b sang hệ S_c ta có: $r_c = M_{cb} \cdot r_b$; M_{cb} là ma trận chuyển hệ từ S_b sang S_c

- Khi chuyển từ hệ S_c sang hệ S_{m1} ta có: $r_{m1} = M_{m1c} \cdot r_c$; M_{m1c} là ma trận chuyển hệ từ S_c sang S_{m1}

- Khi chuyển từ hệ S_{m1} sang hệ S_n ta có: $r_n = M_{nm1} \cdot r_{m1}$; M_{nm1} là ma trận chuyển hệ từ S_{m1} sang S_n

- Khi chuyển từ hệ S_n sang hệ S_q ta có: $r_q = M_{qn} \cdot r_n$; M_{qn} là ma trận chuyển hệ từ S_n sang S_q

- Khi chuyển từ hệ S_q sang hệ S_1 ta có: $r_1 = M_{1q} \cdot r_q$; M_{1q} là ma trận chuyển hệ từ S_q sang S_1

$$M_{cb} = \begin{bmatrix} -\sin j & -\cos j & 0 & S_R \\ \cos j & -\sin j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$M_{m1c} = \begin{bmatrix} \cos q & \sin q & 0 & 0 \\ -\sin q & \cos q & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$M_{nm1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & E_m \\ 0 & 0 & 1 & -\Delta B \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$M_{qn} = \begin{bmatrix} \cos \gamma_m & 0 & \sin \gamma_m & -\Delta A \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin \gamma_m & 0 & \cos \gamma_m & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$M_{1q} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \phi_1 & -\sin \phi_1 & 0 \\ 0 & \sin \phi_1 & \cos \phi_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

ta có:

$$\begin{aligned} r_1 &= M_{1q} \cdot r_q = M_{1q} \cdot M_{qn} \cdot r_n = M_{1q} \cdot M_{qn} \cdot M_{nm1} \cdot r_{m1} = \\ &= M_{1q} \cdot M_{qn} \cdot M_{nm1} \cdot M_{m1c} \cdot r_c = M_{1q} \cdot M_{qn} \cdot M_{nm1} \cdot M_{m1c} \cdot \\ &= M_{cb} \cdot r_b = M_{1q} \cdot M_{qn} \cdot M_{nm1} \cdot M_{m1c} \cdot M_{cb} \cdot M_{bt1} \cdot r_{t1} \end{aligned}$$

Như vậy:

$$\mathbf{r}_1(s, \theta, \phi_p) = \mathbf{M}_{1q} \cdot \mathbf{M}_{qn} \cdot \mathbf{M}_{nm1} \cdot \mathbf{M}_{m1c} \cdot \mathbf{M}_{cb} \cdot \mathbf{M}_{bt1} \cdot \mathbf{r}_{t1}(s, \theta) = \mathbf{M}_{1t1} \cdot \mathbf{r}_{t1}(s, \theta) \quad (3.3)$$

Tính M_{1t1} :

$$M_{1t1} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

Trong đó:

$$\begin{aligned} a_{11} &= \cos i \cos \gamma_m \sin(q-j) - \sin i \sin \gamma_m; \\ a_{12} &= -\cos(q-j) \cos \gamma_m; \\ a_{13} &= \sin i \cos \gamma_m \sin(q-j) + \cos i \sin \gamma_m; \\ a_{14} &= S_R \cos q \cos \gamma_m - \Delta B \sin \gamma_m - \Delta A; \\ a_{21} &= \cos i \sin \gamma_m \sin \phi_p \sin(q-j) \\ &\quad + \cos i \cos(q-j) \cos \phi_p + \sin i \cos \gamma_m \sin \phi_p; \\ a_{22} &= -\cos(q-j) \sin \gamma_m \sin \phi_p + \sin(q-j) \cos \phi_p \\ a_{23} &= \sin i \sin \gamma_m \sin \phi_p \sin(q-j) \\ &\quad + \sin i \cos(q-j) \cos \phi_p \cos i \sin \gamma_m \sin \phi_p; \\ a_{24} &= -S_R (\sin q \cos \phi_p - \cos q \sin \gamma_m \sin \phi_p) \\ &\quad + E_m \cos \phi_p + \Delta B \cos \gamma_m \sin \phi_p; \\ a_{31} &= -\cos i \sin \gamma_m \cos \phi_p \sin(q-j) \\ &\quad + \cos i \cos(q-j) \sin \phi_p + \sin i \cos \gamma_m \cos \phi_p; \\ a_{32} &= \sin \gamma_m \cos \phi_p \cos(q-j) + \sin(q-j) \sin \phi_p; \\ a_{33} &= -\sin i \sin \gamma_m \sin(q-j) \cos \phi_p + \sin i \cos(q-j) \\ &\quad \sin \phi_p + \cos i \cos \gamma_m \cos \phi_p; \\ a_{34} &= -S_R (\sin q \sin \phi_p + \cos q \sin \gamma_m \cos \phi_p) \\ &\quad + E_m \sin \phi_p - \Delta B \cos \gamma_m \cos \phi_p; \\ a_{41} &= 0; \quad a_{42} = 0; \quad a_{43} = 0; \quad a_{44} = 1. \end{aligned} \quad (3.5)$$

Từ các công thức (3.1), (3.2), (3.3), (3.4) ta có phương trình đường bao của họ lưỡi cắt:

$$r_1(s, \theta, \phi_p) = M_{1t1} \cdot r_{t1}(s, \theta);$$

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \\ 1 \end{bmatrix} = M_{1t1} \cdot \begin{bmatrix} (r_c + s \cdot \sin \alpha) \cos \theta \\ (r_c + s \cdot \sin \alpha) \sin \theta \\ -s \cdot \sin \alpha \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{X}_1(\mathbf{s}, \theta, \phi_p) &= a_{11}x_{t1} + a_{12}y_{t1} + a_{13}z_{t1} + a_{14} \\ &= [\cos\theta \cos\gamma_m \sin(q-j) - \sin\theta \sin\gamma_m] \\ &\quad (r_c + s \cdot \sin\alpha) \cos\theta - \cos(q-j) \cos\gamma_m \\ &\quad (r_c + s \cdot \sin\alpha) \sin\theta + [\sin\theta \cos\gamma_m \sin(q-j) \\ &\quad + \cos\theta \sin\gamma_m] (-s \cdot \cos\alpha) + S_R \cos q \cos\gamma_m \\ &\quad - \Delta B \sin\gamma_m - \Delta A \end{aligned} \quad (3.6)$$

$$\begin{aligned} \mathbf{Y}_1(\mathbf{s}, \theta, \phi_p) &= a_{21}x_{t1} + a_{22}y_{t1} + a_{23}z_{t1} + a_{24} \\ &= [\cos\theta \sin\gamma_m \sin\phi_p \sin(q-j) + \cos\theta \cos(q-j) \cos\phi_p \\ &\quad + \sin\theta \cos\gamma_m \sin\phi_p] (r_c + s \cdot \sin\alpha) \cos\theta \\ &\quad - [\cos(q-j) \sin\gamma_m \sin\phi_p - \sin(q-j) \cos\phi_p] \\ &\quad (r_c + s \cdot \sin\alpha) \sin\theta + [\sin\theta \sin\gamma_m \sin\phi_p \sin(q-j) \\ &\quad + \sin\theta \cos(q-j) \cos\phi_p - \cos\theta \sin\gamma_m \sin\phi_p] \\ &\quad (-s \cdot \cos\alpha) - S_R (\sin q \cos\phi_p - \cos q \sin\gamma_m \sin\phi_p) \\ &\quad + E_m \cos\phi_p + \Delta B \cos\gamma_m \sin\phi_p \end{aligned} \quad (3.7)$$

$$\begin{aligned} \mathbf{Z}_1(\mathbf{s}, \theta, \phi_p) &= a_{31}x_{t1} + a_{32}y_{t1} + a_{33}z_{t1} + a_{34} \\ &= [-\cos\theta \sin\gamma_m \cos\phi_p \sin(q-j) + \cos\theta \cos(q-j) \\ &\quad \sin\phi_p - \sin\theta \cos\gamma_m \cos\phi_p] (r_c + s \cdot \sin\alpha) \cos\theta \\ &\quad + [\cos(q-j) \sin\gamma_m \cos\phi_p + \sin\phi_p \sin(q-j)] \\ &\quad (r_c + s \cdot \sin\alpha) \sin\theta + [\sin\theta \sin\gamma_m \cos\phi_p \sin(q-j) \\ &\quad + \sin\theta \cos(q-j) \sin\phi_p + \cos\theta \cos\gamma_m \cos\phi_p] \\ &\quad (-s \cdot \cos\alpha) - S_R (\sin q \sin\phi_p + \cos q \sin\gamma_m \cos\phi_p) \\ &\quad + E_m \sin\phi_p - \Delta B \cos\gamma_m \cos\phi_p \end{aligned} \quad (3.8)$$

Như vậy muốn tìm bề mặt biên dạng răng ta đi tìm mặt bao của họ mặt côn của lưỡi cắt. Phương trình mặt bao có dạng:

$$\begin{cases} F(X_1, Y_1, Z_1) = 0 \\ \frac{\partial F}{\partial q} = 0 \end{cases} \quad (3.9)$$

Từ (3.2) ta có: $\phi_p = \phi_1 = (q - \theta_c) \sqrt{z_1^2 + z_2^2} / z_1$ thay vào (3.6), (3.7), (3.8) và lấy đạo hàm theo q ta được:

$$\text{Ta có: } q = \text{atan} \left(\frac{(r_c + s \cdot \sin\alpha) \cos\theta \cos\gamma_m \sin j - (r_c + s \cdot \sin\alpha) \sin\theta \sin j - s \cdot \sin\alpha \sin\gamma_m \cos j}{S_R - (r_c + s \cdot \sin\alpha) \sin\theta \cos j} \right) \quad (3.11)$$

thay q vào phương trình (3.6), (3.7), (3.8) ta có phương trình bề mặt biên dạng răng:

$$\begin{cases} X_1(s, \theta) = a_{11}(r_c + s \cdot \sin\alpha) \cos\theta + a_{12}(r_c + s \cdot \sin\alpha) \sin\theta - a_{13} s \cdot \sin\alpha + a_{14} \\ Y_1(s, \theta) = a_{21}(r_c + s \cdot \sin\alpha) \cos\theta + a_{22}(r_c + s \cdot \sin\alpha) \sin\theta - a_{23} s \cdot \sin\alpha + a_{24} \\ Z_1(s, \theta) = a_{31}(r_c + s \cdot \sin\alpha) \cos\theta + a_{32}(r_c + s \cdot \sin\alpha) \sin\theta - a_{33} s \cdot \sin\alpha + a_{34} \end{cases} \quad (3.12)$$

Với các a_{ij} được xác định theo công thức (3.5)

Từ phương trình bề mặt biên dạng răng (3.12) ta có thể xác định được một tập hợp tọa độ x,y,z của các điểm thuộc bề mặt răng khi biết các thông số đầu vào của quá trình gia công. Với tập hợp các

$$\begin{aligned} \frac{\partial X_1}{\partial q} &= \cos\theta \cos\gamma_m \cos(q-j) (r_c + s \cdot \sin\alpha) \\ &\quad \cos\theta \sin(q-j) \cos\gamma_m (r_c + s \cdot \sin\alpha) \\ &\quad \sin\theta \sin\gamma_m \cos(q-j) s \cdot \cos\alpha - S_R \sin q \cos\gamma_m; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial Y_1}{\partial q} &= (\sin\gamma_m - 1) \sin[(q - \theta_c) \sqrt{z_1^2 + z_2^2} / z_1 \\ &\quad + (q-j)] \cdot [(r_c + s \cdot \sin\alpha) \cos\theta - s \cdot \cos\alpha \sin\theta] \\ &\quad + (\sin\gamma_m - 1) \cos[(q - \theta_c) \sqrt{z_1^2 + z_2^2} / z_1 \\ &\quad + (q-j)] \cdot [S_R - (r_c + s \cdot \sin\alpha) \sin\theta] \cos\gamma_m \cos\theta \\ &\quad [(q - \theta_c) \sqrt{z_1^2 + z_2^2} / z_1] \cdot [(r_c + s \cdot \sin\alpha) \cos\theta \sin\theta \\ &\quad + \Delta B] - (s \cdot \cos\alpha \sin\theta \cos\gamma_m + E_m) \sin \\ &\quad [(q - \theta_c) \sqrt{z_1^2 + z_2^2} / z_1]; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial Z_1}{\partial q} &= (\sin\gamma_m - 1) \sin[(q - \theta_c) \sqrt{z_1^2 + z_2^2} / z_1 \\ &\quad + (q-j)] \cdot [S_R - (r_c + s \cdot \sin\alpha) \sin\theta] \\ &\quad + (\sin\gamma_m - 1) \cos[(q - \theta_c) \sqrt{z_1^2 + z_2^2} / z_1 \\ &\quad + (q-j)] \cdot [(r_c + s \cdot \sin\alpha) \cos\theta - s \cdot \cos\alpha \sin\theta] \\ &\quad + \cos\gamma_m \sin[(q - \theta_c) \sqrt{z_1^2 + z_2^2} / z_1] \cdot \\ &\quad [(r_c + s \cdot \sin\alpha) \cos\theta \cos\theta + s \cdot \sin\alpha \sin\theta + \Delta B] \\ &\quad + E_m \cos[(q - \theta_c) \sqrt{z_1^2 + z_2^2} / z_1]; \end{aligned}$$

$$\text{Giải hệ } \begin{cases} \frac{\partial X_1}{\partial q} = 0 \\ \frac{\partial Y_1}{\partial q} = 0 \\ \frac{\partial Z_1}{\partial q} = 0 \end{cases} \quad (3.10)$$

tọa độ này chúng ta có thể sử dụng phần mềm vẽ ra bề mặt bánh răng và kết hợp lập trình gia công tự động trên máy công cụ CNC.

Với kết quả trên ta cũng có thể tiếp tục nghiên cứu để có thể lập trình gia công tự động trên máy CNC thông qua phương trình (3.12)

mà không phải sử dụng phần mềm để xác định tập hợp tọa độ các điểm và vẽ ra bề mặt răng.

IV. KẾT LUẬN

Như vậy ta đã xây dựng được phương trình tổng quát của bề mặt răng bánh răng côn răng cong hệ Gleason thông qua các chuyển động cắt tạo hình và ăn khớp với tham số là tham số tọa

độ của lưỡi cắt. Với mỗi cặp bánh răng ăn khớp cụ thể ta có một bộ các thông số đầu vào và từ đó xây dựng được phương trình của bề mặt răng bánh răng đó. Phương trình bề mặt răng xây dựng được là cơ sở quan trọng trong việc nghiên cứu các phương pháp gia công bánh răng cong hypoid đảm bảo chất lượng đạt năng suất cao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. ANSI/AGMA 2005--D03, *Design Manual for Bevel Gears*, Copyright American Gear Manufacturers Association.
- [2]. Faydor L. Litvin (1989), *Theory of Gearing*, NASA RP-1212.
- [3]. Faydor L. Litvin, Alfonso Fuentes, *Gear Geometry and Applied Theory*, Published in the United States of America by Cambridge University Press, New York.
- [4]. GS – TS Bành Tiến Long (1998), *Tạo hình bề mặt và những ứng dụng trong kỹ thuật*, Đại học Bách Khoa Hà Nội, Hà Nội.
- [5]. Ngô Xuân Quang (2011), Luận văn thạc sỹ khoa học, *Nghiên cứu nguyên lý tạo hình dụng cụ và thiết kế chế tạo dụng cụ gia công bánh răng côn răng cong hypoid lắp cho ô tô*, Đại học Bách khoa Hà Nội.

Abstract:

RESEARCH ON THEORY OF FORMING SURFACE HYPOID GEARS AND FORMULATING EQUATION OF TOOTH SURFACE OF HYPOID GEARS

Currently, demand for repair and replacement transmission gears hypoid increasing with the development of equipment and machinery, especially in the trucking industry and building equipment. Manufacturing hypoid gears in Vietnam is still limited and productivity is not high.

In this paper, the author introduces the principles of machining, theory of forming surface hypoid gear, method of formulating equation of tooth surfaces of hypoid gears and equation of tooth surfaces of hypoid gears. This is an important foundation for further research to develop methods of machining on CNC machine tools.

Keywords: *Hypoid gears, theory of forming surface hypoid gears.*

Người phản biện: PGS.TS. Nguyễn Đăng Cường