

MỘT GIẢI THUẬT MÁY TÍNH CHO VIỆC THIẾT LẬP PHƯƠNG TRÌNH TỌA ĐỘ THAM SỐ BỀ MẶT VÀ MÔ HÌNH HÌNH HỌC CÁC VẬT THỂ BỀ MẶT PHỨC TẠP

Nguyễn Ngọc Cẩn - Bùi Trí Sĩ - Đoàn Thị Minh Trinh

Trường Đại học Kỹ thuật

(Bài nhận ngày 23/05/2000)

TÓM TẮT: Bài báo trình bày một giải thuật xác định phương trình tham số tọa độ các điểm trên bề mặt và tự động thiết lập mô hình hình học không gian 3 chiều của các vật thể có bề mặt phức tạp nhằm làm cơ sở cho việc phân tích bề mặt, lựa chọn dao cắt, tính toán các thông số động học dao cắt, xây dựng giải thuật Toolpath tối ưu và làm mô hình lý thuyết để đối chiếu sai số gia công bề mặt với mô hình thực tế đo được trên máy đo tọa độ CMM, trên cơ sở đó sẽ có những biện pháp xử lý và điều khiển tối ưu hóa toàn bộ quá trình gia công các bề mặt phức tạp trên máy CNC và phần mềm công nghệ CAD/CAM hiện có ở Việt Nam..

I- ĐỊNH NGHĨA BỀ MẶT PHỨC TẠP

Bề mặt phức tạp còn được gọi là bề mặt tự hay bề mặt điêu khắc là những bề mặt tổng hợp dạng Bezier, Hermit hay B-Spline trong không gian 3 chiều. Khác với các bề mặt giải tích thông thường như mặt phẳng, mặt trụ, mặt cầu, mặt tròn xoay, v.v... được thể hiện dưới dạng phương trình giải tích toán học chính tắc thì các bề mặt phức tạp sẽ được biểu diễn dưới dạng các phương trình tham số tọa độ bề mặt.

II- PHÂN LOẠI CÁC BỀ MẶT PHỨC TẠP

Tùy theo tính chất phức tạp của Bề mặt và quá trình hình thành nên bề mặt mà có thể phân chia ra làm 3 nhóm bề mặt chính như sau:

1. Bề mặt các chi tiết dạng răng như các bề mặt bánh răng, biên dạng cam, trục vít xoắn, v.v... là những bề mặt được tạo thành từ kết quả bao hình của các chuyển động thành phần của các chi tiết như dao cắt, phôi gia công, đồ gá trên các máy công cụ truyền thống chuyên dùng.

2. Bề mặt các chi tiết dạng cánh cong của quạt, turbin, máy nén khí, chân vịt tàu thủy, cánh máy bay, mũi tàu, xe hơi là những dạng bề mặt thực nghiệm trên cơ sở thỏa mãn các điều kiện về khí động học và thủy động lực học nhằm tối ưu hóa về lưu lượng, áp suất dòng chảy, lực cản dòng chảy, ứng suất và sức bền cánh, lực nâng cánh, xung lực dòng chảy, v.v... Trên máy công cụ truyền thống để gia công các chi tiết phức tạp bề mặt dạng cánh cong người ta sử dụng kỹ thuật phay chép hình.

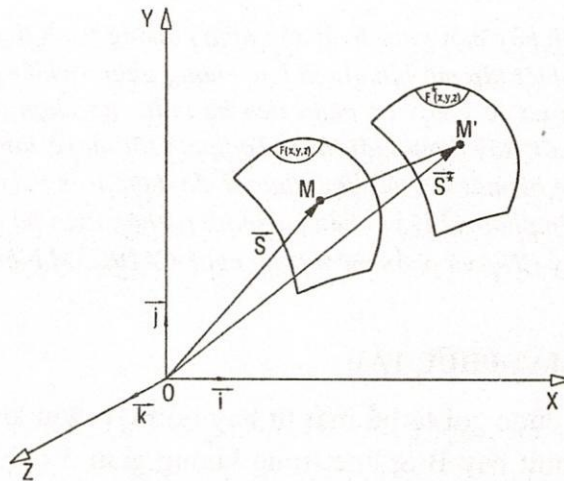
3. Bề mặt các chi tiết có độ phức tạp cao hơn như bề mặt khuôn mẫu, bề mặt vật thể điêu khắc, bề mặt các bộ phận giả trong cơ thể con người như chân tay giả, quả tim nhân

tạo con người, v.v... mà hầu hết các bề mặt này tuân theo các quy luật sinh học tự nhiên và không thể hiện được bề mặt này dưới các dạng phương trình toán học thông thường.

Trong bài báo này ta chỉ nghiên cứu xây dựng giải thuật cho các chi tiết dạng bánh răng có bề mặt thân khai.

III- LÝ THUYẾT CHUYỂN DỊCH ĐƯỜNG CONG VÀ BỀ MẶT TRONG KHÔNG GIAN 3 CHIỀU

a- Chuyển động tịnh tiến theo 1 hướng cho trước của bề mặt tự do



Hình 3.1 Phép tịnh tiến và ảnh của đường cong và bề mặt F trong không gian

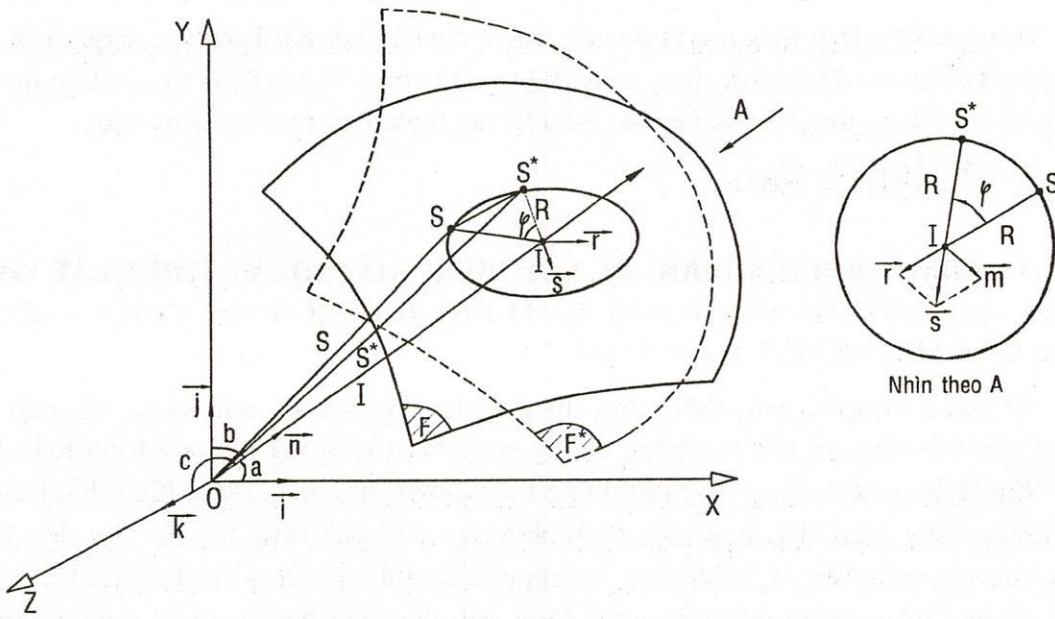
Giả sử 1 điểm $M(x,y,z)$ thuộc một đường cong S hay một bề mặt cong bất kỳ F trong không gian 3 chiều có phương trình toán học $f(x,y,z) = 0$. Khi M chuyển động tịnh tiến theo 1 phương cho trước $D(x_d, y_d, z_d)$ trong hệ tọa độ Decarte Oxyz thì ảnh tương ứng của điểm $M(x,y,z)$ sẽ là điểm $M'(x', y', z')$ với mối quan hệ giữa tọa độ M và M' như sau:

$$(1) \begin{bmatrix} X_{M'} \\ Y_{M'} \\ Z_{M'} \\ 1 \end{bmatrix} = [T]^* \begin{bmatrix} X_M \\ Y_M \\ Z_M \\ 1 \end{bmatrix}$$

Trong đó ma trận $[T]$ được gọi là ma trận tịnh tiến thuần nhất theo hướng vectơ D cho trước của một đường cong hay bề mặt bất kỳ và ma trận $[T]$ được xác định như sau:

$$(2) [T] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & x_d \\ 0 & 1 & 0 & y_d \\ 0 & 0 & 1 & z_d \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

b- Chuyển động quay quanh 1 trục bất kỳ trong không gian



Hình 3.2 Phép quay và ảnh của bề mặt F quanh 1 trục bất kỳ trong không gian

Xét bề mặt F có phương trình $F(x,y,z)=0$ quay quanh 1 trục bất kỳ OI đi qua gốc tọa độ O và tâm quay I (I là giao điểm của trục quay OI với bề mặt F) với bán kính quay R = IS trong hệ tọa độ Decarte không gian 3 chiều Oxyz thì ảnh tương ứng của điểm $S(x,y,z)$ trên mặt F sẽ là điểm $S^*(x^*,y^*,z^*)$. Quan hệ hình học giữa S và S^* như sau:

$$S^* = [R] * S \quad (3)$$

hay

$$\begin{bmatrix} x^* \\ y^* \\ z^* \end{bmatrix} = [R] * \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \quad (4)$$

Nếu đặt $C\varphi = \cos\varphi$; $S\varphi = \sin\varphi$ và $V\varphi = 1 - \cos\varphi$ thì ma trận [R] có thể viết như sau:

$$[R] = \begin{bmatrix} n_x^2 V\varphi + C\varphi & n_x n_y V\varphi - n_z S\varphi & n_x n_z V\varphi + n_y S\varphi \\ n_x n_y V\varphi + n_z S\varphi & n_y^2 V\varphi + C\varphi & n_y n_z V\varphi - n_x S\varphi \\ n_x n_z V\varphi - n_y S\varphi & n_y n_z V\varphi + n_x S\varphi & n_z^2 V\varphi + C\varphi \end{bmatrix} \quad (5)$$

Nhận xét:

- Một bề mặt $F(x,y,z)$ khi quay quanh 1 trục bất kỳ trong không gian 3 chiều với 1 góc φ sẽ được ảnh là bề mặt tương ứng $F^*(x^*,y^*,z^*)$ và mối quan hệ giữa bề mặt F và F^* tuân theo phương trình (3), (4) và (5).

- Ma trận $[R]$ được gọi là ma trận quay của bề mặt F theo 1 góc φ xung quanh 1 trục quay bất kỳ OI đi qua gốc tọa độ của hệ trục tọa độ Oxyz trong không gian 3 chiều.

Trong trường hợp tổng quát hơn nếu trục quay của bề mặt F không đi qua gốc tọa độ nhưng biết được vị trí của trục quay trong hệ tọa độ Oxyz và vectơ vị trí của tâm quay $I(x_1, y_1, z_1)$ thì ảnh tương ứng F^* của bề mặt F được xác định theo phương trình sau:

$$S^* = [R]^* (S - (b)) + I$$

IV- PHÂN TÍCH HÌNH HỌC VÀ XÂY DỰNG GIẢI THUẬT THIẾT LẬP PHƯƠNG TRÌNH THAM SỐ TỌA ĐỘ BỀ MẶT VÀ MÔ HÌNH HÌNH HỌC 3 CHIỀU CÁC BÁNH RĂNG CÓ DẠNG BỀ MẶT THÂN KHAI

- Ở bánh răng bề mặt thân khai thì giao tuyến giữa bề mặt răng với mặt phẳng vuông góc với trục chi tiết là những đường cong thân khai mà phương trình toán học đã biết. Nếu là loại bánh răng trụ răng thẳng thì bề mặt thân khai được hình thành từ chuỗi các đường cong thân khai quét dọc theo phương trục bánh răng từ mặt đáy đến toàn bộ chiều cao chi tiết. Nếu là bánh răng trụ răng xoắn thì quá trình hình thành bề mặt răng tương tự như trên nhưng ngoài chuyển động tịnh tiến dọc theo trục thì đường cong thân khai còn quay tròn thêm một góc xoắn quanh trục để tạo nên bề mặt xoắn.

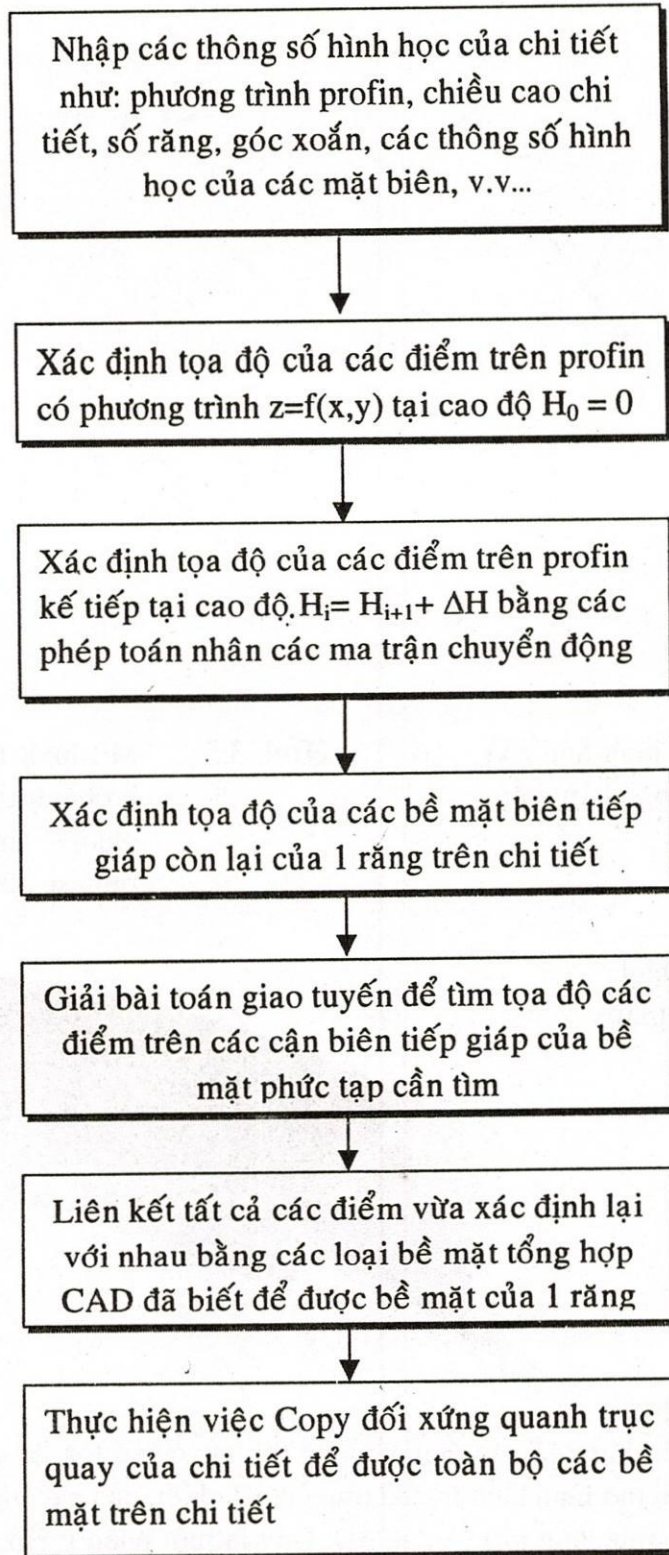
- Xuất phát từ tọa độ của 1 profin biết trước phương trình toán học tại mặt phẳng đáy vuông góc với trục chi tiết cao độ $H_0 = 0$, ta sẽ xác định được tọa độ tương ứng của profin kế tiếp tại cao độ $H_1 = H_0 + \Delta H$. Trong trường hợp bề mặt chi tiết có dạng xoắn thì tọa độ các điểm của profin tại cao độ H_1 sẽ xác định bằng cách nhân tọa độ của profin tại cao độ H_0 với ma trận tịnh tiến dọc theo trục chi tiết 1 lượng ΔH và ma trận quay quanh trục chi tiết 1 góc $\Delta\varphi$ theo lý thuyết chuyển dịch đường cong và bề mặt trong không gian 3 chiều đã trình bày trên đây. Bằng phương pháp lập luận tương tự ta sẽ xác định được tất cả các tọa độ của các profin còn lại.

- Để xác định bề mặt bao của một bề mặt răng thân khai ta phải xác định các giới hạn biên là giao tuyến giữa bề mặt răng này với các bề mặt tiếp giáp có giải tích thông thường như mặt phẳng, mặt trụ, mặt côn, mặt Hyperbol, v.v...

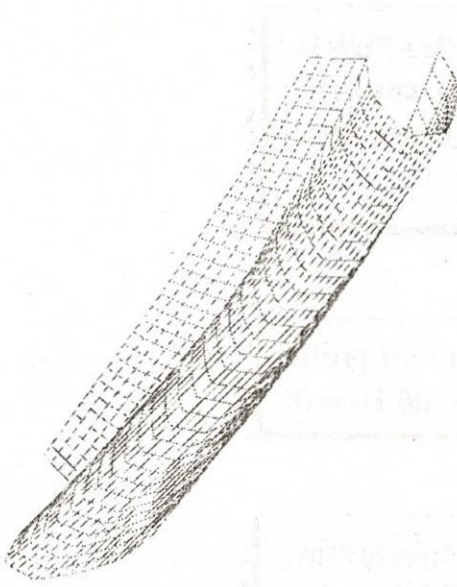
- Thực hiện nối các điểm rời rạc với nhau theo qui luật thứ tự ta sẽ xác định được biên dạng bề mặt hình học của 1 răng. Sau đó Copy đối xứng quanh trục quay chi tiết theo số răng cho trước để được toàn bộ mô hình hình học của chi tiết.

Toàn bộ giải thuật được trình bày tóm tắt trong Hình vẽ 3.3 dưới đây.

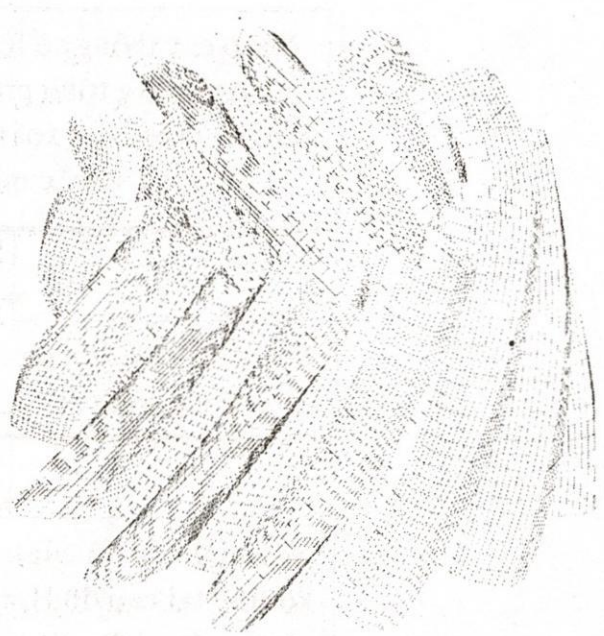
Toàn bộ giải thuật tính toán phương trình tham số tọa độ và thiết lập mô hình hình học 1 răng của bánh răng côn xoắn được thực hiện bằng ngôn ngữ lập trình **Autolisp** và phần mềm **AUTOCAD** release 12 (xem các hình vẽ 3.4 và 3.5 dưới đây). Sau đó File CAD dữ liệu từ phần mềm AutoCAD sẽ được xuất ra dưới dạng IGES hay DXF Format mà bất cứ phần mềm CAD/CAM nào cũng có thể nhận dạng được và xử lý tiếp mô hình hình học của vật thể ở các bước tiếp theo.



Hình 3.3 Giải thuật xác định mô hình hình học các chi tiết có dạng răng

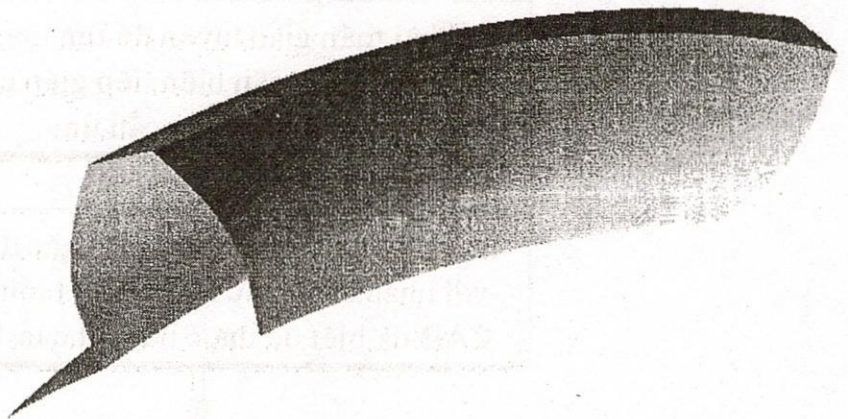


Hình 3.4 Mô hình hình học của 1 răng thiết lập trong phần mềm AUTOCAD 12



Hình 3.5 Mô hình hình học của toàn bộ bánh răng thiết lập trong phần mềm AUTOCAD release 12

Hình 3.6 Mô hình hình học của 1 răng thiết lập trong phần mềm UNIGRAPHIC II



V- KẾT LUẬN

Một giải thuật dùng để xác định phương trình tham số tọa độ các điểm trên bề mặt và tự động thiết lập mô hình hình học không gian 3 chiều của các vật thể có bề mặt phức tạp đã thực hiện thành công trên AutoCAD. Đây là một phần mềm CAD tuy chỉ có chức năng đồ họa nhưng có thể giao diện được trực tiếp với các ngôn ngữ lập trình đồ họa như C hay Autolisp để thực hiện giải thuật một cách trực tiếp ngay trên máy tính. Trong khi các phần mềm CAD/CAM khác vừa có cả chức năng đồ họa (CAD) và chức năng gia công (CAM) như UNIGRAPHIC II, CIMATRON, Pro/ENGINEER, MASTERCAM, v.v... sẽ bị hạn chế khả năng hoặc hầu như không thực hiện được giải thuật này này.

**A COMPUTER ALGORITHM FOR ESTABLISHING THE SURFACE COORDINATE
PARAMETRIC EQUATION AND GEOMETRIC MODEL OF THE
COMPLEX SURFACE OBJECTS**

Bui Tri Si -Nguyen Ngoc Can - Doan Thi Minh Trinh

ABSTRACT: *An algorithm is developed successfully in this paper to present the method for establishing the coordinate parametric equation of all points on the complex surface and automatically creating the 3 D geometric model of the objects. This model will be a base in surface analysis, tool selection, kinetics parameter calculation of tool, optimal toolpath algorithm building and this basic model will be used to compare the surface machining error with the real surface model after machining on the Coordinate Measurement Machine (CMM) so that we can find out the suitable solution in modification and optimal control whole of the machining process of the complex surface objects on CNC machine and the available CAD/CAM software in Vietnam.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ibrahim Zeid, 1991. *CAD/CAM theory and practice*. McGraw-Hill, Inc.
- [2] Mabie and Ocvirk, 1975. *Mechanisms and dynamics of machinery*. John Wiley and Sons, Inc.
- [3] *Mechanical Handbook*, 1970. McGraw-Hill, Inc.
- [4] Kundra, J.K., Rao, P.N., Tewara, N.K., 1987. *Numerical Control and Computer Aided Manufacturing*. Indian Institute of Technology.
- [5] AUTOLISP programmer's Reference manual Autocad release 12.
- [6] Gene Straka, 1992. *AutoLISP programming by Example*. McGraw-Hill, Inc.
- [7] Schaum's, 1974. *Theory and problem of Vector Analysis*, McGraw-Hill, Inc.
- [8] B.F Phedatop, 1990. *Gear manufacturing Technology*, Mockba.
- [9] Litvin, 1995. *Gear geometry and applied theory*, McGraw-Hill, Inc.
- [10] Gerald Farin, 1988. *Curves and Surfaces for computer Aided Geometric Design*, Academic Press, INC
- [11] P.Cooley, 1979. Gear tooth generation with interactive graphics. *Computer aided Design*, Vol.11, No.6, pp.353-359.
- [12] Cockerham and Waite, 1975. Computer aided design of spur or helical gear train. *Computer aided design*, pp.84-88.
- [13] Yamamoto and Murahashi, 1989. Common language for multilateral communication between different CAD/CAM drawing data bases. *Computer aided design*, Vol.21, No.10, pp.630-636.

[14] Sarkar and Menq. Smooth surface approximation and reverse Engineering. *Computer aided design*, Vol.23, No.9, Nov.1991

[15] Tamura, Kawasaki and Nakano. Method for inspection of Spiral Bevel Gears in Klingelnberg Cyclo-Paloid System. *JSME International Journal*, Series C, Vol.39, No.1,1996.

[16] Unigraphics II CAM I and CAM II operation Manual, Version 7.0, November 1989.

Handwritten notes in Vietnamese:

đại diện ad hq
nó say
TĐ hđ
kết hđ → 5/2008
BBT. *thích hân*
đến hđ *hđ hđ nay → cuối năm 2008*
Hàng BBT *chuyển sang* → *hđ*
y *hđ* → *lưu* *hđ* *hđ*
BBT *hđ* *hđ*
X
H?