

✓ THIẾT KẾ BỘ TRUYỀN CYCLOID SỬ DỤNG TRONG CÔNG NGHIỆP THEO PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN KỸ THUẬT NGƯỢC

DESIGN TRANSMISSION CYCLOID USED IN INDUSTRIAL APPROACH BY REVERSE ENGINEERING

Nguyễn Thanh Tú¹, GS, TSKH. Bành Tiến Long², TS. Lê Thanh Sơn²

¹Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp, Đại học Thái Nguyên

²Bộ môn Gia công Vật liệu và Dụng cụ Công nghiệp, Viện Cơ khí,
Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội

TÓM TẮT

Trên thế giới, các hệ thống truyền động sử dụng biên dạng Cycloid đã được ứng dụng rất nhiều trong các lĩnh vực công nghiệp khác nhau vì những tính năng ưu việt mà nó đem lại, đặc biệt là độ chính xác khi ăn khớp, tính năng làm việc ổn định, đảm bảo độ kín khít và hiệu suất cao.

Hiện nay, tại Việt Nam, nhu cầu về sử dụng bộ truyền Cycloid là rất lớn, đặc biệt là một số trục vít Cycloid, bánh răng Cycloid... Tuy nhiên, việc đảm bảo độ chính xác chế tạo các bộ truyền này còn gặp rất nhiều khó khăn về thiết kế và công nghệ chế tạo sản phẩm, thiết kế và chế tạo dụng cụ cắt, các vấn đề liên quan đến máy móc, thiết bị gia công v.v...

Trong bài báo này, các tác giả đề cập đến phương pháp dùng giải tích véc tơ và kỹ thuật ngược để thiết kế mới profin của các bộ truyền Cycloid, xây dựng lý thuyết tạo hình của bộ truyền Cycloid, lập cơ sở dữ liệu cho quá trình thiết kế trục vít cho máy nén khí ЗИФ-ЦБ-5. Đây là những nghiên cứu cơ bản ban đầu để tiến tới hoàn thiện quá trình chế tạo sản phẩm trục vít Cycloid dùng trong công nghiệp.

Từ khóa: Trục vít Cycloid; Thiết kế ngược.

ABSTRACT

In the world, transmission systems using Cycloid profile have been applied in various industrial fields because of its advantages, such as the precision fit, character of operational stability, high ability of torque transmission, ensuring airtight and high efficient.

Actually in Vietnam, the demand of Helical gear is very large, especially like: Cycloid screw and helical gear. However, ensure accuracy built the transmitter also encountered many difficulties in design and product elaboration technology, design and manufacture of cutting tools, problems related to machinery and equipment, etc...

In the paper, the Vector analysis and the Reverse Engineering technique is utilized in order to design the Cycloid profile transmission, to build the shape theory of Cycloid and cutting tools, set up a database for the design process for screw compressors ЗИФ-ЦБ-5. This is the first basic research to complete a manufacturing process of Cycloid screw and helical gear utilized in the industry

Keywords: Screw Cycloid, Reverse engineering.



1. MỞ ĐẦU

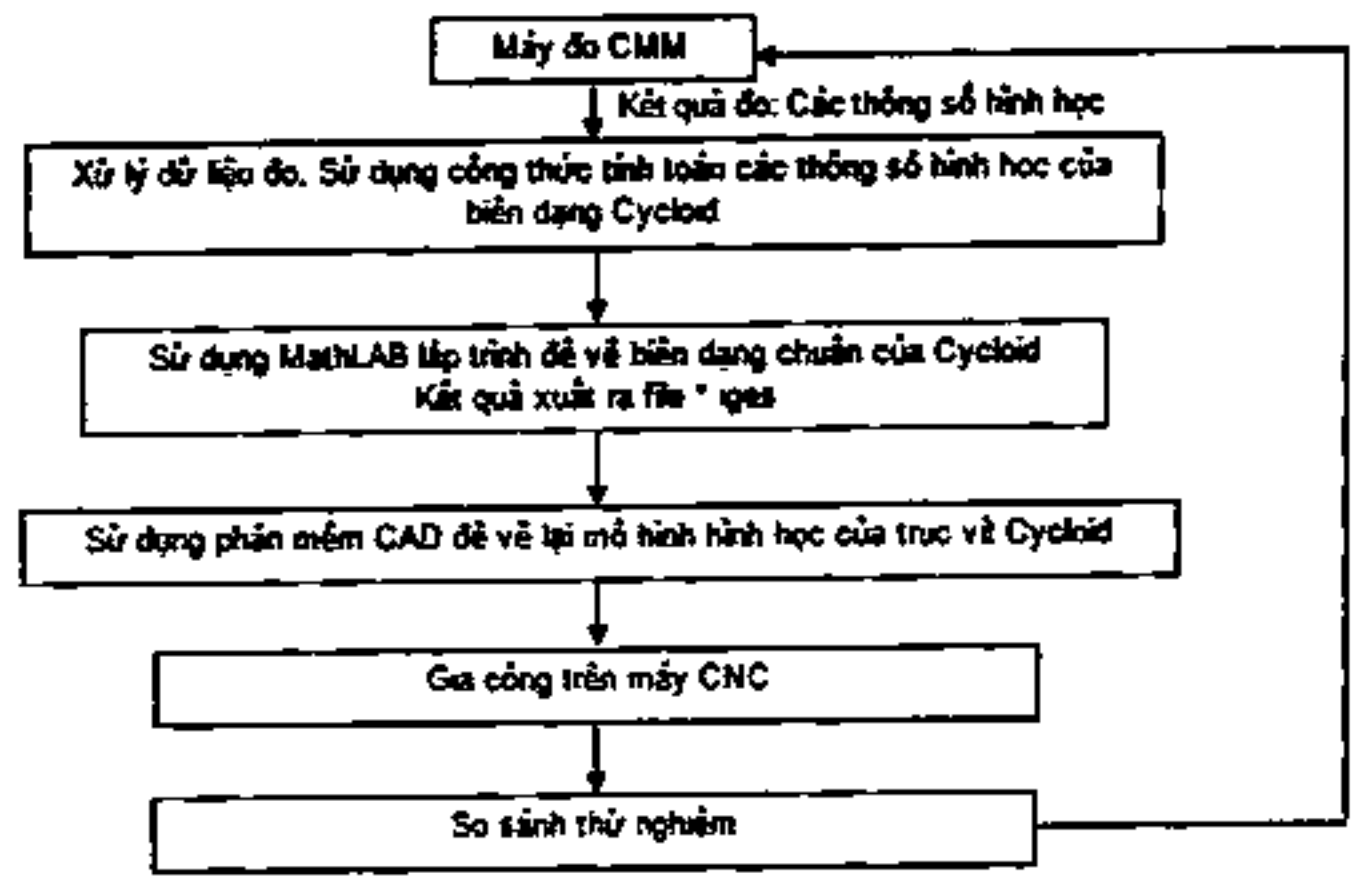
Bộ truyền Cycloid là dạng ăn khớp mà profin của răng tại vùng ăn khớp có dạng Epicycloid hoặc hypocycloid. Các bộ truyền biên dạng Cycloid thường được sử dụng trong các bộ truyền yêu cầu độ chính xác cao và làm việc êm như trong các loại máy nén khí và bơm thủy lực.

Các ưu điểm của bộ truyền Cycloid: Độ chính xác cao; độ ồn thấp; hiệu suất cao; hệ số trùng khớp lớn; áp suất tiếp xúc nhỏ; hệ số trượt là hằng số và nhỏ hơn các bộ truyền khác; áp lực riêng, ma sát và độ mài mòn khi tiếp xúc cũng nhỏ hơn so với các bộ truyền khác. Tuy nhiên, có các nhược điểm sau: Không có khả năng dịch tâm; khả năng tiêu chuẩn hóa dụng cụ gia công khó.

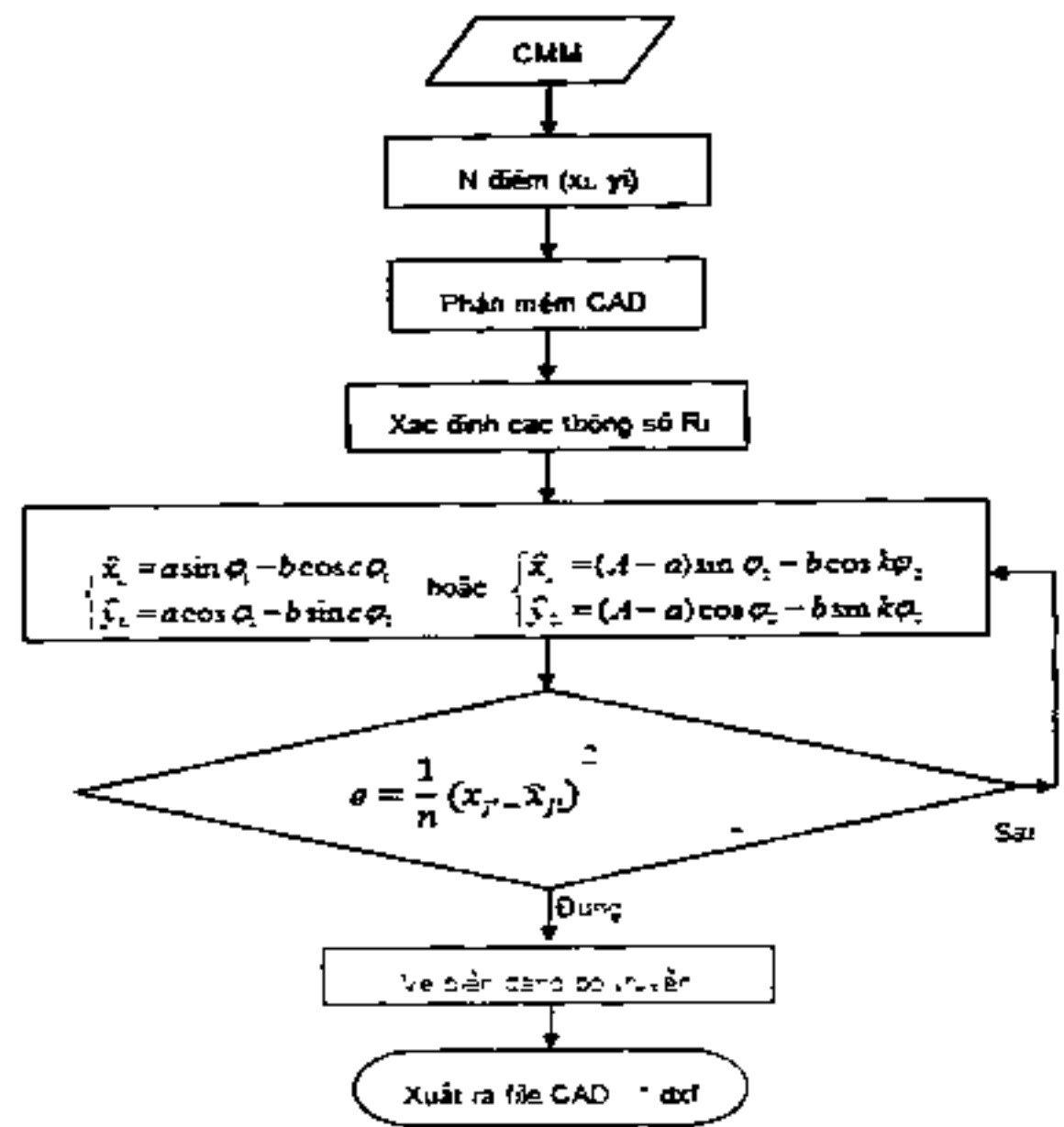
Hiện nay, nền công nghiệp công nghệ cao ngày càng phát triển, việc ứng dụng bộ truyền Cycloid ngày càng được quan tâm. Để có thể tạo ra được các bộ truyền Cycloid hiện nay trên thế giới có 2 phương pháp: Sử dụng các lý thuyết tạo hình hoặc bằng kỹ thuật ngược (Reverse Engineering). Trong bài báo này các tác giả chỉ đề cập đến phương pháp kỹ thuật ngược kết hợp với phương pháp giải tích để giải quyết bài toán trên.

2. PHƯƠNG PHÁP TÁI TẠO BIÊN DẠNG TỪ DỮ LIỆU CMM

Hiện tại, kỹ thuật ngược (Reverse Engineering) được xem là một trong những kỹ thuật đạt hiệu quả kinh tế cao trong việc rút ngắn chu kỳ phát triển sản phẩm. Kỹ thuật ngược cũng được định nghĩa như là một quá trình nhận một mô hình CAD hình học từ các điểm 3D thu được từ việc quét/số hóa chi tiết hoặc sản phẩm hiện có.



Hình 1. Sơ đồ các giai đoạn của kỹ thuật ngược



Hình 2. Lưu đồ thuật toán

3. TÁI TẠO BỘ TRUYỀN CYCLOID DÙNG CHO MÁY NÉN KHÍ 3ИФ - ЦБ - 5

Hiện nay, hầu hết các bộ truyền Cycloid tại Việt Nam đều phải nhập khẩu, không có các thông số thiết kế như: Thông số hình học, điều kiện kỹ thuật, vật liệu chế tạo,... Do vậy gặp rất nhiều khó khăn cho việc thiết kế và tiến hành chế tạo. Trong báo cáo này các tác giả tiến hành tái tạo lại biên dạng, từ đó xác định được các thông số hình học cơ bản của bộ truyền trục vít sử dụng trong máy nén khí 3ИФ - ЦБ - 5. Công việc này được tiến hành trên máy CMM Mitutoyo C-544, sử dụng đầu dò TP20 của hãng

Renishaw và chạy trên phần mềm MCOSMOS 24 hiện có tại Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp, Đại học Thái Nguyên.

Quy trình thực hiện như sau:

Bước 1: Sử dụng máy CMM xác định các điểm trên biên dạng của cặp trục vít máy nén khí ЗИФ - ИИВ - 5. Kết quả thu được các điểm trên biên dạng của cặp trục vít có tọa độ (x_i, y_i) .



Hình 3. Quá trình sử dụng máy CMM để xây dựng biên dạng bộ truyền Cycloid

Để đảm bảo độ chính xác thì phải xác định nhiều điểm trên toàn bộ biên dạng trục vít. Do chưa thiết kế được đồ gá có khả năng quay phân độ, vì vậy trong bước đầu tác giả đã sử dụng phương pháp dùng đầu dò xác định được biên dạng của một răng trên trục vít và xác định tâm quay trên mặt phẳng xOy . Sau đó chuyển dữ liệu vào CAD để ngoại suy ra biên dạng trên toàn bộ trục vít trong mặt phẳng xOy .

Bước 2: Chuyển các dữ liệu đo được sang phần mềm CAD.

Bằng phương pháp đo trực tiếp trên biên dạng đã xây dựng được nhiều lần để lấy giá trị trung bình và tăng độ chính xác của phép đo ta xác định được các bán kính của đường tròn chân, đường tròn lăn và đường tròn đỉnh của trục chủ động và bị động theo bảng thông số dưới đây:

Bán kính đường tròn lăn của trục chủ động: $R_{1l} = 40$ mm
 Bán kính đường tròn chân trục chủ động: $R_{1c} = 37,5$ mm
 Bán kính đường tròn đỉnh trục chủ động: $R_{1d} = 62,5$ mm

Bán kính đường tròn lăn của trục bị động: $R_{2l} = 60$ mm.
 Bán kính đường tròn chân trục bị động: $R_{2c} = 37,5$ mm.
 Bán kính đường tròn đỉnh trục bị động: $R_{2d} = 62,5$ mm.

Theo tính toán, ta xác định được bán kính đường tròn sinh là $R_{th} = 6$ mm và khoảng cách từ điểm M (điểm tạo hình) đến tâm của đường tròn sinh là $b = 6,25$ mm.

Bước 3: Từ các thông số kỹ thuật ta xây dựng phương trình của biên dạng bánh răng chủ động có dạng Epicycloid như sau:

$$\begin{cases} x_1 = 46 \sin \varphi_1 - 17,25 \sin \frac{23}{3} \varphi_1 \\ y_1 = 46 \cos \varphi_1 - 17,25 \cos \frac{23}{3} \varphi_1 \end{cases} \quad (3)$$

$$\text{Trong đó: } c = \frac{R_{th} + R_{1l}}{R_{th}} = \frac{46}{6} = \frac{23}{3}$$

Khi đó, đường cong biên dạng của trục vít chủ động được giới hạn bởi đường tròn đỉnh có $R_{1d} = 62,5$ mm và đường tròn cơ sở có $R_{1l} = 40$ mm.

Phương trình biên dạng của trục vít bị động được xác định là đường bao của đường Epicycloid, hay đường Hypotrochoid.

$$\begin{cases} x_2 = 54 \sin \varphi_1 - 17,25 \sin 9\varphi_1 \\ y_2 = -54 \cos \varphi_1 - 17,25 \cos 9\varphi_1 \end{cases} \quad (4)$$

$$\text{Trong đó: } k = R_{1l} \frac{R_{2l} - R_{th}}{R_{2l}} = \frac{54}{6} = 9$$

Đường cong biên dạng trục vít bị động được giới hạn bởi đường tròn cơ sở có $R_{2l} = 60$ mm và đường tròn chân răng có $R_{2c} = 37,5$ mm.

Bước 4: So sánh tọa độ các điểm trên biên dạng lý thuyết với các dữ liệu đo được từ biên dạng thực sao cho trung bình bình phương các sai số nhỏ hơn một giá trị ε cho phép.

$$e = \frac{1}{n} \left((x_i - \bar{x}_i)^2 + (y_i - \bar{y}_i)^2 \right) \leq \varepsilon \quad (5)$$

Trong đó:

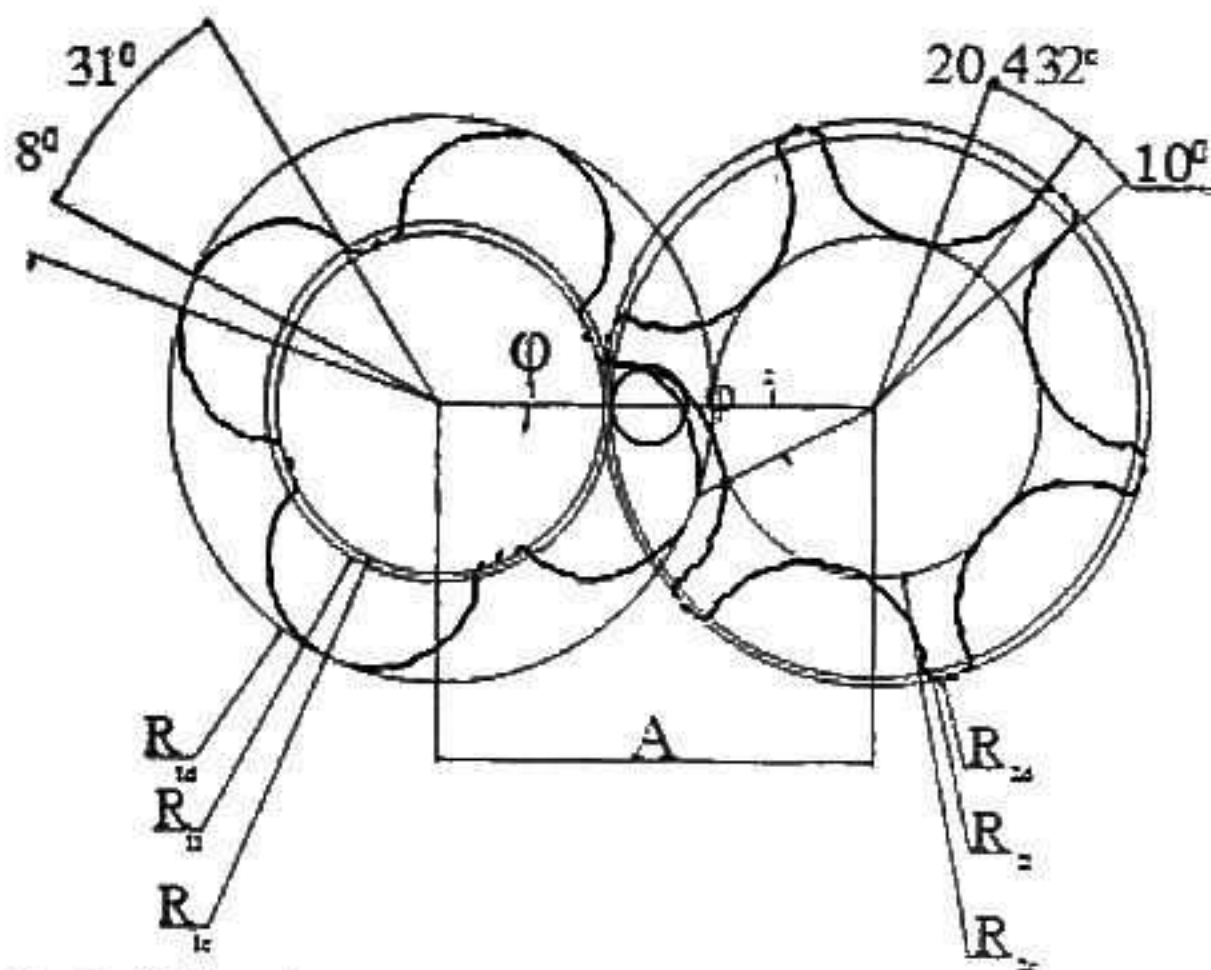
n là số điểm đo;

(x_i, y_i) là các tọa độ điểm đo;

(\hat{x}_i, \hat{y}_i) là các tọa độ điểm trên biên dạng lý thuyết.

Trong trường hợp $e > \varepsilon$ thì phải thực hiện lại từ bước 1 với số điểm đo $n^* > n$ đã chọn.

Bước 5: Sử dụng phần mềm xử lý số liệu và phần mềm CAD ta xác định được biên dạng của trục vít chủ động và bị động theo phương vuông góc với trục như sau:



Hình 4: Biên dạng của trục vít chủ động và trục vít bị động

5. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, các tác giả đã sử dụng kỹ thuật ngược để tái xác định biên dạng nguyên thủy của bộ truyền Cycloid từ sản phẩm mới được nhập ngoại, kết hợp lý thuyết giải tích để từ đó tính toán, xây dựng

và kiểm nghiệm được toàn bộ các thông số thiết kế của bộ truyền trục vít. Trên cơ sở của các thông số đó, sử dụng phần mềm xử lý số liệu và AutoCAD để tính toán và xác định biên dạng của bộ truyền Cycloid với một sai số cho phép để đảm bảo bộ truyền hoạt động theo yêu cầu đặt ra như: Áp suất đầu ra, lưu lượng, tuổi thọ,... Với việc sử dụng vật liệu chế tạo mới của bộ truyền và phương pháp công nghệ xử lý bề mặt một cách phù hợp thì sẽ thiết kế tối ưu, đồng thời tiến hành nghiên cứu chế tạo các bộ truyền Cycloid sử dụng trong công nghiệp tại Việt Nam. ❖

Ngày nhận bài: 12/12/2016

Ngày phản biện: 18/12/2016

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Bành Tiến Long, Trần Thế Lục, Nguyễn Chí Quang; *Công nghệ tạo hình các bề mặt dụng cụ công nghiệp*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật.
- [2]. Bành Tiến Long, Trần Thế Lục, Trịnh Minh Tứ; *Thiết kế dụng cụ gia công bánh răng*, tập 1,2, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1987.
- [3]. Bùi Ngọc Tuyên, Bành Tiến Long, Trần Thế Lục; *Một phương pháp ứng dụng CMM số hóa bề mặt mẫu đảm bảo sai số cho phép*, Tạp chí Khoa học và Công nghệ các trường Đại học kỹ thuật Việt Nam, số 64/2008.
- [4]. L.Litvin, *Development of Gear Technology and Theory of Gearing*.
- [5]. Dudley, D.W., 1984, *Handbook of Practical Gear Design*, McGraw-Hill, Inc., New York.
- [6]. Litvin, F.L., and Feng, P.-H., 1996, "Computerized Design and Generation of Cycloidal Gearings," *Mechanism and Machine Theory*, Vol. 31, No. 7, pp. 891–991.