

NGHIÊN CỨU LÝ THUYẾT TẠO HÌNH VÀ XÂY DỰNG PHẦN MỀM TỰ ĐỘNG THIẾT KẾ BÁNH RĂNG HYPOIT

Phan Bình Nguyên¹

Tóm tắt: Hiện nay nhu cầu thiết kế và chế tạo mới các bộ truyền bánh răng hypoit để thay thế trong ngành máy xây dựng, vận tải ngày càng lớn. Việc ứng dụng máy tính vào hỗ trợ thiết kế và gia công còn hạn chế dẫn đến hiệu quả và chất lượng chưa cao.

Trong phạm vi bài báo này, tác giả giới thiệu về lý thuyết tạo hình của bánh răng hypoit, cùng với các bước xây dựng phần mềm tự động tính toán thiết kế bộ truyền bánh răng hypoit. Phần mềm này là cơ sở quan trọng để nâng cao năng suất, chất lượng thiết kế cũng như để đưa ra các thông số cho phép điều khiển máy máy công cụ CNC gia công bánh răng.

Từ khóa: bánh răng hypoit, lý thuyết tạo hình của bánh răng hypoit, VBA.

I. Đặt vấn đề

Hiện nay, với sự phát triển mạnh mẽ của nền kinh tế thì các thiết bị vận tải và máy xây dựng được sử dụng ngày càng nhiều. Hệ thống truyền động của các loại ô tô, máy xây dựng đa phần đều sử dụng bánh răng côn răng cong hypoit hệ Gleason ở cụm cầu sau.

Trải qua quá trình sử dụng thì nhu cầu thay thế đối với bộ truyền này là rất lớn, vì vậy thiết kế và chế tạo các bộ truyền mới là hết sức cần thiết. Việc đi sâu nghiên cứu lý thuyết ăn khớp của bánh răng hypoit, xây dựng phần mềm hỗ trợ thiết kế sẽ giúp nâng cao hiệu quả, chất lượng trong thiết kế và chế tạo bộ truyền.

II. Cơ sở lý thuyết và các nguyên lý tạo hình bề mặt răng

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

Nguyên lý gia công bánh răng côn răng cong hypoit hệ Gleason dựa theo nguyên lý ăn khớp cưỡng bức giữa bánh dẹt sinh tương tự và phôi bánh răng. Phôi bánh răng được định vị trên máy sao cho khi nó lăn trên bề mặt của bánh dẹt sinh thì bề mặt của răng sẽ được bao bởi bề mặt của bánh dẹt sinh.

Hình 2.1 minh họa bánh dẹt sinh. Hình 2.2 chỉ ra các bộ phận chính của máy gia công bánh răng côn răng cong hypoit.

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

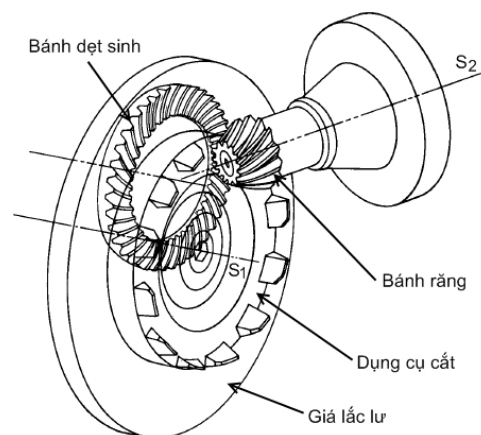
2.2.1. Tạo hình bề mặt răng theo nguyên lý bao hình

Sự tạo hình bề mặt răng bánh răng bởi bề mặt dụng cụ cắt dựa trên thuyết bao hình của họ bề mặt (hoặc bao hình của họ đường với không gian 2 chiều trong trường hợp bánh răng phẳng). Chúng ta sử dụng kí hiệu Σ_1 và Σ_2 lần lượt cho bề mặt tạo hình (bề mặt dụng cụ) và bề mặt được tạo hình (bề mặt bánh răng). Hệ tọa độ S_1 , S_2 , S_f lần lượt được gắn cứng với Σ_1 , Σ_2 và máy gia công (trên máy có trục quay của Σ_1 và Σ_2 – trục mang dụng cụ, trục mang phôi bánh răng).

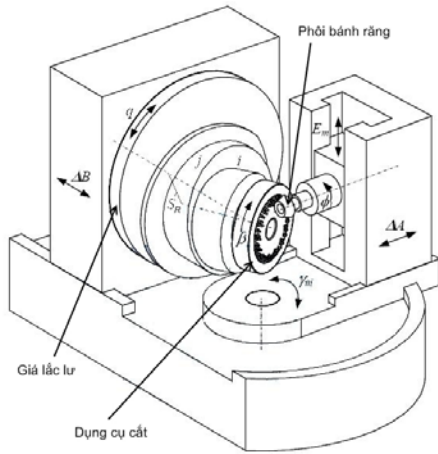
Σ_1 được biểu diễn bởi:

$$\vec{r}_1(u, \theta) \in C^1, \frac{\partial \vec{r}_1}{\partial u} \times \frac{\partial \vec{r}_1}{\partial \theta} \neq 0, (u, \theta) \in E \quad (2.1)$$

Trong đó C^1 thể hiện \vec{r}_1 có đạo hàm riêng liên tục ít nhất là theo u . $\frac{\partial \vec{r}_1}{\partial u} \times \frac{\partial \vec{r}_1}{\partial \theta} \neq 0$ thể hiện Σ_1 là một bề mặt chính qui.



Hình 2.1 Bánh dẹt sinh



Hình 2.2 Các thiết lập cơ bản của máy gia công

Sử dụng phép chuyển hệ tọa độ từ S_1 sang S_2 chúng ta có phương trình họ bề mặt Σ_1 biểu diễn trong S_2 là:

$$\bar{r}_2(u, \theta, \phi) = [x_2(u, \theta, \phi), y_2(u, \theta, \phi), z_2(u, \theta, \phi)]^T \quad (2.2)$$

Trong đó ϕ là tham số của chuyển động tạo hình. Khi ϕ không đổi, phương trình trên là phương trình của bề mặt Σ_1 biểu diễn trong hệ tọa độ S_2 .

Bao hình Σ_2 sẽ tiếp xúc với tất cả các mặt của họ Σ_1 . Bề mặt Σ_2 sẽ là nghiệm của hệ dưới đây (điều kiện cần để tồn tại bao hình):

$$\begin{cases} \bar{r}_2(u, \theta, \phi) \\ \left(\frac{\partial \bar{r}_2}{\partial u} \times \frac{\partial \bar{r}_2}{\partial \theta} \right) \cdot \frac{\partial \bar{r}_2}{\partial \phi} = f(u, \theta, \phi) = 0 \end{cases} \quad (2.3)$$

2.2.2. Điều kiện đủ để tồn tại bao hình

Điều kiện đủ để tồn tại bao hình của một họ bề mặt sẽ đảm bảo bao hình tồn tại thực sự, mặt đó là mặt tiếp xúc với các bề mặt của họ Σ_1 và là bề mặt chính qui (không có điểm kì dị). Những điều kiện đó được trình bày bởi Zalgaller (1975) và được bổ sung bởi Litvin (1968, 1994) để có thể ứng dụng vào lý thuyết ăn khớp [5].

Cho bề mặt tạo hình chính qui Σ_1 biểu diễn trong hệ tọa độ S_1 bởi:

$$\bar{r}_1(u, \theta) \in C^2, \frac{\partial \bar{r}_1}{\partial u} \times \frac{\partial \bar{r}_1}{\partial \theta} \neq 0, (u, \theta) \in E$$

Họ bề mặt Σ_1 trong S_2 kí hiệu là Σ_ϕ được biểu diễn bởi: $\bar{r}_2(u, \theta, \phi), a < \phi < b$

Giả sử tại điểm $M(u_0, \theta_0, \phi_0)$ thỏa mãn những điều kiện sau:

$$\left(\frac{\partial \bar{r}_2}{\partial u} \times \frac{\partial \bar{r}_2}{\partial \theta} \right) \cdot \frac{\partial \bar{r}_2}{\partial \phi} = f(u, \theta, \phi) = 0, f \in C^1$$

$$\text{Hoặc} \quad \left(\frac{\partial \bar{r}_1}{\partial u} \times \frac{\partial \bar{r}_1}{\partial \theta} \right) \cdot \bar{v}^{(12)} = f(u, \theta, \phi) = 0$$

$$f_u^2 + f_\theta^2 \neq 0$$

$$g_1(u, \theta, \phi) = \begin{vmatrix} f_u & f_\theta & f_\phi \\ \left(\frac{\partial \bar{r}_1}{\partial u} \right)^2 & \left(\frac{\partial \bar{r}_1}{\partial u} \right) \left(\frac{\partial \bar{r}_1}{\partial \theta} \right) & \left(\frac{\partial \bar{r}_1}{\partial u} \right) \left(\bar{v}^{(12)} \right) \\ \left(\frac{\partial \bar{r}_1}{\partial \theta} \right) \left(\frac{\partial \bar{r}_1}{\partial u} \right) & \left(\frac{\partial \bar{r}_1}{\partial \theta} \right)^2 & \left(\frac{\partial \bar{r}_1}{\partial \theta} \right) \left(\bar{v}^{(12)} \right) \end{vmatrix} \neq 0$$

Khi đó bao hình của họ Σ_1 tồn tại trong miền lân cận của điểm M và có thể biểu diễn bởi:

$$\bar{r}_2(u, \theta, \phi), f(u, \theta, \phi) = 0$$

Việc đi sâu vào nghiên cứu quá trình tạo hình bề mặt biên dạng răng cho phép chúng ta hiểu rõ về các chuyển động tạo hình, cách điều chỉnh máy để đạt được các chuyển động đó. Nắm vững được các thông số điều chỉnh máy, thông số hình học của bánh răng côn răng cong là tiền đề để tạo ra một chương trình tự động tính toán thiết kế bộ truyền này.

III. Xây dựng phần mềm tự động thiết kế bộ truyền bánh răng hypoit

Trên thế giới hiện cũng đã xuất hiện nhiều phần mềm cho phép thiết kế và điều khiển máy phục vụ cho việc chế tạo bánh răng côn răng cong, nổi bật nhất phải kể đến là HyGears của hãng Gleason. Tuy nhiên những phần mềm này thường đi kèm với máy và giá thành rất cao.

Ở nước ta hiện nay khâu thiết kế bánh răng côn răng cong vẫn phải thực hiện bằng phương pháp tính toán thủ công và chưa có một phần mềm chuyên dụng phục vụ cho công tác thiết kế và chế tạo. Để khắc phục tình trạng này, chúng ta ứng dụng máy vi tính vào thiết kế bánh răng côn cong hypoit (CAD). Việc ứng dụng CAD sẽ mở ra hướng để chúng ta có thể sử dụng gia công với sự hỗ trợ của máy tính (CAM) để sản xuất bánh răng côn cong hypoit ở trong nước.

Dưới đây là 3 bước chính để ứng dụng CAD trong thiết kế bánh răng hypoit hệ Gleason.

3.1 Xây dựng hệ cơ sở dữ liệu

Quá trình thiết kế bộ truyền bánh răng hypoit gồm những bước sau: (1) Tính toán các thông

số hình học – (2) Kiểm nghiệm điều kiện bền – (3) Hiệu chỉnh để đạt yêu cầu và tiến hành vẽ cặp bánh răng.

3.2 Xây dựng lưu đồ thuật toán và giải thuật

Để có thể tự động tính toán thiết kế một bộ truyền bánh răng hypoit theo hệ Gleason cần phải thực hiện theo những nội dung chính sau:

- (1) Nhập dữ liệu ban đầu – (2) Tính toán, xử lý dữ liệu – (3) Thể hiện kết quả bằng hình vẽ.

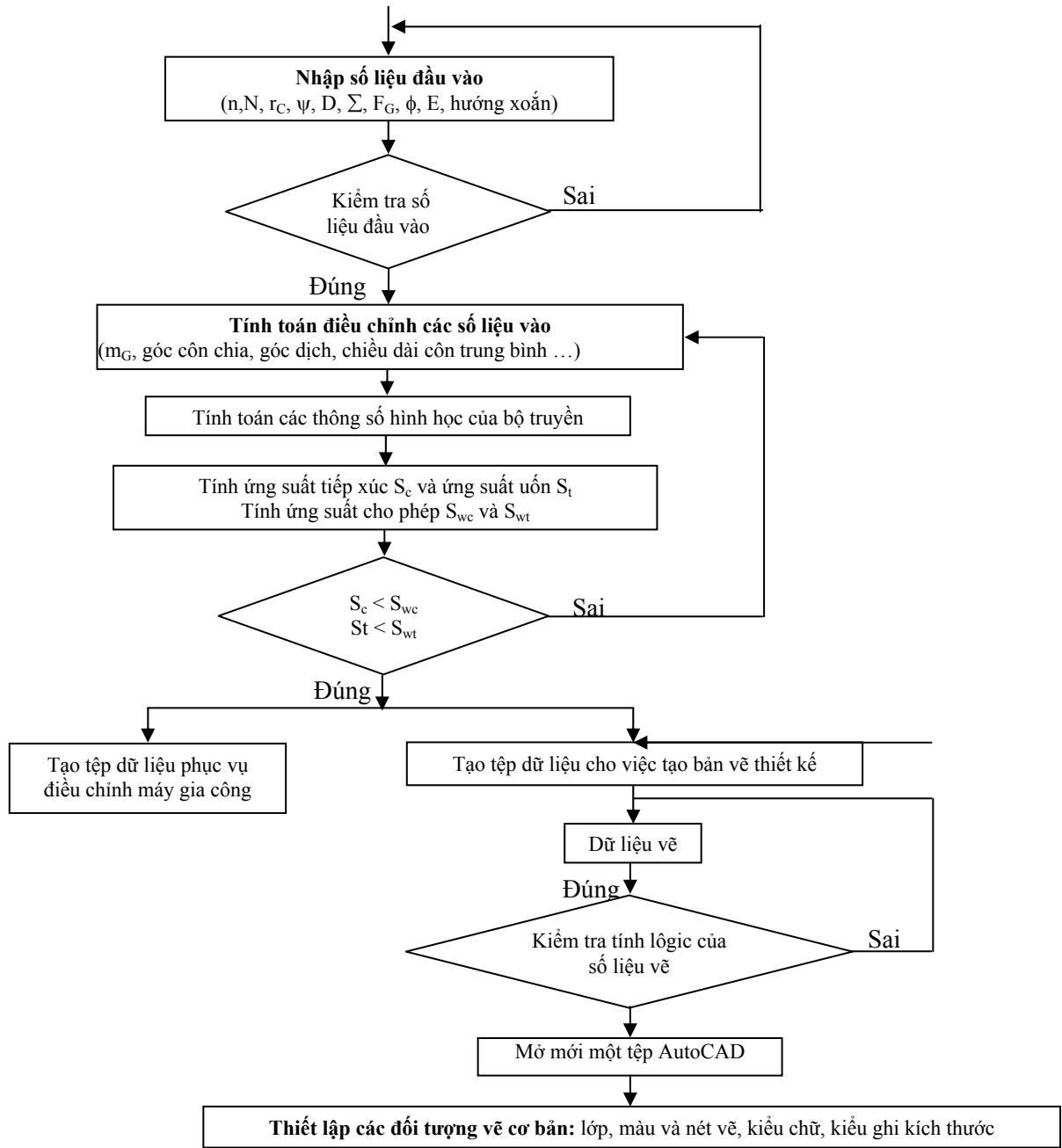
Với những nội dung chính nêu trên, lưu đồ thuật toán chương trình sẽ có dạng như trong hình 3.1.

3.3 Lập chương trình

Chương trình sẽ gồm hai môđun chính là:

- (1) Tự động hóa tính toán các thông số hình học cũng như kiểm tra bền bộ truyền

Tự động hóa quá trình vẽ các bản vẽ bánh răng côn răng cong hypoit hệ Gleason.



Công cụ thiết lập: Chúng ta chọn *Microsoft Excel* và *AutoCAD* để lập trình. *Excel* để hỗ trợ tính toán và làm việc với bộ truyền bánh răng và ghi các thông số cơ bản. **Thiết lập:** Các dụng cụ phần mềm, chọn môi trường *AutoCAD* để thể hiện bản vẽ thiết kế. Sử dụng *Visual Basic for Application (VBA)* được tích hợp sẵn trong phần số liệu đầu vào, tính toán và điều chỉnh, tính toán thông số hình học, kiểm tra bền được bố trí trong các sheet khác nhau.

Thiết lập phân xuất bản vẽ tự động: Sử dụng VBA Automation để liên kết phần tính toán trong Excel và phần vẽ trong AutoCAD. Hình 3.2 thể hiện mô hình tham chiếu từ VBA Automation đến hai ứng dụng Excel (ExcelApp) và AutoCAD (AcadApp). Dưới đây trích dẫn một đoạn code của chương trình.

```

'Mở một tệp AutoCad
On Error Resume Next
Set AcadApp = GetObject(,
"AutoCAD.Application")
If Err <> 0 Then
Err.Clear
Set AcadApp =
CreateObject("AutoCAD.Application")
End If
AppActivate AcadApp.Caption,
vbMaximizedFocus
AcadApp.Visible = True
'Tạo kiểu chữ trong Style "Standard"
Set TxtStyleObj =

```

```

AcadApp.ActiveDocument.TextStyles.Item("Standard")
TxtStyleObj.SetFont ".VnArial", False,
False, 0, 34

```

```

'Tạo lớp có tên Duongtam để vẽ
If Duongtam Is Nothing Then
Set Duongtam =
AcadApp.ActiveDocument.Layers.Add("Duongtam")
End If
Duongtam.Color = acRed

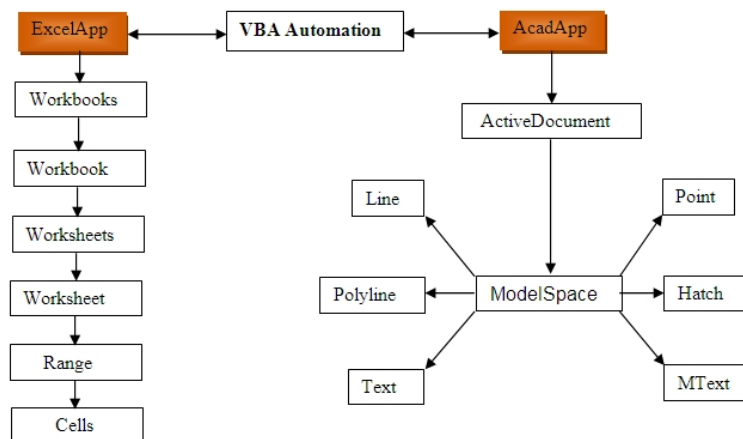
```

```

'Vẽ đoạn thẳng
Set DoanthangL(1) =
AcadApp.ActiveDocument.ModelSpace.AddLine(Diem1P, Diem4P)

```

Bảo mật: Bảo mật đóng vai trò quan trọng, nhằm để tránh người dùng có thể sửa đổi hoặc sử dụng những dữ liệu quan trọng trong chương trình. Ở đây sử dụng đồng thời hai cách là: bảo mật bảng tính và bảo mật VBA.



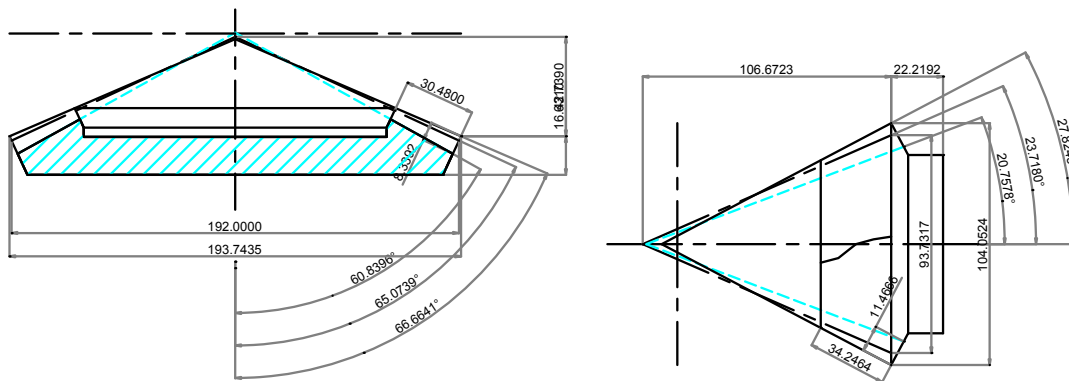
Hình 3.2 Mô hình tham chiếu từ VBA đến các đối tượng trong Excel và AutoCAD

3.4 Chạy thử, kiểm tra kết quả phần mềm

Sau khi chạy thử ta có bảng so sánh một số thông số chính:

Bảng tóm tắt kết quả của phần mềm

Thông số	Kết quả của chương trình (hệ SI)	Kết quả của chương trình (hệ Anh)	Số liệu đã được kiểm chứng [2]
Chiều rộng vành răng	FP = 46,73579	FP = 1,840	FP = 1,840
	FG = 40,64000	FG = 1,600	FG = 1,600
Lượng dịch hypoit	E = 38,10000	E = 1,500	
Góc ăn khớp	$\phi = 200$		$\phi = 200$
Mặt lôm bánh răng nhỏ	$\phi 1 = 15,498500$		$\phi 1 = 15,4980$
Mặt lồi bánh răng nhỏ	$\phi 2 = 24,501500$		$\phi 2 = 24,5020$



Hình 3.3 Kết quả của phần mềm dưới dạng bản vẽ

IV. Kết luận

Như vậy ta đã xây dựng được phần mềm tự động tính toán thiết kế bộ truyền bánh răng côn răng cong hypoid hệ Gleason với mức độ chính xác đạt yêu cầu. Phần mềm sẽ giúp nâng cao

hiệu quả, chất lượng thiết kế bộ truyền. Đây cũng là cơ sở để ta có thể phát triển tích hợp các thông số điều chỉnh máy gia công bánh răng dẫn đến hoàn thiện qui trình từ thiết kế đến gia công bộ truyền.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Alec Stokes(1992), *SAE Manual Gearbox Design*, Butterworth - Heinemann Ltd.
- [2] ANSI/AGMA 2005-D03, *Design Manual for Bevel Gears*, AGMA.
- [3] ANSI/AGMA 2003-B97, *Rating The Pitting Resistance And Bending Strength Of Generated Straight Bevel, Zerol Bevel and Spiral Bevel Gear Teeth*. AGMA.
- [4] Faydor L. Litvin, Alfonso Fuentes, *Gear Geometry and Applied Theory*, Cambridge University Press, New York.
- [5] Faydor L. Litvin, *Development of Gear technology and Theory of Gearing*, NASA RP 1406.
- [6] Nguyễn Ngọc Mai, *Microsoft Visual Basic 6.0 & Lập trình CSDL*, Nxb Giáo dục, Hà Nội
- [7] Phan Bình Nguyên (2011), Luận văn thạc sỹ khoa học, *Nghiên cứu lý thuyết ăn khớp của cặp bánh răng hypoid, xây dựng phần mềm tự động tính toán thiết kế bộ truyền bánh răng côn răng cong dạng hypoid*, Đại học Bách khoa Hà Nội.
- [8] Nguyễn Hồng Thái, *Cơ sở lập trình tự động hóa tính toán, thiết kế với VB&VBA trong môi trường AutoCAD*, Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.

Abstract:

RESEARCHING ON THEORY OF GENERATION AND BUILDING SOFTWARE TO DESIGN HYPOID GEAR

Currently, in construction industry and transportation industry there is a great need for designing and machining new hypoid gear to replace gear sets which are out of order. Because computers are used very little in aided design and manufacturing, the performance and quality are not high.

In this paper, the author introduces the theory of generation of hypoid gear, and the procedure of software building to design hypoid gear. This software is the important basic to improve efficiency and quality of design as well as to expose parameters which are used in set up gear CNC machine tools.

Keyword: hypoid gear, the theory of generation of hypoid gear, VBA.

Người phản biện: PGS.TS. Nguyễn Đăng Cường

BBT nhận bài: 04/12/2012

Phản biện xong: 10/12/2012