

TỰ ĐỘNG HÓA VẼ VÀ XÂY DỰNG MÔ HÌNH CHÂN VỊT TÀU TỪ CÁC THÔNG SỐ THIẾT KẾ TRONG CÁC CHƯƠNG TRÌNH CAD/CAM

Trần Gia Thái

Trường Đại học Nha trang

TÓM TẮT: Đây là bài báo đầu tiên trong loạt bài liên quan đến vấn đề chế tạo chân vịt trên máy phay CNC bằng khuôn đúc đa năng, trình bày phương pháp, thuật toán và chương trình tự động vẽ và dựng mô hình chân vịt từ các thông số thiết kế trong các chương trình CAD/CAM thông dụng - công đoạn đầu tiên trong quá trình chế tạo chân vịt trên máy phay CNC.

Từ khóa: chương trình CAD/CAM, máy phay CNC.

1.ĐẶT VẤN ĐỀ

Chân vịt tàu là bộ phận có ảnh hưởng rất lớn đến hiệu quả làm việc của liên hợp tàu nên việc tính toán và chế tạo chính xác chân vịt theo các thông số thiết kế có vai trò, ý nghĩa quan trọng. Thực tế nhận thấy, mặc dù vấn đề tự động hóa tính toán, thiết kế và chế tạo chính xác chân vịt tàu trên máy phay CNC đang được nhiều nước áp dụng nhưng vì nhiều lý do về mặt công nghệ giá thành và nhất là do tính chất đơn lẻ trong sản xuất chân vịt, nhất là tàu cá nên công nghệ này hầu như vẫn chưa được áp dụng ở Việt nam Do đó ở nước ta hiện nay, việc tính, thiết kế chân vịt tàu nói chung và tàu đánh cá nói riêng, thường thực hiện theo các mẫu chân vịt có sẵn hay sử dụng chân vịt lắp theo máy và chế tạo chân vịt theo cách thủ công bằng công nghệ đúc đơn chiếc trong khuôn gỗ hoặc trong khuôn cát. Việc chế tạo chân vịt theo công nghệ này có các nhược điểm chính như sau :

- Độ chính xác và độ nhám bề mặt chân vịt thường không đạt yêu cầu, do đó phải qua giai đoạn gia công tinh và đánh bóng nên mất nhiều thời gian, công sức, phụ thuộc tay nghề công nhân và trong nhiều trường hợp chân vịt có thể không phù hợp với tàu
- Giá thành cao vì để chế tạo mỗi chân vịt phải làm một chân vịt mẫu và một khuôn đúc
- Sau khi chế tạo xong, không thể sửa chữa được khi chân vịt không phù hợp với các thông số của tàu thiết kế

Do đó vấn đề chế tạo chân vịt tàu thủy trên máy phay CNC, kết hợp việc chế tạo khuôn đúc đa năng, cho phép chế tạo một số cỡ chân vịt thông số hình học thay đổi trong phạm vi nhất định nhằm khắc phục các nhược điểm nói trên của quy trình truyền thống, đáp ứng yêu cầu độ chính xác cao, giá thành thấp và nhu cầu sản xuất đơn lẻ ở nước ta hiện nay là vấn đề mang tính cấp thiết và có ý nghĩa quan trọng và đó là lý do chúng tôi đề xuất và thực hiện đề tài nghiên cứu khoa học trọng điểm *Nghiên cứu xây dựng quy trình chế tạo chân vịt tàu thủy trên máy phay CNC bằng khuôn đúc đa năng*. Trong loạt bài báo này sẽ giới thiệu lần lượt các kết quả nghiên cứu của chúng tôi về vấn đề này, bắt đầu từ việc thiết kế, chế tạo và vẽ chân vịt dưới dạng mô hình 3D ở môi trường CAD/CAM cho đến việc gia công chân vịt trên máy CNC, thiết kế, chế tạo khuôn đúc chân vịt đa năng ... và bài đầu tiên sẽ giới thiệu kết quả nghiên cứu tự động hóa việc vẽ và dựng mô hình chân vịt 3D trong chương trình CAD/CAM thông dụng, công đoạn đầu tiên để gia công chân vịt trên máy CNC. Thực tế, vấn đề tự động hóa tính và vẽ mô hình chân vịt 3D đã nghiên cứu từ lâu và xây dựng thành chương trình kèm theo các máy gia công chân vịt chuyên dụng, tuy nhiên như đã được trình bày, vì nhiều lý do như giá thành phần mềm và thiết bị chuyên dụng còn rất cao, ít phù hợp với nhu cầu sản xuất đơn lẻ, nhất là với chân vịt tàu cá, nên trong đề tài chúng tôi đã lựa chọn một giải pháp mới

mang tính khả thi, phù hợp nhu cầu và điều kiện sản xuất để có thể áp dụng ngay ở nước ta hiện nay.

2. PHƯƠNG PHÁP VÀ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Như trình bày ở trên, xuất phát từ tình hình thực tế và điều kiện cụ thể ở nước ta hiện nay, chúng tôi chọn giải pháp viết chương trình tính chân vịt bằng ngôn ngữ lập trình thông dụng, trong trường hợp này là ngôn ngữ *Visual Basic*, sau đó ghi lại kết quả tính các thông số thiết kế gồm đường kính chân vịt D , số cánh chân vịt Z , tỷ lệ bước xoắn H/D , tỷ lệ mặt đĩa chân vịt S_0/S và một số đặc điểm hình học cần thiết khác thành File dữ liệu đầu vào cho chương trình vẽ mô hình 2D và 3D trong chương trình *Autocad*.

2.1. Phương pháp vẽ cánh chân vịt

Bản vẽ chân vịt là bản vẽ mô tả các hình chiếu cánh chân vịt trên ba mặt phẳng chiếu, gồm hình chiếu thẳng biểu diễn đường bao chiếu thẳng của cánh trên mặt phẳng vuông góc với trục quay, hình chiếu cạnh biểu diễn độ dày của cánh ở từng bán kính r_i trên mặt phẳng nằm dọc theo trục quay và hình chiếu duỗi thẳng biểu diễn tiết diện mặt cắt ngang cánh tại từng bán kính tương đối xác định. Các hình chiếu cánh chân vịt được dựng bằng phương pháp khai triển elip đã biết theo trình tự sau:

- Từ số liệu nhận được trong tính toán chân vịt, tiến hành dựng đường bao ngoài của cánh và tiết diện cánh tại từng bán kính đã xác định r , trên hình chiếu duỗi thẳng của cánh (hình 1c).

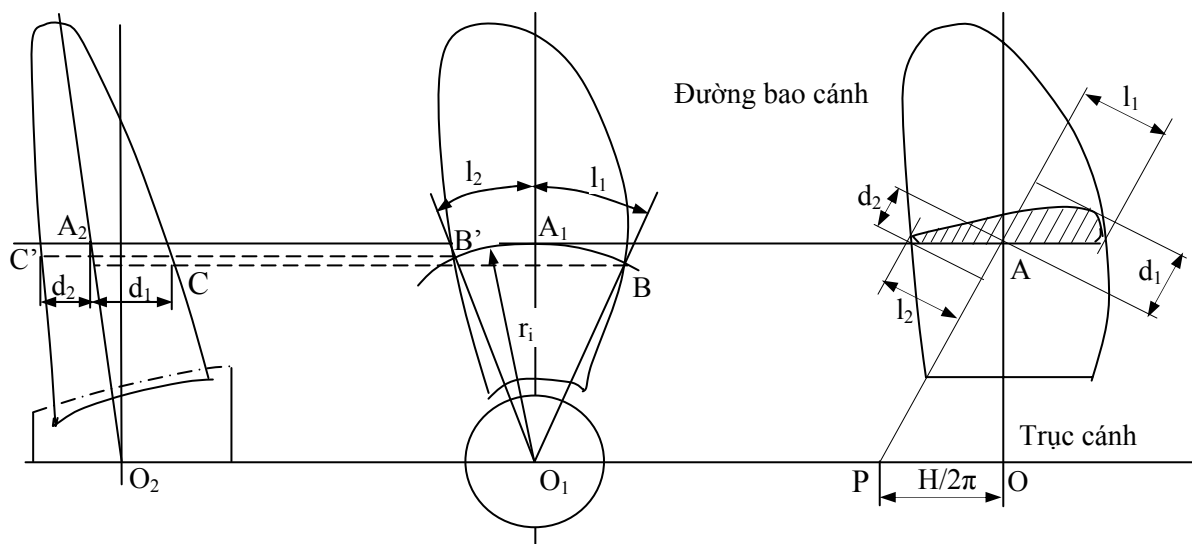
- Dựng hình chiếu thẳng bằng phương pháp chiếu, có tính đến độ dày và độ nâng của mép các tiết diện cánh bằng cách đặt từ tâm O trên hình chiếu duỗi thẳng một đoạn $OP = H/2\pi$ dọc theo trục quay về phía ngược với chiều quay của chân vịt và vuông góc với đường trục của hình chiếu duỗi thẳng.

- Dựng từ điểm cực P các tia đến giao điểm A của đường trục cánh và mép dưới của tiết diện cánh tại bán kính r_i đang xét, sau đó vẽ các đường tiếp tuyến với tiết diện cánh, vuông góc và song song với tia PA , để xác định các đoạn l_1, l_2, d_1, d_2 (hình 1b)

- Từ tâm O_1 trên hình chiếu thẳng, vẽ cung tròn có bán kính r_r tương ứng vị trí tiết diện đang xét đặt dọc theo cung này, từ trục cánh về bên phải đoạn l_1 và về bên trái đoạn l_2 xác định các điểm B và B' tương ứng nằm trên đường bao hình chiếu thẳng của cánh

- Đường bao của hình chiếu cạnh cánh chân vịt xây dựng bằng cách xác định giao điểm A_2 của đường sinh cánh với đường thẳng nằm ngang ở bán kính r tương ứng vị trí prophin cánh đã cho sau đó dựng đường thẳng đi qua điểm A_2 và vuông góc đường thẳng nằm ngang vừa vẽ. Từ đường thẳng góc này đặt theo đường ngang vẽ từ các điểm B, B' về phía phải đoạn d_1 và về phía trái đoạn d_2 xác định các điểm C, C' nằm trên đường bao hình chiếu cạnh của cánh.

Tiến hành tương tự ở tất cả bán kính chân vịt r_i sẽ xác định hàng loạt điểm và khi nối các điểm này với nhau bằng đường cong phẳng sẽ xây dựng đường bao các hình cánh chân vịt.



Hình 1. Bản vẽ cánh chân vịt

Dưới đây sẽ giới thiệu về thuật toán và chương trình vẽ chân vịt 3D theo các thông số thiết kế viết bằng ngôn ngữ lập trình *Autolisp* dùng cho chân vịt *B Wageningen* (3 – 5) cánh. Các thông số hình học tham gia với vai trò là các số liệu đầu vào của chương trình vẽ chân vịt nói trên nhận từ kết quả của bài toán tính toán, thiết kế chân vịt tối ưu, bao gồm đường kính D , số cánh z , tỷ lệ bước xoắn H/D , tỷ lệ mặt đĩa S_0/S và một số thông số hình học cần thiết khác. Nội dung thuật toán và chương trình tính toán, thiết kế chân vịt đã được giới thiệu trong [2], dưới đây chỉ giới thiệu chương trình vẽ tự động chân vịt, gồm hai môđun chính:

1. Môđun vẽ bản vẽ chân vịt dưới dạng 2D

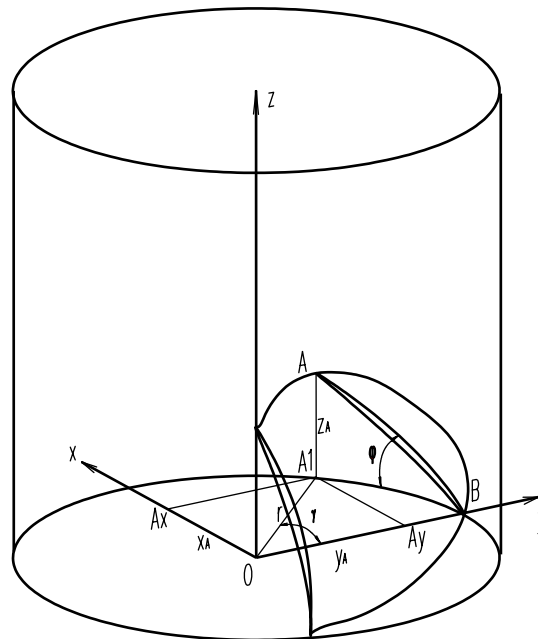
Bản vẽ chân vịt 2D sẽ thể hiện đầy đủ những kích thước hình học chính yếu của chân vịt tàu, bao gồm hình bao duỗi thẳng với hình dạng và chiều dày của profin cánh ở các bán kính r_1 , hình chiếu bằng và hình chiếu cạnh của cánh. Ngoài ra, trên bản vẽ 2D còn thể hiện những đặc điểm hình học khác như góc nghiêng cánh, hình dạng và các kích thước của củ chân vịt, các góc lượn giữa cánh và củ chân vịt v.v... theo các số liệu thực nghiệm đã được công bố. Khi gia công chế tạo chân vịt trên máy CNC, bản vẽ chân vịt dạng 2D có ý nghĩa quan trọng trong việc chế tạo phôi đúc, xác định lượng dư gia công hợp lý và là cơ sở để đo đạc và kiểm tra chân vịt chế tạo.

2. Môđun vẽ mô hình chân vịt 3D

Bản vẽ chân vịt 3D trong đề tài này được xây dựng trên cơ sở những số liệu thực nghiệm mô hình chân vịt thuộc nhóm B đã được bề thử *NMSB Wageningen (Netherland)* công bố và là mô hình đang được ứng dụng rộng rãi hiện nay.

Hai môđun vẽ chân vịt dạng 2D và 3D có thuật toán xác định đường bao cánh giống nhau. Riêng với chương trình vẽ chân vịt dạng 3D, thuật toán xác định tọa độ không gian của các điểm nằm trên mặt cánh chân vịt khá phức tạp, do đó phần tiếp theo dưới đây sẽ giới thiệu một cách cụ thể hơn nội dung của thuật toán này. Xét trong hệ trục tọa độ Đêcác ($Oxyz$) đã biết một hình trụ có bán kính r và đồng trục với trục quay của chân vịt. Khi đó, nếu như sử dụng hình trụ này cắt qua một cánh của chân vịt sẽ để lại vết cắt là đoạn xoắn ốc AB và gọi A_1 là hình chiếu của điểm A trên mặt phẳng oxy (hình 2).

Hình 2 mô tả phương pháp xác định tọa độ không gian của một điểm trên cánh chân vịt



Hình 2. Cách xác định tọa độ không gian một điểm trên cánh chân vịt

Từ phân tích trên đây có thể nhận thấy là ABA_1 là tam giác đồng dạng với tam giác bước và φ là góc nghiêng cánh chân vịt tại bán kính r . Trong tam giác AA_1B , ta có :

$$AA_1 = AB \sin \varphi$$

Còn trong mặt phẳng (xoy), nếu chiếu điểm A_1 lên hai trục Ox, Oy của hệ trục tọa độ Đề-các sẽ được hai điểm Ax, Ay nằm trên hai trục này. Gọi γ là góc giữa đoạn thẳng OA_1 với trục Oy , áp dụng hệ thức lượng trong tam giác ta có thể xác định được tọa độ điểm A trên mặt cánh theo công thức tổng quát.

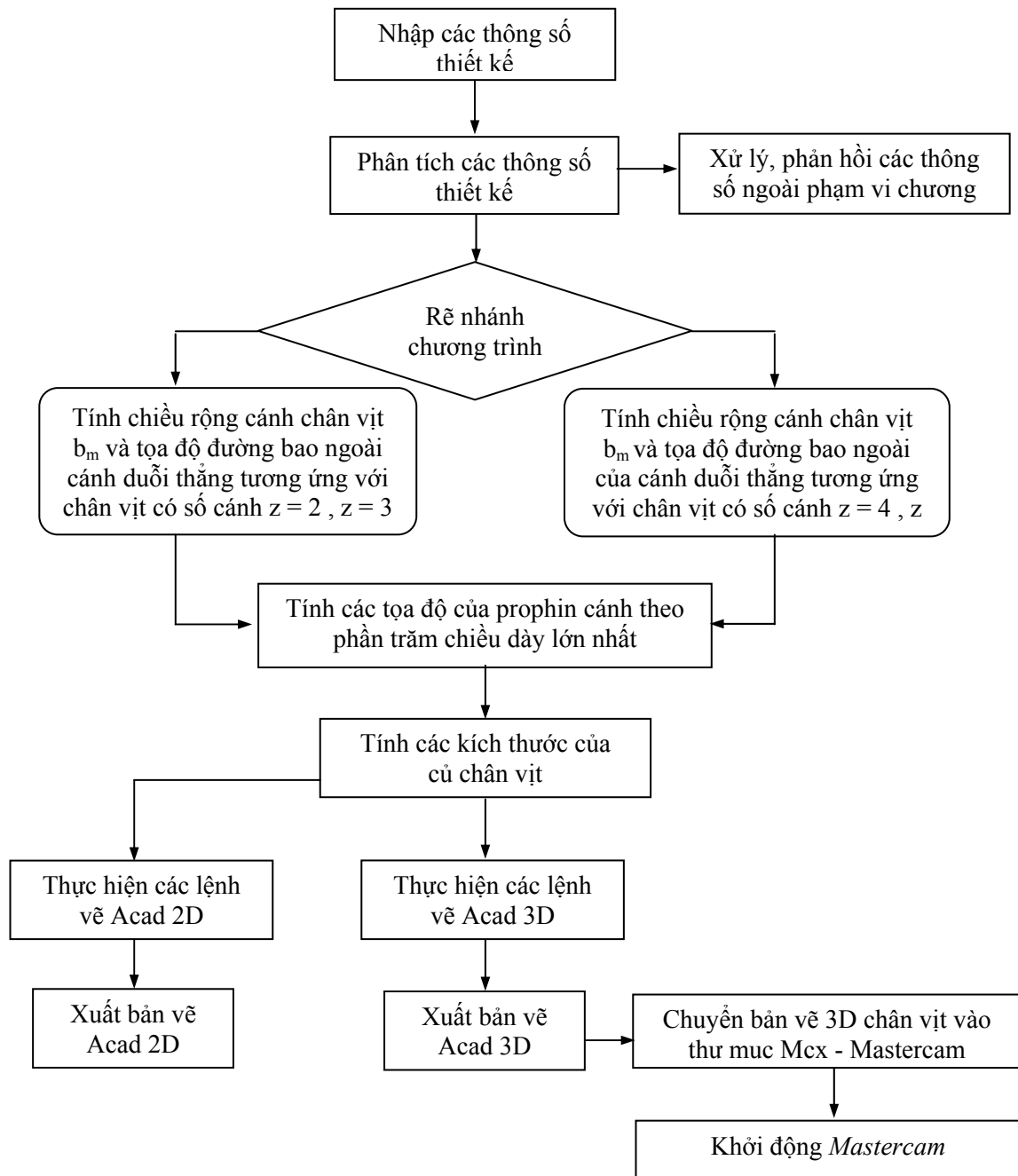
$$\begin{cases} x_A = r \sin \gamma \\ y_A = r \cos \gamma \\ z_A = AB \sin \varphi \end{cases}$$

Công thức này được dùng để xác định tọa độ của các điểm nằm trên bề mặt cánh chân vịt ở tất cả bán kính r .

2.2. Sơ đồ giải thuật của bài toán lập trình vẽ tự động chân vịt từ các thông số thiết kế [3]

Hình 3 là sơ đồ giải thuật của chương trình vẽ tự động 3D cánh chân vịt từ các thông số thiết kế dựa theo mô hình chân vịt thuộc về nhóm B - Wageningen, tương ứng với số cánh $z = 2, z = 3$ và $z = 4, z = 5$, trong đó dữ liệu đầu vào của chương trình này sẽ là những thông số thiết kế của chân vịt, nhận được từ kết quả xuất ra từ chương trình tính toán, thiết kế chân vịt, còn kết quả đầu ra của nó dưới dạng mô hình 3D sẽ được tự động đưa qua chương trình CAM

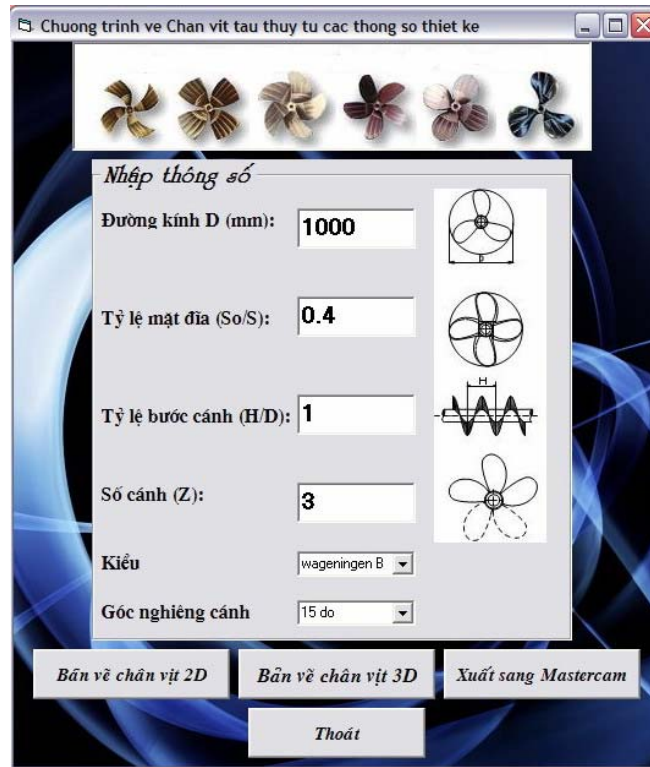
tương ứng, trong trường hợp này là phần mềm MasterCam, để chuẩn bị thực hiện quá trình gia công trên máy phay CNC.



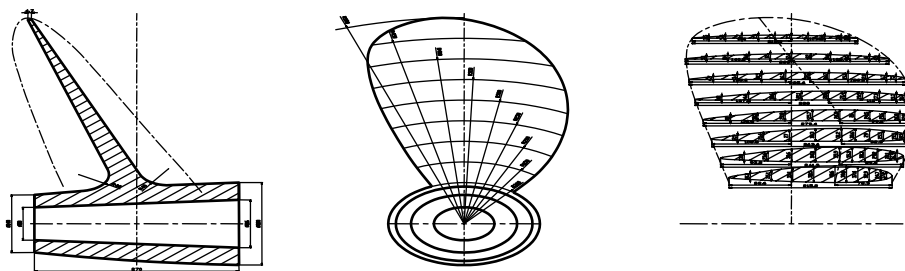
Hình 3. Sơ đồ thuật toán chương trình vẽ tự động chân vịt từ các thông số thiết kế

Hình 4 và 5 là bản vẽ 2D và 3D của chân vịt được chương trình xuất ra một cách tự động trong phần mềm *Autocad* đã biết, trong đó các thông số thiết kế chính của chân vịt như sau :

- Đường kính chân vịt : $D = 1000$ mm
- Số cánh : $Z = 3$
- Tỷ lệ mặt đĩa : $S_0/S = 0,4$
- Tỷ lệ bước : $H/D = 1$

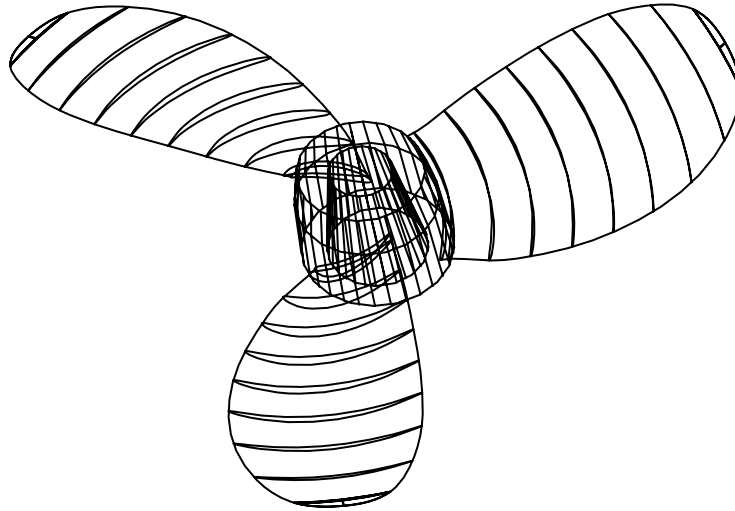


Hình 4. Giao diện phần mềm thiết kế chân vịt



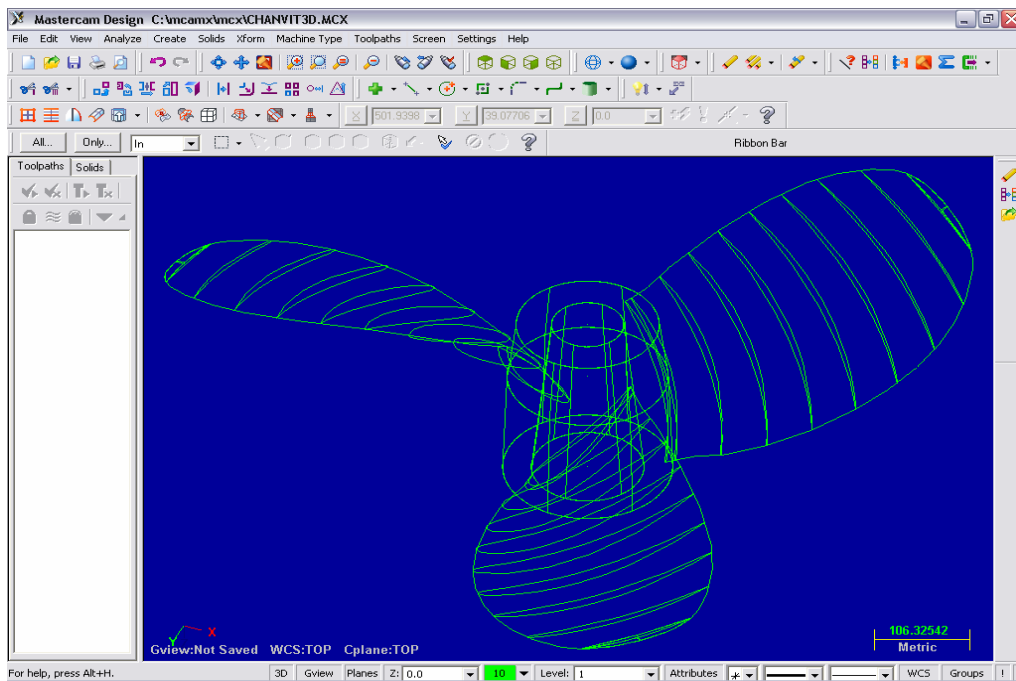
Hình 5. Bản vẽ mô hình chân vịt 2D trong phần mềm *Autocad*

Hình 6 là bản vẽ mô hình chân vịt 2D trong phần mềm *Autocad*



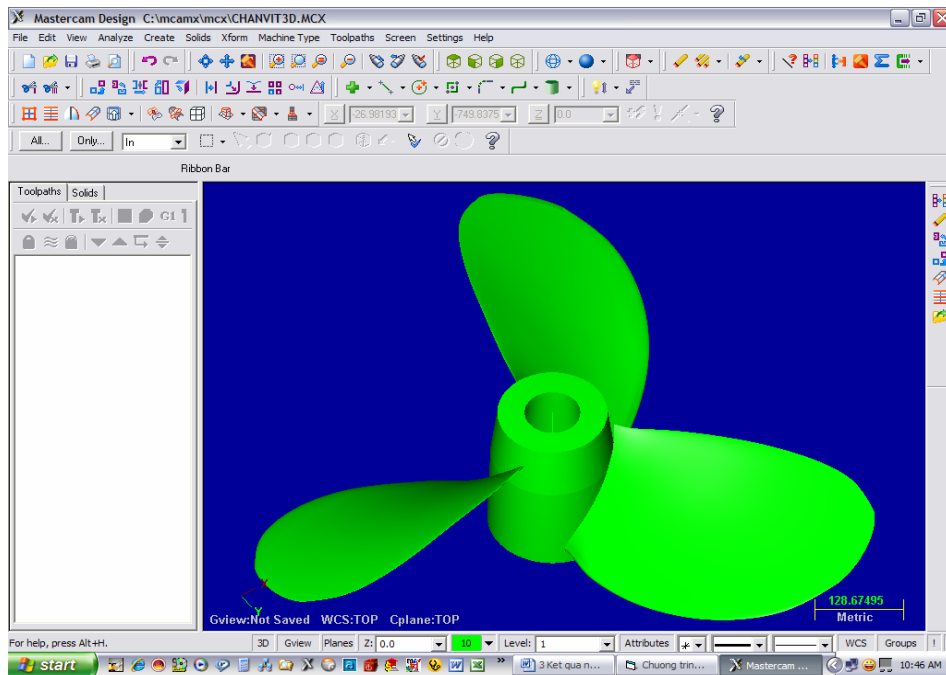
Hình 6. Bản vẽ mô hình chân vịt 3D trong phần mềm *Autocad*

Hình 6 là mô hình chân vịt sau khi chuyển từ phần mềm *Autocad* sang phần mềm *Mastercam*



Hình 6. Kết quả xuất dữ liệu chân vịt 3D sang môi trường *CAD/CAM*

Tiếp tục vẽ bề mặt các cánh chân vịt bằng lệnh *Lofted surfaces* có trong phần mềm *Mastercam*, sau đó dùng công cụ *Shaded* của phần mềm này để tô bóng bề mặt cánh (hình 7).



Hình 7. Thực hiện lệnh vẽ bề mặt cánh

2.3. Xuất dữ liệu mô hình chân vịt 3D sang các phần mềm CAD/CAM thông dụng

Do chưa có sự thống nhất về tiêu chuẩn, kỹ thuật dựng hình, các dung sai khi vẽ v.v... nên những phần mềm CAD/CAM thông dụng hiện chưa trao đổi được dữ liệu CAD với nhau. Vì thế, khi muốn trao đổi dữ liệu giữa những hệ thống phần mềm CAD/CAM với nhau cần phải chuyển dữ liệu sang một định dạng trung gian đã được qui ước sẵn gồm các hình học cơ sở để bất kỳ hệ thống phần mềm CAD/CAM nào cũng có thể đọc được dữ liệu trung gian này. Khi đó, một hệ thống xuất muốn chuyển dữ liệu sang một hệ thống nhận bất kỳ khác cần chuyển dữ liệu CAD gốc của nó sang một định dạng trung gian (Postprocess) và hệ thống nhận muốn sử dụng dữ liệu CAD của hệ thống nguồn thì cần chuyển dữ liệu trung gian đã định dạng sang định dạng CAD của mình (Preprocess). Cho đến hiện nay, giữa phần mềm AutoCad và các phần mềm CAD/CAM thông dụng khác, đang được sử dụng rộng rãi hiện nay như Pro.Engineer, Cimatron, Mastercam v.v..., vẫn chưa bảo toàn các mô hình 3D dạng bề mặt (Surface) trong quá trình post-preprocess giữa hai phần mềm liên quan, do chúng chỉ có các đặc điểm hình học của mô hình mà chưa có được liên kết giữa các đặc điểm hình học này. Do đó trong bài toán lập trình vẽ mô hình 3D chân vịt theo các thông số thiết kế nói trên đây, việc dùng các lệnh Surface để vẽ bề mặt cánh trong phần mềm Autocad trở nên không cần và điều quan trọng là phải xác định được chính xác tọa độ của các điểm nằm trên mặt cánh chân vịt. Kết quả nghiên cứu nhận thấy, các mô hình vẽ bằng lệnh Spline luôn phải được bảo toàn trong quá trình chuyển đổi dữ liệu giữa hai hệ thống các phần mềm CAD/CAM thông dụng với nhau do đó hướng giải quyết của bài toán lập trình vẽ tự động chân vịt giới thiệu trong bài báo này là dùng lệnh Spline để vẽ biên dạng profin cánh.

3. KẾT LUẬN

Độ chính xác chương trình được kiểm tra bằng cách xác định các thông số của mô hình 3D chân vịt vừa vẽ để so sánh với các thông số chân vịt tương ứng $D = 1\text{ m}$, $S_0/S = 0.4$, $H/D = 1$ cụ thể như sau :

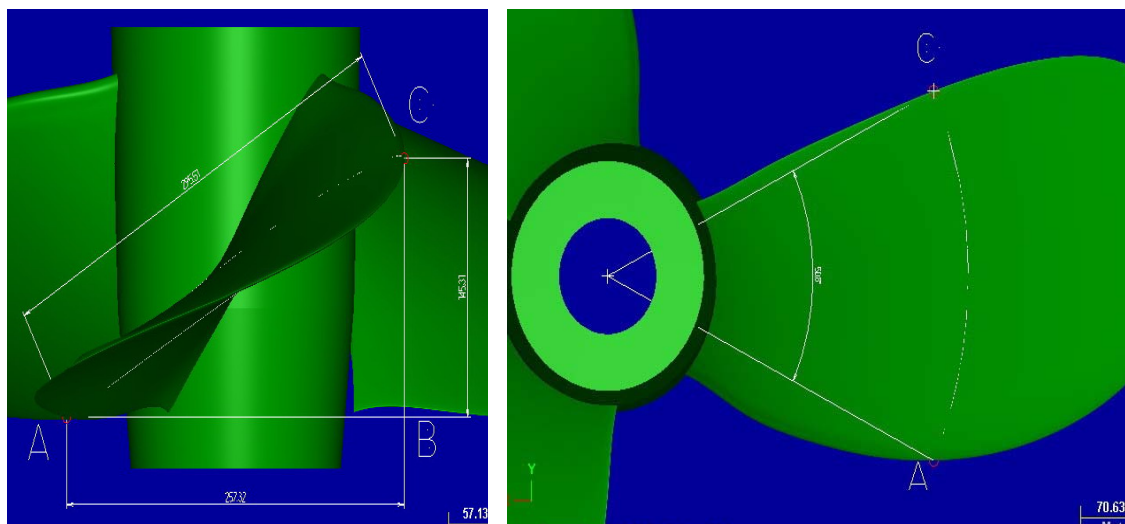
Xoay mô hình chân vịt 3D vừa vẽ nói ở trên đến vị trí thẳng đứng và xét hai điểm A, C nằm ở vị trí rộng nhất của cánh và nằm cách tâm một khoảng bằng với bán kính của chân vịt r_i , trong trường hợp này là

$$r_i = 0,6R = 0,6.500 = 300\text{ mm}$$

Hình 8 trình bày phương pháp xác định các kích thước để tìm bước xoắn H và góc xoay α tương ứng với đoạn bước xoắn chân vịt BC. Trên hình này nhận thấy, BC chính là một phần bước xoắn khi điểm A di chuyển đến mặt phẳng đứng của điểm B, tương ứng với góc xoay là α và sau khi quay đúng một vòng quay là 360° , bước của chân vịt sẽ là H nên ta có :

$$\frac{360^\circ}{H} = \frac{\alpha}{BC} \text{ và } H = \frac{360^\circ}{\alpha} BC$$

Như vậy nếu đo được khoảng cách BC và α sẽ xác định được giá trị bước xoắn chân vịt H.



Hình 8. Cách xác định các kích thước để kiểm tra bước xoắn chân vịt H và góc xoay α

Dựa theo hình 8 có thể xác định kích thước $BC = 145,31\text{ (mm)}$ và góc xoay $\alpha = 52\text{ (độ)}$. Khi đó, bước xoắn của mô hình chân vịt 3D vừa vẽ được sẽ là:

$$\begin{aligned} H_{tt} &= \frac{360^\circ}{\alpha} BC \\ &= \frac{360}{52} 145,31 = 1005,92\text{ mm} \end{aligned}$$

So sánh với giá trị bước xoắn của chân vịt ban đầu $H_{TK} = 1000\text{ (mm)}$, có thể thấy sai lệch giữa bước xoắn chân vịt thực tế và mô hình chân vịt vừa vẽ sẽ là $\Delta H = H_{tt} - H_{tk} = 5,92\text{ mm}$.

Như vậy, độ sai lệch giá trị bước xoắn chân vịt khi vẽ theo giải thuật và chương trình này là khoảng $0,592\%$, nằm trong giới hạn cho phép.

Số với những phần mềm tương tự khác, kết quả sử dụng phần mềm này trong thực tế cho thấy các ưu điểm sau :

- Xuất trực tiếp mô hình chân vịt 3D sang các phần mềm CAM nên cho phép phay trên máy phay CNC
- Phần mềm viết theo thuật toán khai triển elip nên hoàn toàn có thể ứng dụng được cho kiểu propin cánh chân vịt bất kỳ, khi có đủ dữ liệu về propin cánh

THE AUTOMATICAL DRAWING AND BUILDING MODEL OF PROPELLER FROM DESIGNING PARAMETERS IN CAD/CAM PROGRAMS

Trần Gia Thái
Nha Trang University

ABSTRACT: *This article is the first one in several papers concerning the problem in processing propeller by CNC miller in multipurpose mold. This article is presented the approach, the algorithm and the program of automatical drawing and building model propeller from designing parameters in CAD/CAM programs - this is the first step in manufacturing process by CNC miller*

Keywords: *CAD/CAM programs, CNC miller.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Trần Công Nghi, *Ứng dụng tin học trong thiết kế và đóng tàu*, NXB Đại học quốc gia Tp Hồ Chí Minh (2006)
- [2]. Trần Gia Thái, *Tự động hóa thiết kế và chế tạo chân vịt tàu đánh cá trên máy phay CNC*, Tạp chí Cơ khí Việt nam, Số 1+2/07
- [3]. Trần Gia Thái, *Nghiên cứu tự động hóa thiết kế đường hình đáp ứng nhu cầu đa dạng của tàu nghề cá Việt nam*, Đề tài NCKH cấp Bộ, B2004 - 33 -36, trang 47 – 77 (phần chân vịt)