

PHƯƠNG PHÁP XÂY DỰNG ĐƯỜNG SINH BIÊN DẠNG MẶT CÔN LÀM VIỆC CỦA ĐÁ MÀI BỀ MẶT RĂNG CÔN RĂNG CONG HỆ GLEASON

THE METHOD OF BUILDING TO DETERMINE PROFILE-LINE OF GRINDING
WHEEL THAT WILL MAKE SPIRAL BEVEL GEARS IN THE GLEASON SYSTEMS

Nguyễn Thọ Sơn

Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp

TÓM TẮT

Bài báo trình bày về phương pháp xây dựng đường sinh biên dạng mặt côn đá mài biên dạng bề mặt răng côn, răng cong hệ Gleason với mục đích tăng chất lượng làm việc của bộ truyền bánh răng Gleason. Tác giả đã thay đổi góc biên dạng tại mỗi điểm tính toán trên đường này, với điểm thay đổi sẽ tạo ra các điểm tương ứng trên bề mặt răng bánh răng chủ động và bề mặt răng bánh răng bị động, từ đó lấy khoảng cách giữa hai điểm này, nếu khoảng cách này nhỏ hơn giới hạn của độ chính xác $[\xi]$ (xem hai điểm này có trùng nhau hay không) thì góc biên dạng được coi là đúng, lặp lại cho đến khi nhỏ hơn $[\xi]$. Khi chúng ta xác định được các giá trị góc biên dạng tại các điểm này. Biên dạng đường sinh được xác định.

Từ khoá: Bề mặt răng; Vùng tiếp xúc; Góc biên dạng.

ABSTRACT

This paper describes the method of building a profile-line of grinding wheel that will make spiral bevel gears in the Gleason systems to increase the area of contact of set spiral bevel gearing. To determine this profile-line of grinding wheel, the author changed the angle profile at each calculation point on this line, with the changed score that would produce the corresponding points on the pinion tooth surfaces and gear tooth surfaces, from which the distance between these two points, if this distance is less than the limit of accuracy $[\xi]$ (whether these two points coincide), then the profile angle is considered to be true, Repeat until less than $[\xi]$. When we determined the profile angle values at these points. The profile-line is determined.

Keywords: Tooth surface; Area of contact; Profile angle.

1. GIỚI THIỆU

Độ chính xác biên dạng răng là một trong những thông số đánh giá chất lượng ăn khớp của cặp bánh răng côn răng cong hệ Gleason. Khi gia công tinh bánh răng sau nhiệt luyện, việc cải thiện vết tiếp xúc là một vấn đề không phải là dễ dàng cho các nhà công nghệ, nhà khoa học, khi thực hiện mài biên dạng răng cần phải tìm được đường sinh biên dạng mặt côn đá mài tối ưu.

Gia công cặp bánh răng côn răng cong hệ Gleason, vết tiếp xúc phụ thuộc vào góc profile của lưỡi cắt [2], khi thực hiện cắt đúng theo profile lưỡi cắt tính toán thì vết tiếp xúc được cải thiện [1], tuy nhiên, thay đổi mình góc profile lưỡi cắt cũng chưa thể cải thiện hoàn toàn vết tiếp xúc.

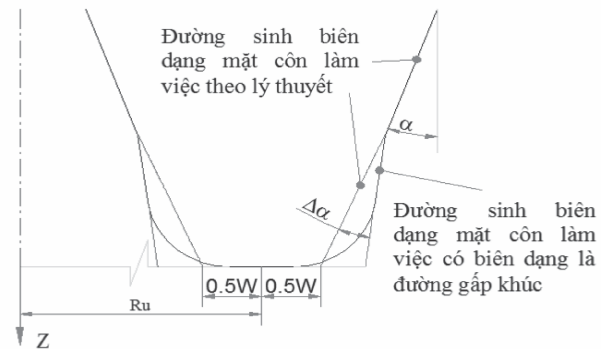
Với mục đích nâng cao vùng tiếp xúc, tiến đến kiểm soát vết tiếp xúc, tác giả nghiên cứu phương pháp xác định biên dạng đá mài dùng trong mài bánh răng côn răng cong hệ Gleason. Trong nghiên cứu này, các yếu tố ảnh hưởng đến vết tiếp xúc như: Góc đặt và độ chính xác của máy gia công ..., không xét đến, chỉ xét đến ảnh hưởng của biên dạng đá mài.

2. PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH BIÊN DẠNG ĐÁ MÀI

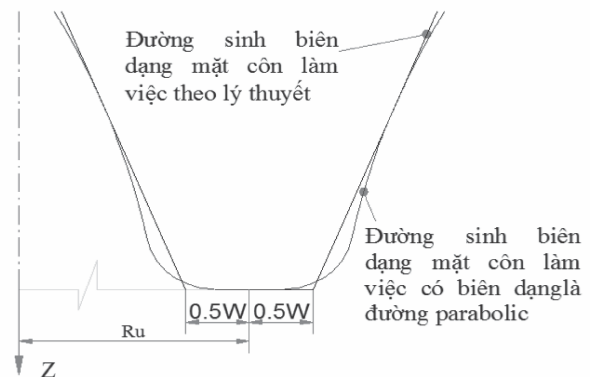
2.1. Các nghiên cứu về biên dạng đá mài

Các nhà nghiên cứu đã đề xuất các biện pháp cải thiện đường sinh biên dạng mặt côn đá mài để cải thiện vết tiếp xúc: i) Thay đổi góc profile đường sinh biên dạng mặt côn đá mài khi mài bề mặt răng, điều này chỉ cải thiện [1] được một phần vết tiếp xúc; ii) Thay đổi hoàn toàn đường sinh biên dạng mặt côn đá mài khi mài bề mặt răng [2], [3], [4], [5], đường sinh biên

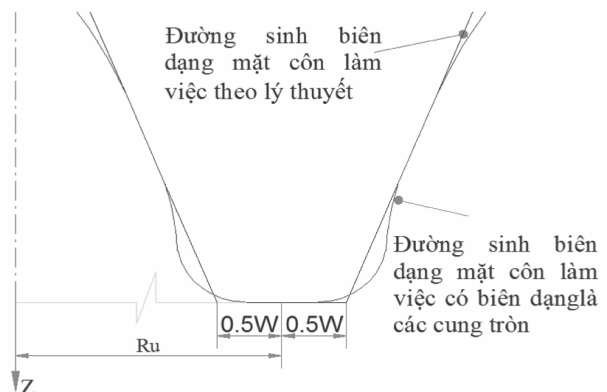
dạng mặt côn đá mài khi mài bề mặt răng lúc này không phải đường thẳng có góc profile xác định nữa mà là đường gấp khúc với những góc khác nhau trên lưỡi cắt như Error! Reference source not found. Hoặc là đường parabolic như Error! Reference source not found. hoặc là các cung tròn như Hình 3.



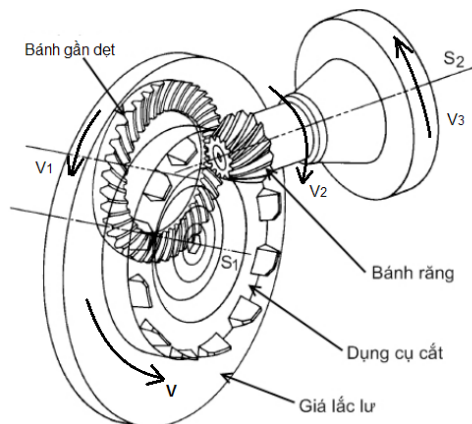
Hình 1. Profile đá mài là đường gấp khúc [2][3][4]



Hình 2. Profile đá mài là parabolic [2][3][4]



Hình 3. Profile đá mài là các cung tròn [5]



Hình 4. Nguyên lý hình thành dạng răng [6]

Để tổng quan được tất cả các kiểu profile, đường sinh biên dạng mặt côn đá mài là đường cong bất kỳ nào đó chỉ quan tâm đến kết quả ăn khớp của cặp bánh răng gia công.

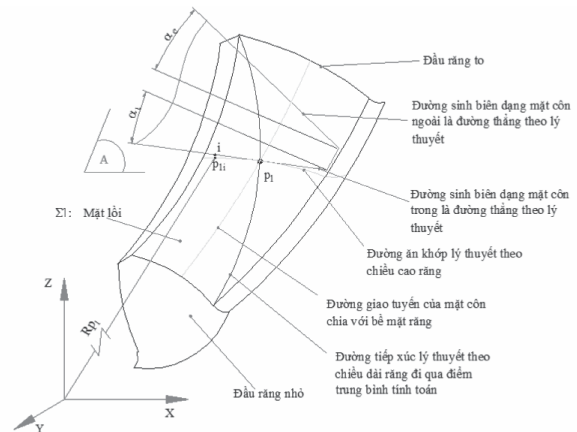
Trong nghiên cứu này, tác giả thực hiện xác định đường sinh biên dạng bề mặt côn làm việc của đá mài coi là đường cong bất kỳ.

2.2. Phương pháp xác định profile đá mài

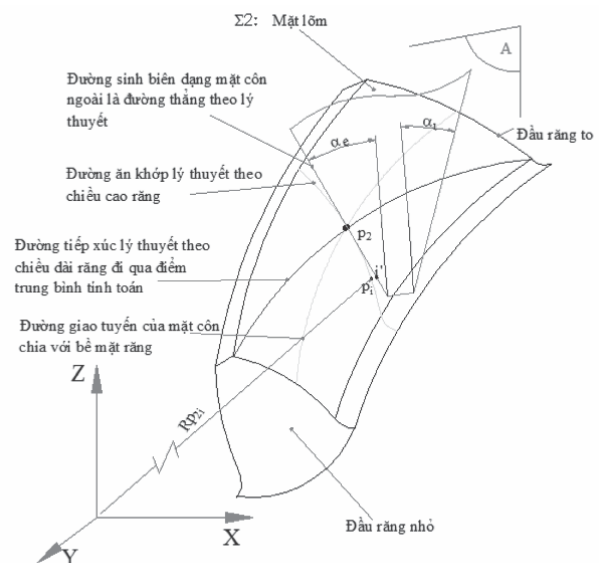
Nguyên lý gia công bánh răng côn răng cong hệ Gleason trên các máy của hãng Gleason sản xuất, đều dựa theo nguyên lý ăn khớp giữa bánh gài det tưởng tượng và phối bánh răng [6] như Hình 5. Để hình thành dạng răng cung tròn, máy gia công cần thực hiện các chuyển động sau:

- Chuyển động cắt quay tròn V của đầu dụng cụ cắt quanh tâm S_1 hình thành biên dạng răng theo chiều dài.
- Chuyển động bao hình (V_1 ; V_2) của giá lắc lư và phối để hình thành dạng răng theo chiều cao răng.
- Chuyển động phân độ V_3 quay phối, để gia công hết số răng.

Sau quá trình gia công trên bề mặt các răng hình thành các sườn lồi và sườn lõm.



Hình 6. Bề mặt răng ở sườn lồi



Hình 7. Bề mặt răng ở sườn lõm

Σ_1 ; Σ_2 : Các bề mặt lồi và lõm đã xác định khi biết đường sinh biên dạng bề mặt côn làm việc [6].

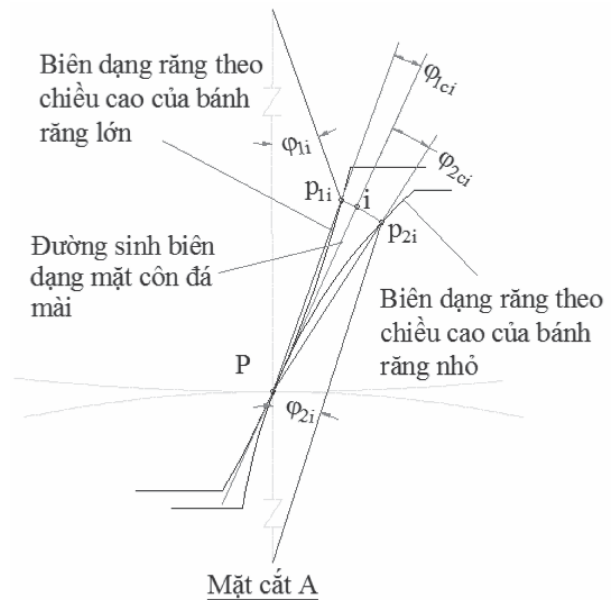
Trong quá trình ăn khớp thì bề mặt lồi của bánh răng này sẽ ăn khớp với bề mặt lõm của bánh răng kia và ngược lại. Xét mặt cắt A vuông góc với các đường tiếp xúc lý thuyết theo chiều dài đi qua điểm trung bình tính toán,

lúc này, trong mặt cắt A là hai bánh răng phẳng tương đương ăn khớp với nhau.

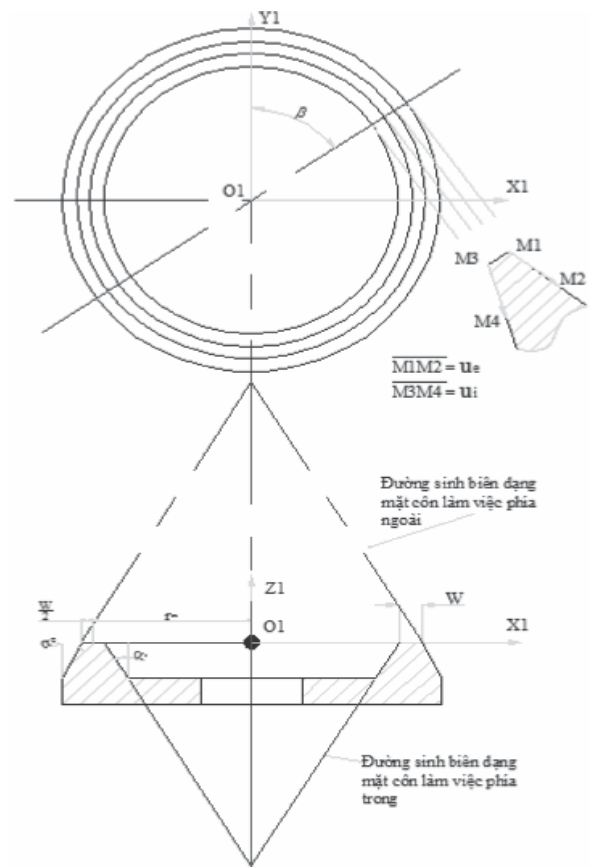
Gọi điểm i là điểm bất kỳ trên đường sinh biên dạng bề mặt côn làm việc của đá mài. Khi tạo hình bề mặt răng điểm i sẽ quay quanh tâm quay tức thời P một góc φ_{1ci} đồng thời bánh răng lớn cũng quay theo chiều ngược một góc

với $\varphi_{1i}/\varphi_{1ci} = z_c/z_1 = \sqrt{z_1^2 + z_2^2}/z_1$ tạo trên bề mặt răng bánh răng lớn tại mặt cắt tính toán điểm P_{1i} ; tương tự như vậy, điểm i cũng hình thành trên bề mặt bánh răng nhỏ một điểm P_{2i} khi quay lưỡi cắt quanh tâm quay tức thời P một góc φ_{2ci} đồng thời bánh răng nhỏ quay ngược một góc φ_{2i} với $\varphi_{2i}/\varphi_{2ci} = z_c/z_2 = \sqrt{z_1^2 + z_2^2}/z_2$; $\varphi_{2i}/\varphi_{1i} = z_1/z_2$ Error! Reference source not found.

Loại bỏ toàn bộ các yếu tố ảnh hưởng khi gia công và cho bánh răng nhỏ và bánh răng lớn ăn khớp với nhau, khi đó, hai điểm P_{1i} ; P_{2i} sẽ phải trùng nhau nếu ăn khớp đúng. Có nghĩa về mặt lý thuyết hai đường ăn khớp theo chiều cao răng tại mặt cắt A phải lẩn không trượt ăn khớp với nhau. Tuy nhiên, trong thực tế hai đường này không ăn khớp đúng. Một trong các nguyên nhân gây ra việc ăn khớp không đúng này là do góc profile đường sinh biên dạng bề mặt côn làm việc tại các vị trí khác nhau là khác nhau nhưng đường sinh này lại là đường thẳng nên các góc này không đổi. Như vậy, để hai đường ăn khớp ăn khớp đúng được cần phải thay đổi các góc profile của đường sinh này tại các điểm khác nhau, hay đường sinh biên dạng bề mặt côn làm việc không phải là đường thẳng có góc profile không đổi nữa mà là một đường cong bất kỳ. Theo Error! Reference source not found, để đảm bảo ăn khớp đúng cần phải thỏa mãn hai yếu tố sau:



Hình 8. Ăn khớp của bánh răng phẳng tương đương



Hình 9. Đường sinh biên dạng mặt côn làm việc là đường thẳng

- Thứ nhất: Đường sinh biên dạng bề mặt côn làm việc lăn không trượt trên biên dạng bánh răng tại mặt cắt A. Có nghĩa là:

$$\hat{pp}_{li} = Pi = \hat{PP}_{2i} \quad (1)$$

- Thứ hai: Đảm bảo tỷ số quay của góc quay đường sinh biên dạng bề mặt côn làm việc với các bánh răng gia công tương ứng.

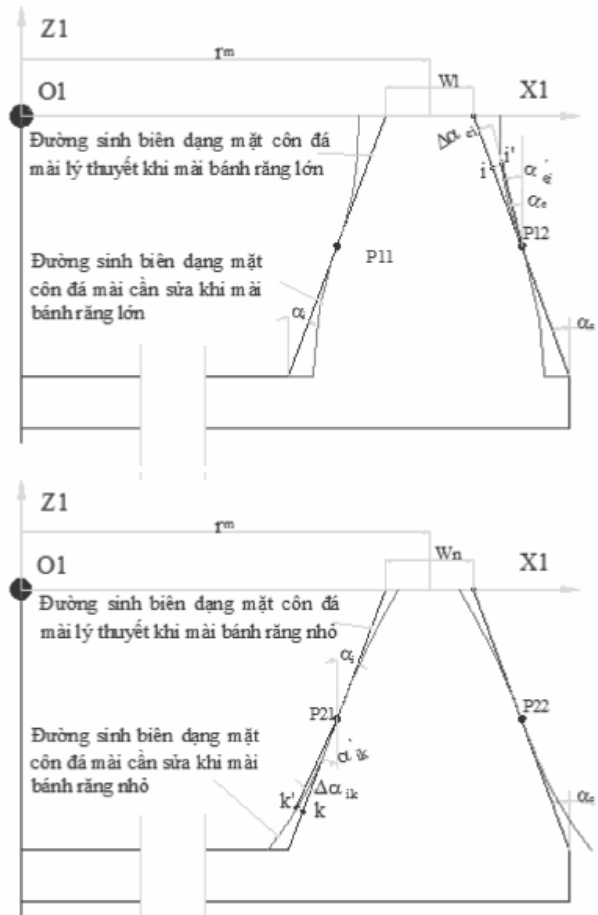
$$\left. \begin{aligned} \frac{\varphi_{li}/\varphi_{1ci}}{\varphi_{2i}/\varphi_{2ci}} &= \frac{z_c/z_1}{z_c/z_2} = \frac{z_2}{z_1} \\ \varphi_{2i}/\varphi_{li} &= z_1/z_2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \varphi_{2ci}/\varphi_{1ci} = 1 \quad (2)$$

Như vậy, khi tính toán đường sinh biên dạng bề mặt côn làm việc có biên dạng cong cần phải đảm bảo hai yếu tố trên. Xét biên dạng đá mài có đường sinh biên dạng bề mặt côn làm việc là đường thẳng như Hình 9. Gắn hệ tọa độ vào, phương trình biểu diễn đường sinh biên dạng bề mặt côn làm việc như công thức (3) [6].

$$R_i(u_j, \beta_j) = \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (r_m \pm (\frac{W}{2} + u_j \sin \alpha_j)) \sin \beta_j \\ (r_m \pm (\frac{W}{2} + u_j \sin \alpha_j)) \cos \beta_j \\ -u_j \cos \alpha_j \end{bmatrix} \quad (3)$$

Với $j=I$ (đường sinh biên dạng mặt côn làm việc phía trong) hoặc e (đường sinh biên dạng mặt côn làm việc phía ngoài) và $u_i, u_e, \beta_i, \beta_e$ là các thông số hình thành nên đường sinh biên dạng mặt côn làm việc lý thuyết; u_i sẽ biến thiên từ 0 đến u_i hoặc u_e, r_m : Bán kính đầu dụng cụ cắt danh nghĩa; W : Lượng mở đầu dụng cụ cắt; α_e, α_i : Góc profile đường sinh biên dạng mặt côn làm việc phía ngoài và góc profile đường sinh biên dạng mặt côn làm việc phía trong theo lý thuyết.

Không coi đường sinh biên dạng mặt côn làm việc của đá mài là đường thẳng mà coi là biên dạng cong bất kỳ Error! Reference source not found.



Hình 10. Các đường cong (màu đỏ) đường sinh biên dạng bề mặt côn làm việc của đá mài khi bánh răng lớn và bánh răng nhỏ

$Wl; Wn$: Lượng mở đầu đá khi mài hai mặt bánh răng lớn, bánh răng nhỏ.

Để đảm bảo ăn khớp đúng của hai bánh răng, các đường sinh biên dạng mặt côn làm việc đá mài cần thỏa mãn công thức (1) và (2) có nghĩa là:

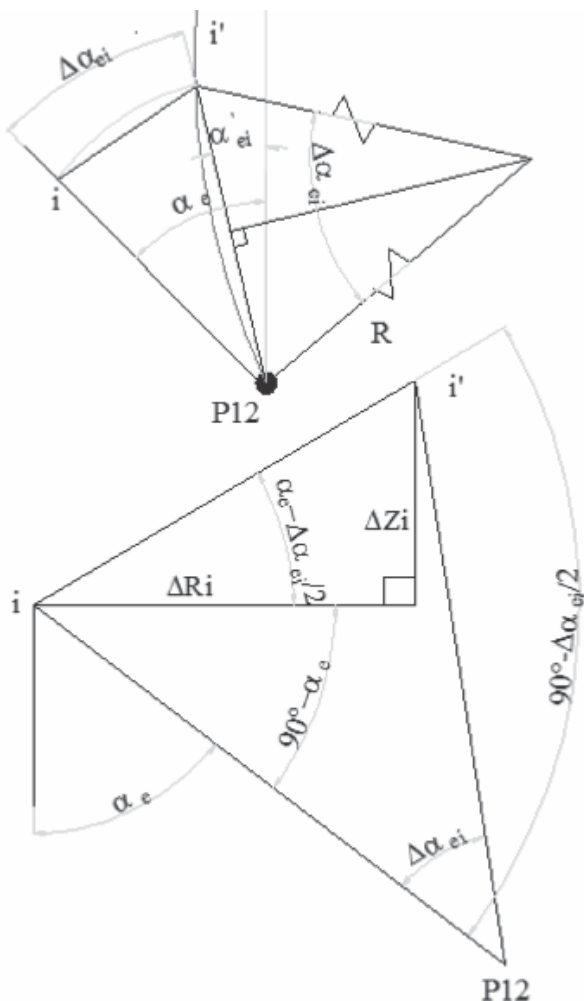
$$p_{12}i = p_{21}k = \hat{p}_{12}i' = \hat{p}_{21}k' \quad (4)$$

$$\Delta\alpha_{ik} = -\Delta\alpha_{ei} \quad (5)$$

Với $\Delta\alpha_{ei} = \alpha'_{ei} - \alpha_e$ là sai lệch góc profile đường sinh biên dạng mặt côn làm việc khi mài bánh răng lớn.

Tương ứng $\Delta\alpha_{ik} = \alpha'_{ik} - \alpha_i$ là sai lệch góc profile đường sinh biên dạng mặt côn làm việc đá mài ở sườn đối diện khi mài bánh răng nhỏ.

Để xác định phương pháp tính các dây cung $\widehat{p_{12}i'}$ và $\widehat{p_{21}k'}$, xét tam giác P12ii'.



Hình 11. Tam giác tính toán đường sinh biên dạng mặt côn làm việc của đá mài

Để thuận tiện cho việc tính toán coi cung cong $\widehat{p_{12}i'}$ là cung tròn có góc ở tâm $\Delta\alpha_{ei}$ (vì $\Delta\alpha_{ei}$ rất bé). Khi đó:

$$\widehat{p_{12}i'} = \Delta\alpha_{ei} * R = p_{12}i$$

$$p_{12}i' = 2 * R * \sin \frac{\Delta\alpha_{ei}}{2}$$

$$\text{Do } \Delta\alpha_{ei} \text{ rất bé nên } \sin \frac{\Delta\alpha_{ei}}{2} \approx \frac{\Delta\alpha_{ei}}{2}$$

$$p_{12}i' = 2 * R * \frac{\Delta\alpha_{ei}}{2} = R * \Delta\alpha_{ei} = \widehat{p_{12}i'} = p_{12}i$$

$$p_{12}i' = p_{12}i$$

Tam giác P12ii' là tam giác cân tại P12. Như vậy, hoàn toàn xác định được tọa độ điểm i' trên biên dạng đá cong.

$$\overline{ii'} = 2 * \overline{p_{12}i} * \sin(\Delta\alpha_{ei} / 2) \approx \overline{p_{12}i} * \Delta\alpha_{ei}$$

Vậy

$$\Delta R_{ei} = \overline{ii'} * \cos(\alpha_e - \Delta\alpha_{ei} / 2) = \overline{p_{12}i} * \Delta\alpha_{ei} * \cos(\alpha_e - \Delta\alpha_{ei} / 2)$$

$$\Delta Z_{ei} = \overline{ii'} * \sin(\alpha_e - \Delta\alpha_{ei} / 2) = \overline{p_{12}i} * \Delta\alpha_{ei} * \sin(\alpha_e - \Delta\alpha_{ei} / 2)$$

Với $\overline{p_{12}i} = -u_{eibrlo} + h_{fbrlo} / \cos\alpha_e$ với h_{fbrlo} là chiều cao chân răng bánh răng lớn tại mặt cắt tính toán.

Tổng quát, lượng tăng thêm theo phương hướng kính ΔR_{ji} và lượng tăng thêm theo chiều trục ΔZ_{ji} .

$$\begin{aligned} \Delta R_{ji} &= (-u_{jibrlo} + h_{fbrlo} / \cos\alpha_j) * \Delta\alpha_{ji} * \cos(\alpha_j - \Delta\alpha_{ji} / 2) \\ \Delta Z_{ji} &= (-u_{jibrlo} + h_{fbrlo} / \cos\alpha_j) * \Delta\alpha_{ji} * \sin(\alpha_j - \Delta\alpha_{ji} / 2) \end{aligned} \quad (6)$$

Với j=I (đường sinh biên dạng mặt côn làm việc của đá mài phía trong khi mài bánh răng lớn) hoặc e (đường sinh biên dạng mặt côn làm việc của đá mài phía ngoài khi mài bánh răng lớn).

Tương tự, cũng xác định được điểm

k' tương ứng trên đường sinh biên dạng mặt côn làm việc của đá mài có biên dạng cong khi mài bánh răng nhỏ. Xét 2 tam giác $P12i'$ và $P21kk'$, ta thấy rằng, hai tam giác này bằng nhau vì $P12i=P21k$; $P12i'=P21k'$; $|\Delta\alpha_{ik}|=|\Delta\alpha_{ei}|$. Nên lượng tăng thêm theo phương hướng kính tương ứng ΔR_{ji} và lượng tăng thêm theo chiều trục tương ứng bằng ΔZ_{ji} .

Đối với các đường sinh biên dạng mặt côn làm việc của đá mài phía ngoài còn lại của đá mài khi mài bánh răng lớn và bánh răng nhỏ, thực hiện tương tự. Vậy, phương trình biểu diễn đường sinh biên dạng mặt côn làm việc của đá mài trong hệ tọa độ của đá mài.

- Đường sinh biên dạng mặt côn làm việc của đá mài có biên dạng cong khi mài bánh răng lớn.

$$R_l(u_j, \beta_j, \Delta\alpha_{ji}) = \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (r_m \pm \frac{W_l}{2} + u_j (\sin \alpha_j + \Delta R_{ji}) \sin \beta_j) \\ (r_m \pm \frac{W_l}{2} + u_j (\sin \alpha_j + \Delta R_{ji}) \cos \beta_j) \\ -u_j \cos \alpha_j + \Delta Z_{ji} \end{bmatrix} \quad (7)$$

- Đường sinh biên dạng mặt côn làm việc của đá mài có biên dạng cong khi mài bánh răng nhỏ phải được xác định theo đường sinh biên dạng mặt côn làm việc của đá mài có biên dạng cong khi mài bánh răng lớn.

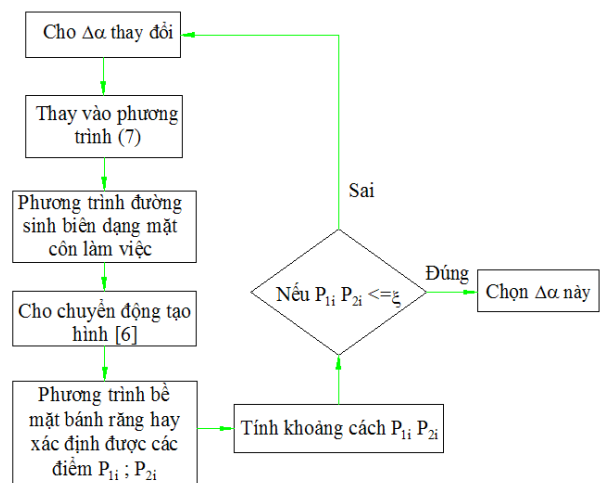
$\Delta\alpha_{ji}$: Độ lệch góc profile đường sinh biên dạng mặt côn làm việc của đá mài có biên dạng cong tại một điểm i trên biên dạng đường sinh cần xác định.

Ứng với mỗi giá trị của $\Delta\alpha_{ji}$ xác định ta luôn tìm được tọa độ điểm tương ứng trên các đường sinh biên dạng mặt côn làm việc của đá mài. Từ phương trình (7) đường sinh biên dạng mặt côn làm việc của đá mài luôn xác

định được bề mặt biên dạng răng $\Sigma 1$; $\Sigma 2$ tương ứng [6], có nghĩa là xác định được các điểm $P1i$; $P2i$. Sau đó, xác định khoảng cách $P1iP2i$ và cho khoảng cách $P1iP2i$ nhỏ hơn một giá trị ξ cho phép thì sẽ tìm được $\Delta\alpha_{ij}$.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

- Phương pháp xác định đường sinh biên dạng mặt côn làm việc của đá mài có biên dạng cong khi mài bánh răng như sơ đồ:



Hình 12. Sơ đồ phương pháp xác định đường sinh biên dạng mặt côn làm việc của đá mài có biên dạng cong.

Bước 1: Cho $\Delta\alpha$ biến thiên từ giá $\Delta\alpha_{\min}$ đến giá trị $\Delta\alpha_{\max}$.

Bước 2: Thế vào phương trình (7) tương ứng với điểm trên đường sinh biên dạng.

Bước 3: Thực hiện như phương pháp để tìm phương trình bề mặt răng ở kết quả bài báo [6].

Bước 4: Khi biết các tọa độ điểm $P1i$; $P2i$. Tính khoảng cách $P1i P2i$.

+ Nếu $P1i P2i \leq \xi$ cho phép thì chọn $\Delta\alpha$ này đồng thời xác định được các điểm tương ứng trên đường sinh biên dạng mặt côn làm việc của đá mài có biên dạng cong.

+ Ngược lại nếu $P1i \cdot P2i > \xi$ thì thay đổi tiếp $\Delta\alpha$ cho đến khi $P1i \cdot P2i \leq \xi$ thì dừng lại.

4. KẾT LUẬN

Với kết quả nghiên cứu trình bày trong bài báo, cho biết phương pháp xác định đường sinh biên dạng mặt côn làm việc có biên dạng cong của đá mài khi mài cặp bánh răng côn răng cong hệ Gleason trên nguyên lý máy Gleason, với mục đích nâng cao chất lượng ăn khớp của cặp bánh răng côn răng cong hệ Gleason, cụ thể là vết tiếp xúc.

Căn cứ vào kết quả nghiên cứu và ứng dụng các phần mềm tính toán tự động, trong thời gian gần sẽ thiết kế phần mềm tự động thiết kế biên dạng đá mài cho mài bánh răng côn răng cong hệ Gleason để nâng cao vết tiếp xúc của bộ truyền này. ❖

Ngày nhận bài: **05/9/2022**

Ngày phản biện: **21/9/2022**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. TS. Lê Thanh Sơn, NCS. Nguyễn Thọ Sơn, 2016; *Nghiên cứu thay đổi góc profile dụng cụ cắt để nâng cao chất lượng ăn khớp của cặp bánh răng công răng cong hệ gleason*, Hội nghị Khoa học và Công nghệ toàn quốc về cơ khí – động lực.
- [2]. Faydor L. Litvin, “*Development of Gear technology and Theory of Gearing*” NASA RP 1406.
- [3]. Faydor L. Litvin, Alfonso Fuentes, 2001 “*Gear Geometry and Applied Theory*” Cambridge University Press New York.
- [4]. Faydor L. Litvin, Alfonso Fuentes, Kenichi Hayasaka, 2006 “*Design, manufacture, stress analysis, and experimental tests of low-noise high endurance spiral bevel gears*” Mechanism and Machine Theory.
- [5]. Vilmos Simon, 2009 “*Head-cutter for optimal tooth modifications in spiral bevel gears*”, Mechanism and Machine Theory.
- [6]. ThS. Nguyễn Thọ Sơn, TS. Lê Thanh Sơn, 2015; “*Nghiên cứu xây dựng bề mặt bánh răng côn răng cong hệ gleason*” Tạp chí Cơ khí Việt Nam.