

# NGHIÊN CỨU DÒNG KHÍ VÀ HẠT MÀI THỎI QUA VÒI PHUN LAVAL

● PHẠM CHÍ HÙNG - PHAN VĨNH LỘC - NGUYỄN TƯỜNG LONG

## TÓM TẮT:

Bài viết nghiên cứu giải pháp làm sạch bề mặt bằng phương pháp phun hạt mài khô dưới áp lực của khí nén. Trong bài viết sử dụng mô hình dòng khí và hạt mài lưu động qua vòi phun biên dạng Laval để đánh giá hiệu suất gia tốc hạt mài có hình cầu bằng phương pháp thể tích hữu hạn và phương pháp động lực học lưu chất từ phần mềm ANSYS/ FLUENT. Các kết quả tính toán được chuyển giao trong giới kỹ nghệ để chế tạo và thử nghiệm các thiết bị phun hạt mài để kiểm tra năng suất làm sạch bề mặt và điều kiện làm việc đối với vật liệu hạt mài.

**Từ khóa:** dòng khí, hạt mài, vòi phun Laval.

## 1. Đặt vấn đề

Công nghệ phun hạt mài bằng vòi phun có biên dạng Laval được phát triển và áp dụng ở các quốc gia phát triển như Mỹ, Nhật Bản... Tại Việt Nam, đề tài này còn ít nghiên cứu. Phương pháp phun hạt mài giúp làm sạch bề mặt (nếu chỉ phun khí), loại bỏ lớp rỉ sét trên bề mặt (có thêm hạt mài). Nhờ đó việc chống ăn mòn vật liệu trong các ngành xây dựng hay đóng tàu được tăng cao.

Có nhiều cách để làm sạch bề mặt vật liệu: làm sạch bằng thủ công, bắn hạt, bắn nước, hóa chất... Nhưng các nhà quản lý thường lựa chọn phương pháp bắn hạt mài, vì đáp ứng được tiêu chí nhanh, tiện dụng.

Tính hiệu quả đó là do sử dụng vòi phun hạt mài với áp suất cao được miêu tả trong M.Sevey [8]. Trong G.S. Settles [1], giới thiệu ống phun hạt mài dựa trên biên dạng #7 long-venturi (Laval nozzle)

từ sáng chế số 5975996 và các thí nghiệm, tính toán trên mô hình một chiều, với điều kiện vận tốc và áp lực dòng khí từ [2], cùng với mô hình một hạt mài bay trong ống, các kết quả rút ra từ [1] nhằm tối ưu hóa thiết kế và đưa ra một biên dạng khác cho vòi phun, nhưng các điều kiện biên không đa dạng và mô hình còn sơ sài.

## 2. Mô hình bài toán

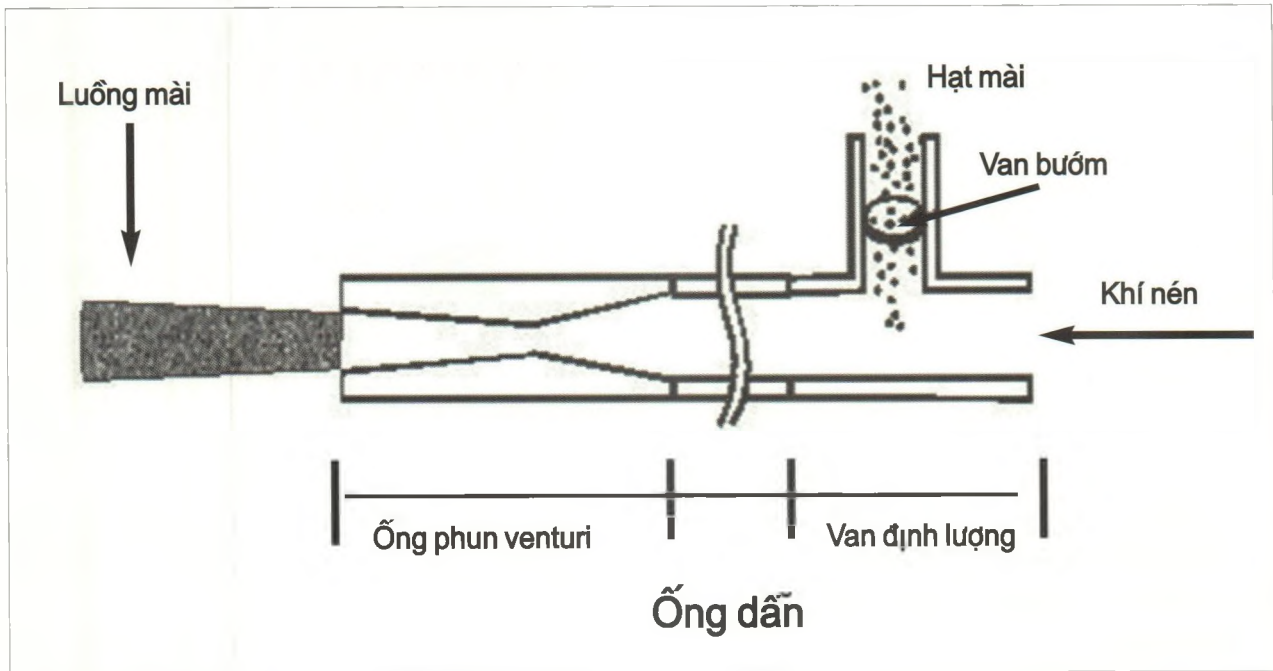
### 2.1. Quá trình làm việc của vòi phun

Vòi phun là một chi tiết đầu ra trong thiết bị phun hạt mài, có nhiệm vụ hội tụ dòng lưu chất khí đi qua vùng cổ ống - nơi bị co hẹp đột ngột, nhưng với thiết bị phun hạt mài là tăng vận tốc cho dòng khí và gia tốc dòng hạt trước khi thổi ra khỏi miệng vòi như sơ đồ ở Hình 1 của đề tài [11].

### 2.2. Biên dạng của vòi phun hạt mài

Trong [7], vòi phun thường dùng trong phun hạt mài có 5 dạng phổ biến: ống thẳng, dạng

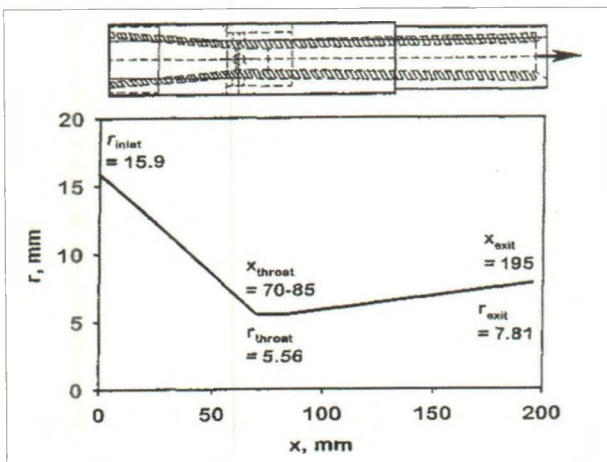
Hình 1: Vòi phun và luồng hạt mài



Venturi cổ điển (biên dạng Laval), Venturi kép, ống áp cao, ống cao tốc. Trong bài báo [1], Gary giới thiệu một biên dạng tối ưu hóa theo sáng chế của G.D.Albert năm 1955 [8], có biên dạng Venturi cổ điển với các thông số kích thước cụ thể để mô phỏng dòng khí, nhưng không mô phỏng hạt bay như thí nghiệm của Gary.

Hai biên dạng vòi phun Venturi đảm bảo đúng nguyên lý của vòi Laval, gồm 3 phần: phần hội tụ, phần cổ ống và phần phân kỳ như trên Hình 2.

Hình 2: Vòi phun Venturi cổ điển



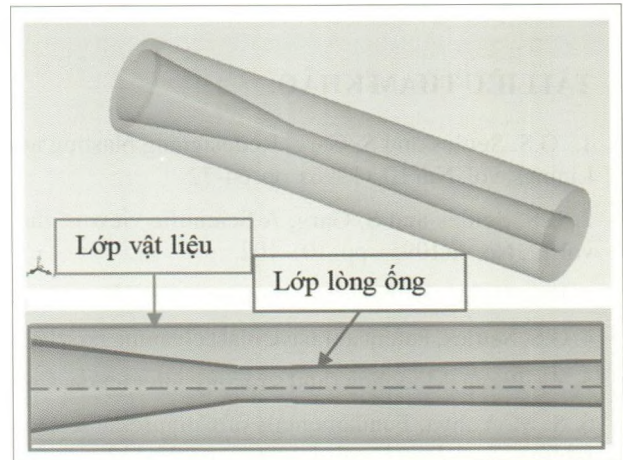
### 3. Dòng khí nén qua vòi phun

#### 3.1. Mô hình mô phỏng

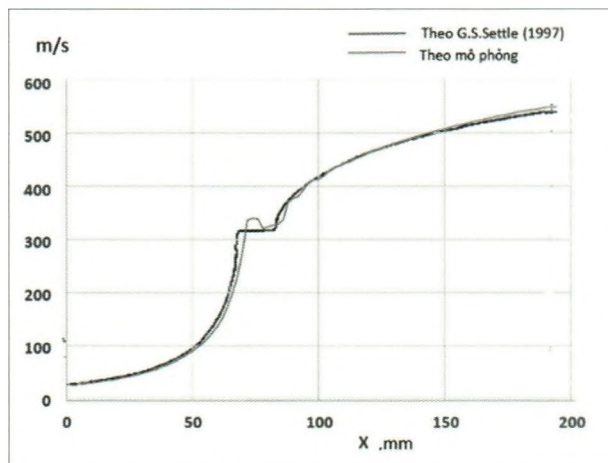
Điều kiện biên đầu vào là áp lực dòng không khí đối với ống là vào 100 psi (0.689 Mpa), với lưu lượng là 0.18 kg/s tại nhiệt độ 300 K (270C), áp suất khí quyển  $p_0=101325$  Pa.

Từ ba biên dạng của vòi phun, mô hình hóa trong bài toán theo phương pháp thể tích hữu hạn trong mô phỏng của Fluent ta chỉ cần mô hình phần tiết diện của lớp lòng ống như Hình 3 và Hình 4.

Hình 3: Vòi phun hạt mài Venturi



Hình 4.: Vận tốc dòng khí



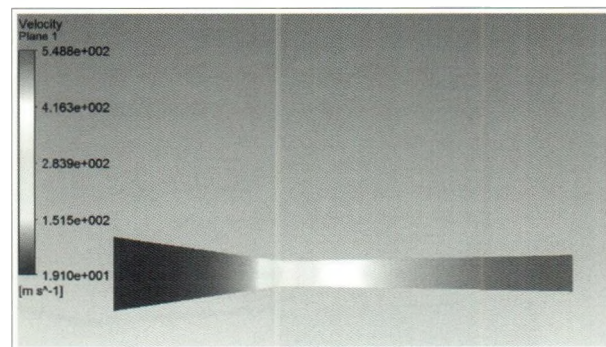
### 3.2. Kết quả

Kết quả đạt được của vận tốc dòng khí và phân bố vận tốc trong lòng ống (Hình 4, Hình 5)

### 4. Kết luận

Như vậy, bài viết đã trình bày 3 vấn đề của dòng khí và hạt mài khi đi qua vòi phun có biên dạng Laval. Từ các kết quả mô phỏng và so sánh với kết quả của G.S. Settle ta nhận thấy có thể dùng phương

Hình 5: Phân bố vận tốc trong lòng ống



pháp thể tích hữu hạn thông qua phần mềm ANSYS/FLUENT để nghiên cứu dòng khí qua vòi phun hạt mài.

Việc sử dụng mô hình dòng khí thổi ra khỏi ống có thể dùng để xác định khoảng cách hiệu quả cho việc phun hạt mài.

Tính toán bằng phương pháp FSI có thể giúp kiểm tra độ bền của vòi phun với nhiều loại vật liệu.

Các hiện tượng như đột biến nén, hay trường hợp vòi phun có làm việc đúng với áp suất thiết kế có thể được dự đoán qua mô hình hóa ■

### Lời cảm ơn:

❖ *Bản quyền phần mềm AutoCAD2020 và Inventor2020 được hỗ trợ bởi Công ty TNHH ONECAD VIET NAM.*

❖ *Bản quyền phần mềm ANSYS Release 17.2 Academic Research được hỗ trợ bởi Trường Đại học Bách khoa - ĐHQG TP. Hồ Chí Minh.*

❖ *Cảm ơn ông Trần Đức Đạt - Nguyên Giám đốc Trung tâm Nghiên cứu và Chuyển giao công nghệ (RTTC), Sở Khoa học và Công nghệ TP. Hồ Chí Minh và Nhà Sáng chế Đỗ Hữu Nghĩa.*

### TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. G.S. Settles and S. Garg, Redesigning blasting nozzles to improve productivity, J. of Protective Coatings and Linings, vol. No. 10, (1996), pp. 64-72.
2. G.S. Settles and S. Garg, A Scientific view of the productivity of abrasive blasting nozzles, Research News, vol.12, No. 4,(1995), pp. 101-102.
3. Béla G. Lipták, Flow measurement, CRC Press, vol.27, (1993), pp. 172-180.
4. G.S. Settles, Patent abrasive blast cleaning nozzle, US 5975996 A, (1999).
5. Yy. Perng, Modeling fluid structure interaction, Company literature ANSYS Inc., (2011).
6. S. M. Yahya, Fundamentals of Compressible Flow: SI Units with Aircraft and Rocket Propulsion, New Age International, Part 1, vol. 4, (2003), pp.91-112



7. Suction abrasive blast tool, Company literature, CLEMCO, Washington, (1994).
8. M. Seavey, Abrasive blasting above 100 psi, J. of Protective Coatings and Linings, (1985), pp. 26-37.
9. Frank E. M, Nozzle Contours for Minimum Particle-Lag Loss, AIAA Journal, vol.1, No.12, (1963), pp. 2793-2801.
10. Balasubramanyam. S, M.K and S W, Simulation of flow through supersonic cruise nozzle, Thermal & Fluids Analysis Workshop TFAWS 2011, (August 15-19 2011).
11. Nguyễn Hữu Nghĩa, Đặng Hữu Thọ, đề tài khoa học “Hoàn thiện hệ thống phun hạt mài lưu tốc cao”, (2014).

**Ngày nhận bài: 20/8/2024**

**Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 5/9/2024**

**Ngày chấp nhận đăng bài: 25/9/2024**

*Thông tin tác giả:*

**1. PHẠM CHÍ HÙNG<sup>1</sup>**

**2. ThS. PHAN VĨNH LỘC<sup>1</sup>**

**3. TS. NGUYỄN TƯỜNG LONG<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Trường Đại học Bách khoa - ĐHQG TP. Hồ Chí Minh

## A STUDY OF AIR FLOW AND ABRASIVE PARTICLES BLOWN THROUGH THE LAVAL NOZZLE

● **PHAM CHI HUNG<sup>1</sup>**

● Master. **PHAN VINH LOC<sup>1</sup>**

● Ph.D **NGUYEN TUONG LONG<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Ho Chi Minh City University of Technology,  
Vietnam National University - Ho Chi Minh City

### **ABSTRACT:**

This study investigated the efficacy of dry abrasive blasting under compressed air pressure for surface cleaning applications. A computational fluid dynamics (CFD) model is employed to simulate the air flow and acceleration of spherical abrasive particles through a Laval nozzle using ANSYS/FLUENT. The finite volume method is utilized to analyze particle dynamics and optimize acceleration efficiency. The findings from this simulation are then applied to the industrial development and testing of abrasive blasting equipment, assessing both surface cleaning capacity and operational conditions for various abrasive materials.

**Keywords:** air flow, abrasive, Laval nozzle.