

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ CHẾ TẠO ỒNG KHÍ ĐỘNG

RESEARCH, DESIGN AND MANUFACTURE WIND TUNNEL

TS. Nguyễn Tường Vi, ThS. Nguyễn Trọng Dũng, PGS, TS. Nguyễn Anh Tuấn
Khoa Cơ khí, Trường Đại học Thủy lợi

TÓM TẮT

Bài báo mô tả quá trình nghiên cứu thiết kế chế tạo ống khí động tốc độ thấp với mục đích đào tạo. Ống khí động cho phép thực hiện các khảo sát thực nghiệm hóa dòng lưu chất đi qua các mô hình thu nhỏ như ô tô, máy bay, tàu siêu tốc, các vật thể, công trình xây dựng... Trong nghiên cứu này, một số thông số chính của ống khí động đã được khảo sát, kiểm tra một cách định tính và định lượng, sử dụng thiết bị tạo khói và cảm biến vận tốc. Kết quả thu được đạt yêu cầu thiết kế với sai số khoảng 6%.

Từ khóa: Ống khí động; Trực quan hóa; Hệ số lực cản; Hình dáng khí động học.

ABSTRACT

The paper describes process of researching, designing and manufacturing low-speed wind tunnel for training purposes. The wind tunnel allows to carry out experimental investigations of fluid flow through models such as cars, airplanes, speedboats, objects, constructions ... In this study, some main parameters of wind tunnel have been investigated and tested qualitatively and quantitatively using smoke generators and velocity sensors respectively. The obtained results meet the design requirements within relative error of 6%.

Keywords: Wind tunnel; Observation; Drag Coefficient; Aerodynamic Shape.

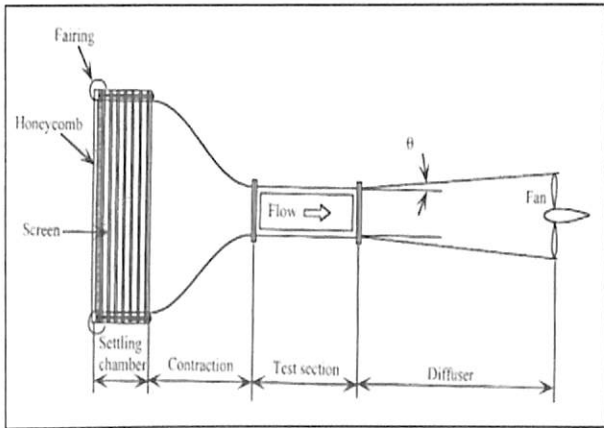
1. GIỚI THIỆU

Hình ảnh hóa dòng chảy là một quá trình vật lý làm cho dòng chất lỏng có thể nhìn thấy được. Phần lớn lưu chất (không khí, nước...) là trong suốt, do đó, rất khó quan sát động thái của dòng chảy bằng mắt thường mà cần có phương pháp đặc biệt để quan sát chúng [1]. Dòng lưu chất có thể được trực quan hóa bằng ba phương pháp: trực quan hóa dòng chảy bề mặt, phương pháp đánh dấu hạt và các phương pháp quang học. Hình ảnh hóa dòng chảy bề mặt cho thấy

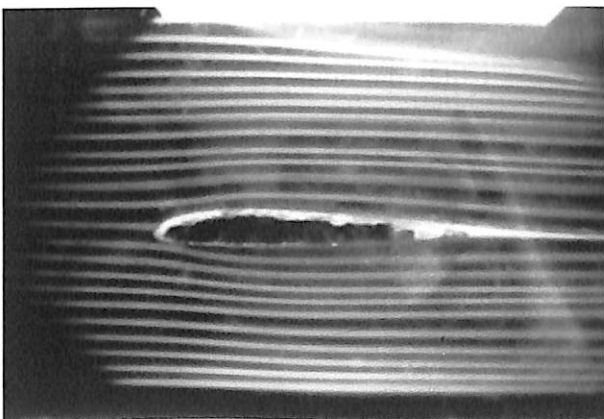
dòng chảy dưới dạng tiếp cận ở bề mặt. Dầu màu bôi lên bề mặt mô hình là một ví dụ. Dầu tương tác với dòng chảy qua vật thể và hình thành hình ảnh động thái dòng chảy trên bề mặt vật thể. Phương pháp tạo khói bổ sung các phân tử khói vào dòng chảy để theo dõi chuyển động của lưu chất [1]. Hoặc có thể chiếu sáng một mặt phẳng các phân tử hạt bổ sung trong dòng chảy bằng ánh sáng (ví dụ laser) để quan sát và ước lượng vận tốc chuyển động của dòng chảy.

Việc quan sát chuyển động của lưu chất

sử dụng hạt là khói trong ống khí động đã được thực hiện từ nhiều năm để quan sát dòng chảy qua mô hình thiết kế, sử dụng nhiều ở các cơ quan nghiên cứu về khí động học trong thiết kế xe, hàng không, vũ trụ... [2]. Ống khí động có hai loại là ống khí động kín và ống khí động hở. Ở nghiên cứu này, nhóm tác giả thiết kế chế tạo ống khí động kín dạng hở có buồng thử kín. Trong đó, không khí đầu tiên được hút qua một lớp tổ ong để nắn dòng, tiếp theo là một ống hội tụ để tăng tốc độ dòng khí nhằm đạt được tốc độ mong muốn trong buồng thử, cuối cùng không khí thoát ra bên ngoài qua ống giảm tốc hình côn loe như trong Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý ống khí động [1]



Hình 2. Trực quan hóa dòng chảy không khí khi đi qua vật mẫu bên trong hầm gió [2]

Khí động học nghiên cứu chuyển động của không khí, đặc biệt là nghiên cứu sự tương tác của không khí với vật thể chuyển động. Hiểu chuyển động của không khí xung quanh vật thể cho phép tính toán các lực và mô men tác dụng lên chúng. Các thuộc tính của dòng chảy bao gồm vận tốc, áp suất, khối lượng riêng và nhiệt độ phụ thuộc vào cả không gian và thời gian.

2. THIẾT KẾ

Mục tiêu của nghiên cứu là thiết kế ống khí động tốc độ 17 m/s, dạng hở buồng thử kín phục vụ đào tạo sinh viên đại học thực hiện các khảo sát thực nghiệm, trực quan hóa dòng lưu chất khi đi qua các mô hình thu nhỏ. Ống khí động sau đó được kiểm chứng bằng hệ thống tạo khói hình trụ với nhiều lỗ phun khói ngay trước buồng thử của ống khí động theo nguyên lý áp suất âm. Yêu cầu đối với đặc tính của khói là không ăn mòn, không độc hại, có mùi dễ chịu và dày đặc nhất có thể.

Ống khí động bao gồm năm thành phần chính là lớp tổ ong nắn dòng, ống hội tụ để tăng tốc, buồng thử để thử nghiệm, ống loe phân kỳ để giảm tốc và phần truyền động tạo ra năng lượng cho ống (quạt gió) [3-5].

Lựa chọn quạt gió:

Với mục tiêu thiết kế chế tạo ống khí động buồng thử kín có tốc độ không khí tối đa 17 m/s phục vụ đào tạo sinh viên, ta lựa chọn quạt gió có các thông số:

Bảng 1. Thông số quạt hút:

Đường kính cánh (m)	Chiều rộng vỏ (m)	Chiều dài vỏ (m)	Lưu lượng max (m ³ /s)
0.31	0.4	0.4	0.25

Thiết kế phần thử nghiệm:

Phương trình liên tục được áp dụng để tính toán dòng chảy trong ống khí động tốc độ thấp:

$$Q = A.v \tag{1}$$

Với: Q – Lưu lượng dòng khí (m³/s);

A – Diện tích mặt cắt ngang phần thử nghiệm (m²);

v – Vận tốc dòng khí trong phần thử nghiệm (m/s).

Với vận tốc mong muốn v = 17 m/s, ta tính được diện tích mặt cắt ngang của buồng thử:

$$A_m = \frac{Q}{v} = \frac{0,25}{17} = 0,0147 \text{ (M}^2\text{)} \tag{2}$$

Với buồng thử mặt cắt hình vuông, kích thước buồng thử là:

$$H_m = \sqrt{A_m} = \sqrt{0,0147} = 0,12 \text{ (M)} \tag{3}$$

Chiều dài của buồng thử được tính sao cho dòng chảy phát triển ổn định trong buồng thử. Với tỷ lệ chiều dài/đường kính thủy lực đảm bảo nằm trong khoảng 3 đến 5 lần [6], ta có:

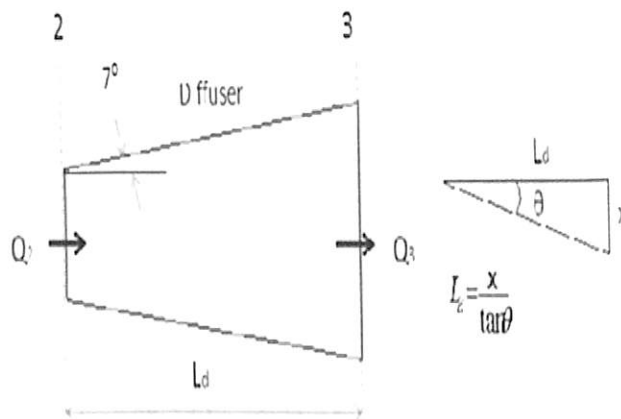
$$L = (3 \div 5) \times D_m = (3 \div 5) \cdot \frac{2.H_{m2}^2}{2.H_{m2}} \tag{4}$$

$$= (3 \div 5) \cdot 0,12 = 0,36 \div 0,6 \text{ (m)}$$

Như vậy, ta chọn L = 0,45 (m).

Thiết kế buồng giảm tốc:

Theo Barlow, ống loe giảm tốc có góc khoảng 10-14 độ để tránh hiện tượng tách dòng [5]. Ở đây, ta chọn góc 14 độ để giảm chiều dài buồng. Chiều dài buồng được tính toán theo hình học:



Hình 3. Sơ đồ tính buồng giảm tốc

Chiều dài buồng giảm tốc:

$$L_{kt} = \frac{x}{\tan \theta} = \frac{(D_q - H_m)}{\tan 7^\circ} = \frac{(0,31 - 0,12) / 2}{\tan 7^\circ} = 0,77 \text{ (m)} \tag{5}$$

Với: D_q là cạnh mặt cắt hình vuông buồng giảm tốc phía lớn hơn lấy bằng với đường kính quạt.

Thiết kế buồng tăng tốc:

Tỷ lệ co từ 6 đến 9 lần về diện tích mặt cắt thường được sử dụng cho ống khí động loại

nhỏ [3]. Nguyên lý của buồng tăng tốc là lấy một khối lượng lớn không khí và thu lại diện tích nhỏ để đạt mật độ dòng cao hơn [4].

Ở đây, chọn tỷ số co là 6, ta có:

$$A_T = 6.A_m = 6.(0,12.0,12) = 0,08 \text{ (m}^2\text{)} \quad (6)$$

$$H_c = \sqrt{A_c} = \sqrt{0,08} = 0,3 \text{ (m)} \quad (7)$$

Chiều dài của hình nón co bằng một nửa cạnh co đầu vào:

$$L_c = 0,5.H_c = 0,5.0,3 = 0,15 \text{ (m)} \quad (8)$$

Thiết kế buồng nắn dòng hình tổ ong:

Mục đích của buồng lắng là nắn thẳng dòng không khí từ môi trường xung quanh đi vào trong ống khí động [4]. Cách xử lý là chế tạo các ống dẫn song song xếp xít nhau như hình thù một tổ ong và được đặt theo chiều dọc của ống khí động. Do đó, nó cho phép không khí chỉ đi vào theo một hướng, hình thành dòng đồng nhất.

Theo Prandtl, thông số phục vụ thiết kế tổ ong là tỷ số chiều dài L_h trên đường kính thủy lực D_h của ống tổ ong [5]. Tỷ số này nằm trong khoảng 6-8 và cần thiết lập 150 ống dẫn trên mỗi cạnh vuông của buồng lắng để tổng số ô ở lõi vào sẽ là khoảng hơn 22000 [3]. Căn cứ vào yêu cầu đó và chiều dài buồng lắng, ta tính toán chiều dài dòng chảy L_h và đường kính thủy lực D_h như sau:

$$D_h = \frac{300}{150} = 2 \text{ (mm)} \quad (9)$$

$$L_h = 6.2 = 12 \text{ (mm)} \quad (10)$$

Tuy nhiên, loại ống có kích thước như

thế này khá đắt đỏ khi chế tạo, ta chọn mua ống có sẵn trên thị trường với đường kính 5 mm, chiều dài khi đó sẽ là 30 mm.

Máy tạo khói:

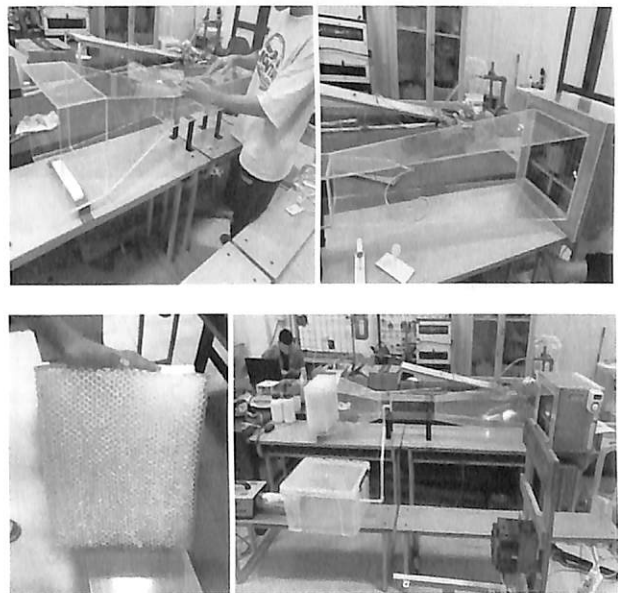
Thành phần này để tạo ra khói trắng dày đặc đưa vào ống khí động tại phần thử nghiệm. Đặc tính của khói như trọng lượng riêng... sẽ ảnh hưởng lớn đến thí nghiệm.

3. KẾT QUẢ CHẾ TẠO VÀ THỬ NGHIỆM MÔ HÌNH

3.1. Chế tạo

Vật liệu:

Có thể gia công chế tạo ống khí động này bằng nhiều loại vật liệu khác nhau như thép cán mỏng, nhựa, mica... Nghiên cứu này chế tạo nó bằng vật liệu mica nhằm mục đích tiết kiệm chi phí, dễ gia công, thuận tiện quan sát cấu trúc dòng chảy.



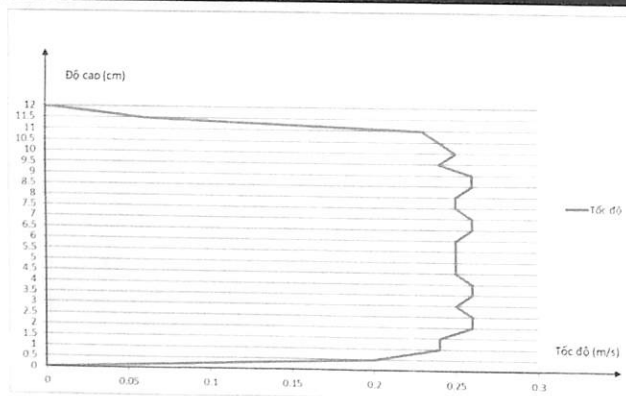
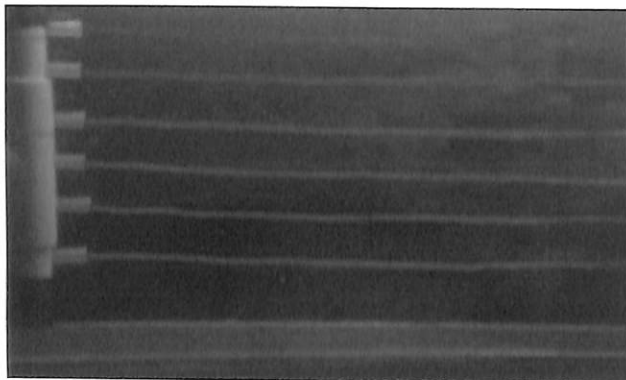
Hình 4. Các hình ảnh trong quá trình chế tạo ống khí động

3.2. Thử nghiệm mô hình

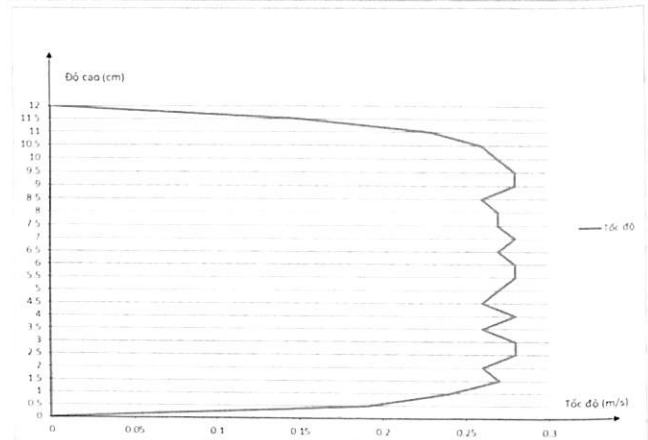
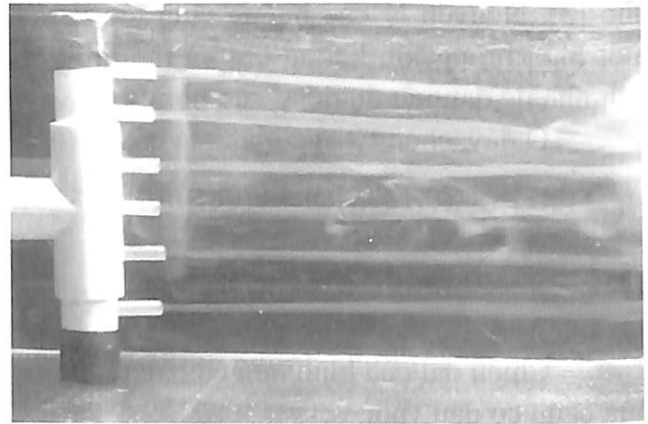
Để kiểm tra độ kín và dòng chảy trong ống khí động bằng phương pháp tạo khói và cảm biến vận tốc, các bước vận hành được xác lập như sau:

- Chuẩn bị khói bằng máy tạo khói;
- Đảm bảo độ kín của hầm gió;
- Vận hành quạt với các tốc độ khác nhau khi không mô hình và có mô hình trong buồng thử. Quạt điều khiển tốc độ hay lưu lượng bằng biến tần;
- Mở van khói để nhả khói vào phần thử nghiệm thông qua ống dò;
- Chụp ảnh luồng không khí có khói trong phần thử nghiệm bằng camera tốc độ cao;
- Đo vận tốc trong buồng thử.

Các kết quả:



Hình 5. Hình ảnh và cấu hình vận tốc dòng chảy không khí trong phần thử nghiệm ở lưu lượng 0,003168 m³/s, vận tốc 0,22 m/s



Hình 6. Hình ảnh và cấu hình vận tốc dòng chảy không khí trong phần thử nghiệm ở lưu lượng 0,003456 m³/s, vận tốc 0,24 m/s

Hình ảnh quan sát bằng camera trên Hình 5, 6 cho thấy đường dòng trong buồng thử khá đồng nhất. Các đồ thị cho thấy vận tốc không khí trong buồng thử có dạng parabol bẹt với sai số khoảng 6%. Như vậy, có thể xem như dòng chảy là đồng nhất (các thông số vận tốc, áp suất và mật độ không khí phân bố tương đối đều trên một mặt cắt).

4. KẾT LUẬN

Từ các kết quả trên, ta thấy sản phẩm ống khí động thiết kế chế tạo đạt các tiêu chí:

- Tạo ra môi trường dòng chảy không khí đồng nhất;

-Có thể dễ dàng quan sát dòng chảy trong phần thử nghiệm bằng camera;

-Dễ dàng đo đạc thông số động học và đưa các vật mẫu vào phần thử nghiệm;

-Có độ kín khít nhất định đạt yêu cầu của buồng thử kín.

Từ đây, ống khí động này có thể sử dụng để quan sát cấu hình dòng chảy không khí khi đi qua vật mẫu, khảo sát các mô hình thu nhỏ phục vụ đào tạo sinh viên đại học.

Nhóm tác giả xin được cảm ơn chân thành và sâu sắc Trường Đại học Thủy lợi đã phê duyệt đề tài cấp cơ sở và đã tạo mọi điều kiện cho chúng tôi hoàn thành đề tài này. ❖

Ngày nhận bài: **07/11/2021**

Ngày phản biện: **16/11/2021**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Smits A. J and Lim T.T, (2000), Flow Visualization: Techniques and Examples, Imperial College Press.
- [2]. Dr. Matthew O. Ward, Flow Visualization, http://www.wpi.org/Flow_Visualization.htm, 25 July 2008.
- [3]. Mehta and Bradshaw, (1979), Design Rules for Small Low Speed Wind Tunnel, Aeronautical Journal.
- [4]. Chi-fu Wu and Jessie William, (2005), Design, Construction and Testing an Educational Subsonic Wind Tunnel, Savannah State University.
- [5]. Barlow, Jewl, William Rae and Alan Pope. Low Speed Wind Tunnel Testing, 3rd Edition. New York. 1999.
- [6]. Introducing the KEYENCE FD-M Series Flow Sensor.

