

**NGHIÊN CỨU MÔ PHÒNG SỐ VỀ XÂM THỰC CỤC BỘ
TRONG MÁY THUỶ LỰC CÁNH DẪN HƯỚNG TRỰC**
NUMERICAL SIMULATION STUDY OF PARTIAL CAVITATIONS
ON AXIAL TUBOMACHINES

**TS. QUẢN TRỌNG HÙNG
TS. VŨ VĂN DUY**

Viện Khoa học Cơ sở, Trường ĐHHH

Tóm tắt

Trong bài báo này, với việc phát triển thuật toán của phương pháp phần tử biên tác giả giới thiệu phương pháp tính toán mô phỏng túi hơi xâm thực cục bộ 3D trong máy thủy lực cánh dẫn hướng trực trên cơ sở tính toán túi hơi tại các bán kính trụ khác nhau. Kết quả tính toán được so sánh với kết quả nghiên cứu thực nghiệm và bằng phần mềm Fluent.

Abstract

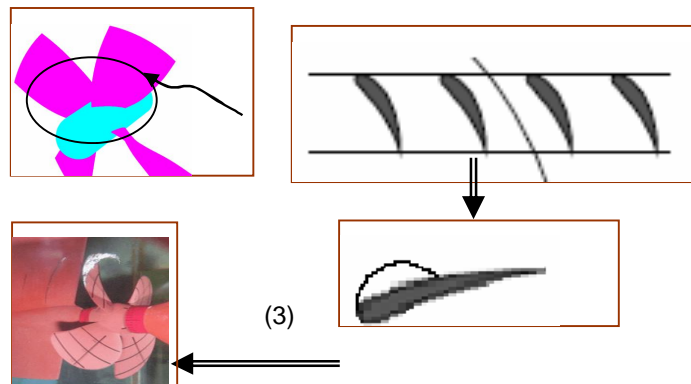
In this paper, a BEM numerical method is carried out to estimate the dimension of a 3D partial cavitations in the axial tubomachine that bases on the calculation from every 2D profiles at a different calculaty radius. The simulation result was compared with the other experimental studies and calculation by Fluent soft in the case of steady cavitations.

1. Giới thiệu

Với nhiều phương pháp khác nhau, các tác giả đã công bố khá nhiều kết quả về vấn đề xác định túi hơi xâm thực cục bộ trên hydrofoils và những những vấn đề liên quan như điểm bắt đầu tách thành, điểm đóng hay nguyên nhân và tốc độ dòng chảy ngược. Các tác giả điển hình như Kinnas & Fine, 1990; Brewer, 1995; de Lange & de Bruin, 1998...những năm gần đây các tác giả đã tập trung vào mô phỏng tính bất ổn định của túi hơi như Yoshinori Saito, Ichiro Nakamori và Toshiaki Ikohagi, 2003...Nhưng rất ít tác giả đề cập tới loại xâm thực cục bộ trên cánh tubomachines vì vấn đề chia lưới và điều kiện biên khá phức tạp. Ở nội dung bài báo này tác giả giới thiệu phương pháp xác định túi hơi 3D trên cánh tubomachines nhưng trên nền tảng của việc tính toán cho các foil, các kết quả được so sánh với thực nghiệm và phần mềm Fluent.

2. Nội dung phương pháp

Xuất phát từ việc thiết kế chế tạo cánh máy thủy lực cánh dẫn bao giờ cũng tiến hành trên một số profil sắp xếp từ chân cánh tới đỉnh cánh sau đó với xâu các profil này lại để được biên dạng cánh thật. Ở đây việc xác định túi hơi trên cục bộ trên cánh tubomachines được dựa trên nguyên tắc đó nghĩa là ta đi xác định túi hơi cục bộ trên từng profil theo các mặt trụ khác nhau sau đó khi xâu cánh ta đồng thời xâu cả profil kèm với túi hơi tương ứng. Để thể hiện rõ phương pháp ta xem hình vẽ sau:



Hình 1. Sơ đồ phương pháp xác định túi hơi xâm thực cục bộ trên bánh công tác máy thủy lực cánh dẫn.

(1): Cắt bánh công tác (propeller) bởi các mặt trụ khác nhau rồi dải phẳng ta sẽ được các dãy profil.

(2): Tiến hành tính toán túi hơi xâm thực cục bộ trên từng profil theo các bán kính trụ khác nhau. Chương trình tính toán ở đây đây được viết bằng ngôn ngữ lập trình Fortran dựa trên phương pháp phần tử biên (xem mục 3).

(3): Xâu các profil kèm cả túi hơi sẽ cho ta hình ảnh cánh thật và cả biên dạng túi hơi trên cánh.

3. Xác định túi hơi theo BEM

3.1. Mô hình tính toán và các điều kiện

Trong đó:

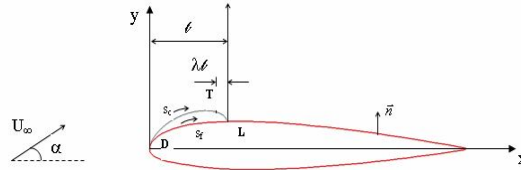
U_∞ : Vận tốc dòng ở xa vô cùng

α : góc tấn

l : chiều dài túi hơi

D : điểm tách thành

L : điểm đóng



Hình 2. Mô hình bài toán.

Các giá trị áp suất nằm trong vùng túi hơi thỏa mãn điều kiện áp suất bằng áp suất bão hòa của chất lỏng.

$$\text{Điều kiện đóng của túi hơi là: } h(l, \sigma) = 0 \quad (1)$$

Trong đó:

h : chiều cao túi hơi

l : chiều dài túi hơi

σ : số xâm thực

$$\sigma = \frac{p_\infty - p_{bh}}{\frac{1}{2} \rho U_\infty^2} \quad (2)$$

p_∞ : áp suất ở xa vô cùng

p_{bh} : áp suất hơi bão hòa của chất lỏng

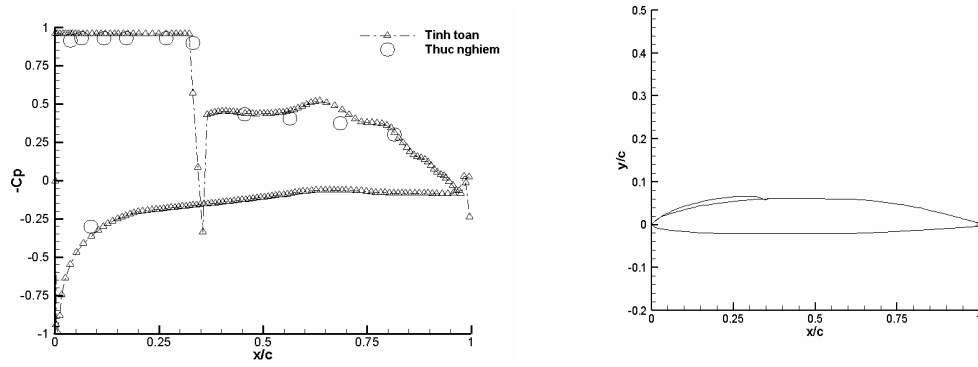
ρ : khối lượng riêng của chất lỏng

U_∞ : vận tốc của dòng ở xa vô cùng

3.2. Kết quả và so sánh

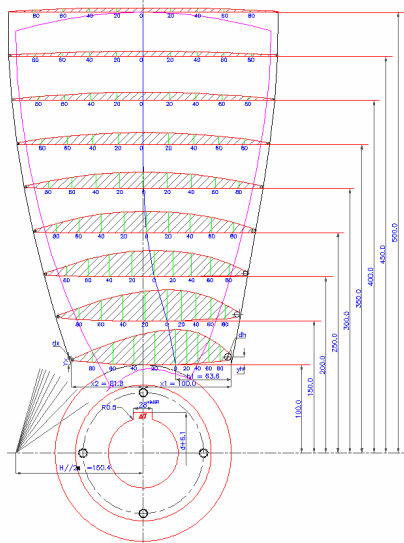
Bảng 1: Kết quả tính toán trên profil NACA 66 (MOD).

	σ	l/c	C_L
Calculation	0.956250	0.3625	0.69387
Experiment	0.91	0.36	0.670
PCPAN	1.10998	0.35976	0.78551
PCJET	1.10998	0.36024	0.75817



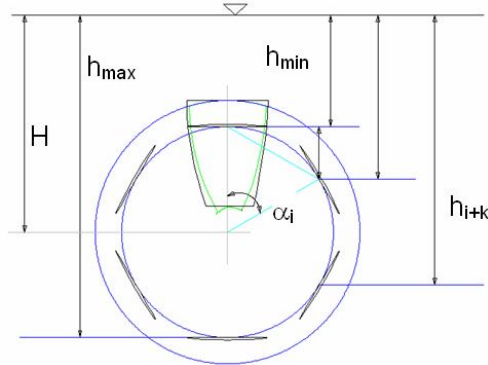
Hình 3. Hệ số phân bố áp suất và kích thước túi hơi xâm thực trên cánh NACA 66(MOD) với $\sigma = 0.91$; $\alpha = 4^\circ$.

4. Tính toán cụ thể cho mẫu chân vịt



Hình 4. Mẫu chân vịt tính toán.

Cần chú ý việc xác định các giá trị số xâm thực (σ_i) tại các mặt trụ khác nhau.



Hình 5. Độ sâu của 1 profil trong một vòng quay.

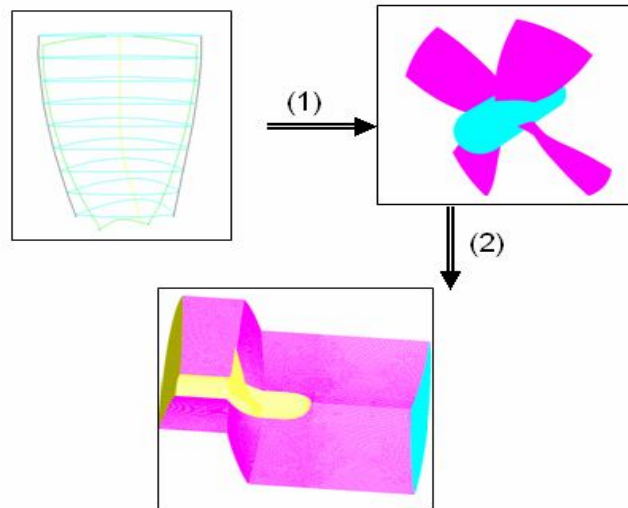
$$\sigma_i = \frac{P_{\infty i} - P_{bh}}{\frac{1}{2} \rho \cdot V_{\infty i}^2} \quad (3)$$

$$p_{\infty i} = p_a + \gamma h_i \quad (4)$$

$$h_i = H - r + r \cdot \sin \frac{\alpha_i}{2} \sqrt{2(1 - \cos \alpha_i)} \quad (5)$$

$$V_{\infty i} = \sqrt{(V_p + V_{a1})^2 + (r \cdot \omega - V_{T1})^2} \quad (6)$$

Tính toán bằng phần mềm Fluent

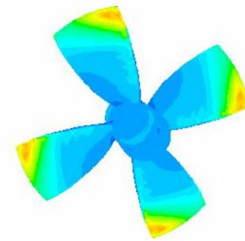
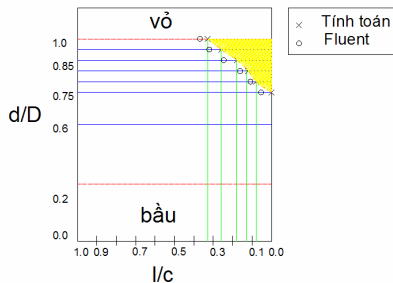


Hình 6. Tính toán trực tiếp bánh công tác bằng Fluent.

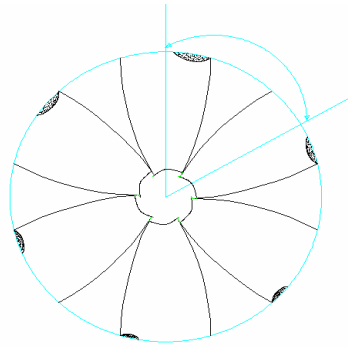
(1): Xây dựng propeller bằng Gambit.

(2): Tạo không gian tính toán (1/4 propeller), chia lưới, đặt điều kiện và tính toán.

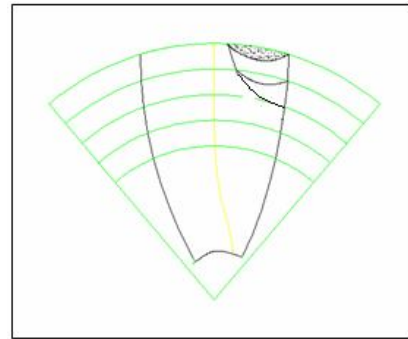
Một số kết quả tính toán số



Hình 7. Thể hiện phân diện tích cánh bị xâm thực.

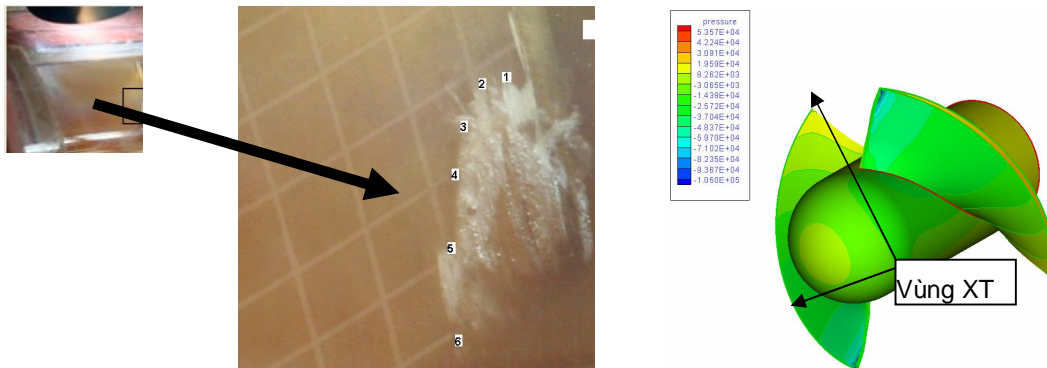


Hình 8. Túi hơi trên foil đỉnh tại các vị trí lệch nhau 60° .



Hình 9. Xây dựng kích thước 3D túi hơi xâm thực trên cánh tại vị trí 00.

Kết quả thực nghiệm và so sánh



Hình 10. Vùng xâm thực (theo kết quả thực nghiệm và tính toán số).

4. Kết luận

Bài báo đưa ra một giải pháp xác định túi hơi xâm thực cục bộ trong bánh công tác từ việc giải quyết trên từng profil và tính toán trực tiếp cho bài toán 3D bằng phần mềm Fluent. Các kết quả có thể kết hợp với các nhà thiết kế máy thủy lực cánh dẫn để lựa chọn trường hợp tối ưu từ các mẫu thiết kế ...

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Vũ Văn Duy, Nguyễn Thế Mịch, Nguyễn Thế Đức (2007). *Mô phỏng vùng xâm thực trong dòng bao quanh profil cánh bằng phương pháp phần tử biên*. Trang 77-84. Tuyển tập hội Cơ học toàn quốc lần thứ VIII. Hà Nội, 6-7/12/2007.
- [2] Padamanabhan Krishnaswamy (2000). *Flow modelling for partially cavitating hydrofoils*. PhD thesis, Technical university of Denmark
- [3] Phạm Công Nghị (2001). *Lý thuyết tàu thủy, tập 3*. NXB Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh.
- [4] Các bản vẽ của Viện khoa học công nghệ tàu thủy
- [5] www.Fluent.com

Người phản biện: TS. Lê Văn Học