

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP.HCM**

**HỒ NGỌC THẾ QUANG**

**NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP GIẢM RUNG TÍCH CỰC  
BẰNG NGOẠI LỰC CƯỠNG BỨC  
TRONG QUÁ TRÌNH TIỆN**

Chuyên ngành: Kỹ thuật cơ khí  
Mã số chuyên ngành: 92520103

**TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ**

**TP. HỒ CHÍ MINH – NĂM 2023**

Công trình được hoàn thành tại **Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật  
Tp.HCM**

Người hướng dẫn khoa học 1: PGS. TS. ĐỖ THÀNH TRUNG

Người hướng dẫn khoa học 2: GS.TS. NGUYỄN XUÂN HÙNG

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Phản biện 3:

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng đánh giá luận án Cấp Cơ sở học tại  
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp.HCM vào ngày      tháng      năm

## DANH MỤC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

1. The Ho, Q.N.; Do, T.T.; Son Minh, P. Studying the Factors Affecting Tool Vibration and Surface Quality during Turning through 3D Cutting Simulation and Machine Learning Model. *Micromachines* 2023, 14, 1025. <https://doi.org/10.3390/mi14051025> (Q2)
2. The Ho, Q.N.; Do, T.T.; Minh, P.S.; Nguyen, V.-T.; Nguyen, V.T.T. Turning Chatter Detection Using a Multi-Input Convolutional Neural Network via Image and Sound Signal. *Machines* 2023, 11, 644. <https://doi.org/10.3390/machines11060644> (SCIE - Q2)..
3. Quang Ngoc The Ho, Thanh Trung Do. Effects of Workpiece Surface and Cutting Parameters on the Finished Surface Quality in Turning Based on Finite Element Method. *Journal Of Technical Education Science\_ JTE* 2023 (chấp nhận đăng số 79/2023).
4. Quang Ngoc The Ho, Pham Son Minh, Thanh Trung Do. A Study on Machine Learning Application by Convolutional Neural Network Model Classifying Audio to Identify Vibration Phenomenon in the Turning Process. *International Conference on System Science and Engineering \_ ICSSE\_2023* (chấp nhận).
5. Quang Ngoc The Ho, Pham Son Minh, Thanh Trung Do. Effect of toolholder stiffness on the product surface roughness in turning process by using simulation method. *International Conference on Material Science and Engineering Technology 2022 \_ ICMSET 2022* (chấp nhận đăng tạp chí SPIE).
6. Ho Ngoc The Quang, Pham Son Minh, Nguyen Van Son, Ho Ngoc Khuyen, Bui Thanh Thuan, Tran Vu Dinh Son. Study on the damping effect of compliant structure on the milling tool holder. *The Third International Conference on Material, Machines, and Methods for Sustainable Development\_MMMS\_2022*.
7. Phạm Sơn Minh, Đỗ Thành Trung, Lâm Thanh Bình, Hồ Ngọc Thế Quang. Ảnh hưởng của vận tốc cắt đến độ nhám bề mặt trong quy trình tiện ren bằng cán dao giảm chấn. *Tạp Chí Cơ Khí Việt Nam Số 4 – 2016*.
8. Nguyễn Ngọc Phương, Phạm Sơn Minh, Nguyễn Văn Toàn, Hồ Ngọc Thế Quang. Ảnh hưởng của cán dao giảm chấn đến độ bóng bề mặt của quá trình phay mặt phẳng. *Tạp Chí Cơ Khí Việt Nam Số 4 – 2016*.
9. Phạm Sơn Minh, Đỗ Thành Trung, Hồ Ngọc Thế Quang, Phan Thế Nhân, Nguyễn Thanh Giang, Bùi Thế Phong. Ảnh hưởng của độ cứng cán dao tiện đến chất lượng bề mặt tiện trụ. *Tạp Chí Cơ Khí Việt Nam Số 9 – 2016*.

## MỞ ĐẦU

### 1. Lý do chọn đề tài

Tiện là một trong những phương pháp gia công phổ biến nhất, được sử dụng rộng rãi để sản xuất nhiều loại sản phẩm khác nhau. Vấn đề lớn nhất hiện nay là rung động khi thực tiện.

Trong tất cả các nhà máy và đơn vị gia công sản xuất và sản phẩm hiện nay, luôn đòi hỏi việc nâng cao năng suất và chất lượng sản phẩm. Các nhà sản xuất luôn muốn chọn thông số công nghệ cắt gọt: tốc độ cắt nhanh hơn, chiều sâu cắt lớn hơn... để giảm chi phí sản xuất, tạo lợi thế cạnh tranh. Nhưng rào cản lớn nhất hiện nay là rung động khi thực hiện và họ không thể thực hiện việc này.

Chính vì vậy, luận án “Nghiên Cứu Phương Pháp Giảm Rung Tích Cực Bằng Ngoại Lực Cường Bức Trong Quá Trình Tiện” là rất cần thiết. Kết quả nghiên cứu của luận án là cơ sở khoa học, tài liệu tham khảo phục vụ công tác đào tạo và nghiên cứu khoa học tại các trường kỹ thuật nói chung trong ngành cơ khí, đặc biệt là trong lĩnh vực gia công cơ khí. Ngoài ra, kết quả nghiên cứu còn hướng đến chuyển giao công nghệ cho các đơn vị trong lĩnh vực sản xuất sản phẩm cơ khí bằng phương pháp tiện, Kết quả nghiên cứu có thể áp dụng ở các công ty hạn chế về đầu tư máy đắt tiền như nói trên để tạo lợi thế cạnh tranh. Đặc biệt kết quả nghiên cứu sẽ hữu ích đối cho các đơn vị sản xuất sản phẩm dạng trụ dài đường kính nhỏ, các chi tiết dạng thành mỏng và các chi tiết dạng lỗ có đường kính nhỏ sâu vì các chi tiết này rất dễ bị rung động.

### 2. Mục tiêu nghiên cứu

Nghiên cứu đặc tính cơ học và các yếu tố ảnh hưởng đến hiện tượng rung động trong khi tiện. Từ đó đề ra các giải pháp nhận diện, phát hiện và hạn chế hay loại bỏ rung động này, cụ thể giảm rung động trong trường hợp tiện lỗ bằng phương pháp dùng ngoại lực từ cường bức. Mục đích nghiên cứu nhằm nâng cao chất lượng sản phẩm khi gia công tiện.

### 3. Nội dung nghiên cứu

Nghiên cứu tổng quan và cơ sở lý thuyết các vấn đề liên quan đến quá trình cắt gọt kim loại, quá trình rung động của hệ thống công nghệ máy, dao, đồ gá. Thiết lập các mô hình mô phỏng, các mô hình thí nghiệm để khảo sát đặc tính của hiện tượng rung động, các yếu tố ảnh hưởng rung động cũng như mô hình để thu thập dữ liệu, xử lý dữ liệu để phát hiện, hạn chế hay loại bỏ rung động. Nghiên cứu phương pháp nhận diện phát hiện ra rung động từ các dữ liệu thu thập được như hình ảnh, âm thanh, lực, gia tốc.

Nghiên cứu ảnh hưởng của lực từ trường tác động lên đặc tính rung động của cán dao và chất lượng bề mặt chi tiết gia công với mô hình luynet từ trường.

### 4. Phạm vi nghiên cứu và giới hạn đề tài

Chỉ tiêu đánh giá đặc tính rung động của dao cắt thông qua độ thay đổi lực cắt và gia tốc rung động theo phương cắt chính.

- Mô hình tiện lỗ với vật liệu nhôm Al 6061
- Mô hình tiện mặt bích thành mỏng vật liệu SS400.

### **5. Phương pháp nghiên cứu**

Mô phỏng, phương pháp học máy, thực nghiệm, thu thập và phân tích dữ liệu khảo sát ảnh hưởng của lực từ trường đến đặc tính rung động và chất lượng bề mặt chi tiết thành phẩm.

### **6. Ý nghĩa khoa học**

Mô phỏng quá trình cắt gọt với các yếu tố công nghệ khác nhau dẫn đến khảo sát được các yếu tố tác động lên quá trình thời gian nhanh với chi phí thấp so với làm thực nghiệm.

Áp dụng các công cụ thông minh trí tuệ nhân tạo để phát hiện, giải mã các quy luật các cơ chế hiện tượng rung động phi tuyến phức tạp trong gia công.

Bằng cách thay đổi thông số hệ cơ học, lực tác động cưỡng bức bên ngoài làm thay đổi đặc tính rung động của hệ rung động.

### **7. Giá trị thực tiễn**

Từ kết quả nghiên cứu, việc hiểu rõ quy luật hoạt động, cơ chế ảnh hưởng của các thông số đến hiện tượng rung động, bằng phương pháp máy học có thể chế tạo các thiết bị phát hiện rung động và học dự đoán được quy luật rung động của hệ thống để hiểu rõ đặc trưng rung động của hệ thống hiện có. Với kết quả của việc nghiên cứu tác động của lực từ trường và chế tạo thành công bộ luynet từ trường được cấp bằng giải pháp hữu ích và có thể áp dụng vào công nghiệp.

### **8. Cấu trúc của luận án**

Mở đầu, Chương 1: Tổng quan, Chương 2: Cơ sở lý thuyết, Chương 3: Thiết lập mô hình nghiên cứu, Chương 4: Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến đặc tính rung động, Chương 5: Ứng dụng học máy để nhận diện và dự đoán rung động, Chương 6: Nghiên cứu giảm rung tích cực bằng ngoại lực cưỡng bức, Kết luận và kiến nghị

## **CHƯƠNG 1 TỔNG QUAN**

### **1.1. Giới thiệu công nghệ gia công tiện**

Tiện là phương pháp gia công cắt gọt thông dụng nhất, nó tạo nên bề mặt gia công nhờ hai chuyển động gọi là chuyển động tạo hình: chuyển động quay tròn của chi tiết và di chuyển thẳng của dao.

### **1.2. Các dạng rung động và mất ổn định trong gia công tiện**

#### **1.2.1 Rung động cưỡng bức**

Là rung động xuất hiện khi một ngoại lực kích thích động lực học tác động vào cấu trúc của hệ thống công nghệ mà nguyên nhân có thể là:

#### **1.2.2 Rung động riêng**

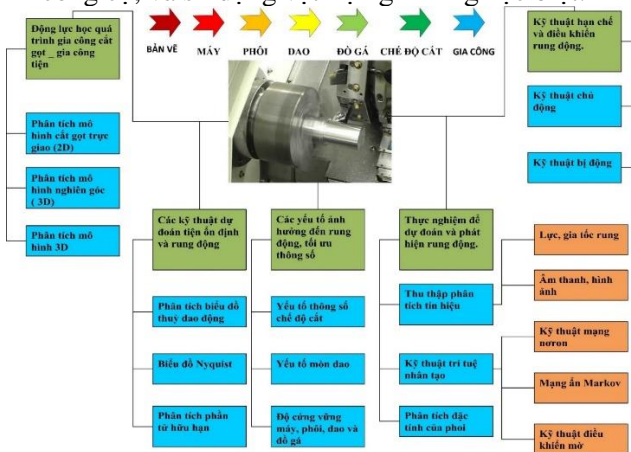
Rung động riêng của hệ thống công nghệ là rung động phát sinh do sự va đập, chẳng hạn như khi đóng li hợp, khi dụng cụ bắt đầu vào cắt.

#### **1.2.3 Tự rung**

Tự rung là rung động phát sinh và tồn tại cùng với quá trình cắt. Tự rung phát sinh không phải do ngoại lực kích thích gây ra mà là do tự thân quá trình cắt.

### 1.3. Tình hình nghiên cứu ngoài nước

Tình hình nghiên cứu về rung động trong quá trình tiện trên thế giới đang nhận được sự quan tâm rất lớn từ cộng đồng nghiên cứu và ngành công nghiệp gia công. Rung động trong quá trình tiện là một vấn đề phức tạp và có thể ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng gia công và hiệu suất sản xuất. Vì vậy, nhiều nhà nghiên cứu và tổ chức nghiên cứu đang tìm hiểu và phát triển các phương pháp và công nghệ để phòng ngừa hoặc kiểm soát rung động trong quá trình tiện. Các nghiên cứu về rung động trong quá trình tiện trên thế giới tập trung vào nhiều khía cạnh khác nhau (hình 1.1). Một số nghiên cứu tập trung vào việc phân tích và hiểu cơ chế rung động, bao gồm tác động của thông số cắt, hình học công cụ, độ cứng vật liệu, và các yếu tố khác đến sự phát sinh của rung động. Các phương pháp mô phỏng và mô hình hóa cũng được sử dụng để nghiên cứu và dự đoán rung động. Nghiên cứu cũng tập trung vào việc phát triển các công cụ và hệ thống giám sát rung động để theo dõi và phát hiện rung động. Các công nghệ như cảm biến âm thanh, cảm biến gia tốc, và hệ thống giám sát tự động được sử dụng để thu thập dữ liệu và phân tích tín hiệu để xác định sự phát sinh của rung động. Ngoài ra, các nghiên cứu còn tìm hiểu về các phương pháp kiểm soát rung động nhằm giảm thiểu tác động của rung động đến quá trình tiện. Các phương pháp này có thể bao gồm sử dụng hệ thống điều khiển tự động, tối ưu hóa tham số cắt, cải tiến thiết kế công cụ, và sử dụng vật liệu gia công đặc biệt.



Hình 1.1: Các hướng nghiên cứu về rung động trong gia công tiện

#### 1.3.1 Hướng nghiên cứu về lý thuyết và phân tích dự đoán rung động

#### 1.3.2 Hướng nghiên cứu về thực nghiệm dự đoán và xác định rung động

### 1.3.3 Hướng nghiên cứu các kỹ thuật và giải pháp hạn chế và loại bỏ rung động

#### 1.4. Tình hình nghiên cứu trong nước

Những năm gần đây có khá nhiều công trình nghiên cứu và các đề tài nghiên cứu về quá trình rung động trong cắt gọt kim loại. Các công trình điển hình như: “Tự rung và mất ổn định quá trình cắt kim loại” của PGS. TS Nguyễn Đăng Bình và TS. Dương Phúc Tý. Ở nghiên cứu này tác giả đã tổng hợp lại tất cả cơ sở lý thuyết và các khái niệm trong việc khảo sát quá trình rung khi cắt gọt kim loại. Đồng thời tác giả cũng đưa ra phương pháp khảo sát mới là khảo sát quá trình rung khi cắt kim loại theo hướng năng lượng.

Nguyễn Thị Lệ Hằng: Đại Học Kỹ Thuật Công Nghiệp – Đại Học Thái Nguyên – 2014: “Đánh Giá Ảnh Hưởng Của Rung Động Tích Cực Đến Tiện Cứng” Tác giả đã đưa ra mô hình lý thuyết của việc ảnh hưởng tích cực của rung động đến quá trình tiện cứng và đã làm mô hình thực nghiệm chứng minh. Cơ cấu tạo rung động trợ giúp cho nguyên công tiện cứng theo nguyên lý tạo rung động dựa trên nguyên lý rung siêu âm (tần số cao) đã được phân tích, lựa chọn thiết kế và chế tạo cũng như thực nghiệm tiện trên thép 9XC đã tôi.

#### 1.5. Vấn đề cần tiếp tục nghiên cứu

Qua các nghiên cứu như trên, các phương pháp dùng để giảm dao động chỉ tập trung vào các yếu tố bên trong mô hình dao động trong quá trình tiện: chế độ cắt gọt (lực tự sinh), xác định các thông số k, m, c và đối tượng tác động trực tiếp vào hệ thống công nghệ dao và phôi. Với các thông số cứng thì không thể áp dụng cho các mô hình thay đổi từng trường hợp trong quá trình sản xuất.

Mục tiêu thông qua phương pháp dùng lực tác động ngoài tác động cho hệ dao động đã có sẵn để hạn chế dao động của hệ, đề tài sẽ tập trung nghiên cứu các mục tiêu sau:

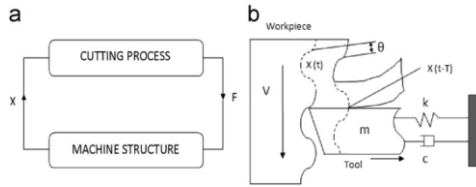
$$m\ddot{x}(t) + c\dot{x}(t) + kx(t) = P(t) + P'(t) \quad (1.1)$$

Xây dựng mô hình toán học, mô phỏng quá trình, chế tạo mô hình thực nghiệm quá trình tác động của lực bên ngoài  $P'(t)$  vào việc giảm rung động trong quá trình tiện.

## CHƯƠNG 2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT

### 2.1. Cơ học học cắt gọt, hiện tượng rung động

Mô hình hóa của hệ rung động dao tiện một bậc tự do thể hiện qua hình 2.1.



Hình 2.1: Sự tương tác giữa dao và quá trình cắt

Và phương trình đặc trưng của hệ dao động một bậc tự do như sau:

$$m\ddot{x}(t) + c\dot{x}(t) + kx(t) = P(t) \quad (2.1)$$

m: là khối lượng của hệ.

c: độ giảm chấn hệ.

k: độ cứng lò xo.

P(t) lực tự sinh do quá trình cắt gọt kim loại theo phương x với

$$P(t) = K_f b [x(t-T) - x(t)] \quad (2.2)$$

$K_f$ : Hệ số cắt theo phương ăn dao.

b: bề rộng lớp phoi (cũng là bề rộng cắt) (mm)

T: thời gian trễ giữa thời gian hiện tại và thời gian trước đó.

$[x(t - T) - x(t)]$ : sự thay đổi chiều dày phoi do dao rung động.

## 2.2. Phương pháp đánh giá chất lượng bề mặt gia công

Trong nghiên cứu này chỉ tiêu nhám bề mặt chi tiết  $R_a$  và  $R_z$  được dùng là một trong các chỉ tiêu quan trọng để đánh giá độ rung động trong quá trình tiện mô phỏng và thực nghiệm. Vì khi hệ thống rung động thì độ nhám bề mặt sẽ rất lớn, chất lượng bề mặt chi tiết gia công sẽ rất thấp.

## 2.3. Phương pháp mô phỏng quá trình tiện bằng FEM

Với công cụ toán học phương pháp số phần tử hữu hạn được ứng dụng rộng rãi trong việc giải phương trình vi phân trong những năm gần đây. Với các phần mềm mô phỏng cắt gọt như Third Wave AdvantEdge, Deform V11.0 vào ABAQUS, phương pháp phần tử hữu hạn được áp dụng để mô phỏng quá trình cắt gọt kim loại cũng như quá trình phân tích lực cắt, phân tích động học quá trình ngày càng phổ biến.

## 2.4. Lý thuyết Taguchi

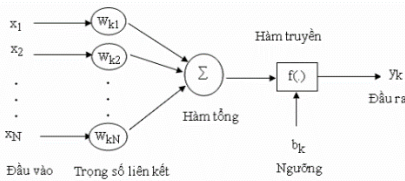
Phương pháp tối ưu hóa Taguchi, còn được gọi là thiết kế và cải tiến theo Taguchi, là một phương pháp được sử dụng để tối ưu hóa chất lượng sản phẩm và hiệu suất của quá trình. Phương pháp này tập trung vào việc cải thiện chất lượng của sản phẩm hoặc giảm thiểu ảnh hưởng các yếu tố không lường trước được đến quá trình.

## 2.5. Lý thuyết về mạng Noron



### 2.5.1. Mạng nơ-ron ANN

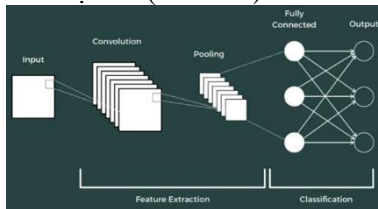
Mạng nơ-ron, còn được gọi là mạng nơ-ron nhân tạo (Artificial Neural Network - ANN), là một hệ thống tính toán được lấy cảm hứng từ cách hoạt động của não người. Nó là một mô hình toán học bao gồm một tập hợp các nút nơ-ron được kết nối với nhau theo một cấu trúc xác định. Mỗi nút nơ-ron trong mạng nơ-ron nhận đầu vào, thực hiện một phép tính dựa trên đầu vào đó, và sau đó truyền kết quả tính toán tới các nút nơ-ron khác trong mạng (hình 2.2). Các kết nối giữa các nút nơ-ron chứa các trọng số, đại diện cho sức mạnh của kết nối đó. Quá trình tính toán của mạng nơ-ron được điều chỉnh bởi các trọng số này.



Hình 2.2: Sơ đồ mạng nơ-ron cơ bản

### 2.5.2. Mạng nơ-ron tích chập CNN

Mạng nơ-ron tích chập (CNN) là một loại mạng nơ-ron phổ biến cho các nhiệm vụ phân loại hình ảnh. So với mạng nơ-ron truyền thống, CNN có thể tích hợp thông tin không gian của dữ liệu đầu vào, giúp nó đạt hiệu suất tốt hơn trong xử lý hình ảnh. Khối cơ bản của một CNN là lớp tích chập, tập huấn luyện được đưa vào các bộ lọc và tạo ra một tập hợp các bản đồ kích hoạt tương ứng với các đặc trưng khác nhau của dữ liệu đó (hình 2.3).



Hình 2.3: Cấu trúc cơ bản của mạng CNN

## 2.6. Phương pháp tính lực nam châm và mô phỏng cơ - từ trường

### 2.6.1. Tính lực từ nam châm bằng phương pháp phần tử hữu hạn

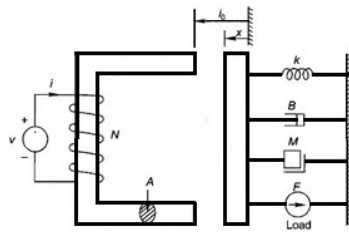
### 2.6.2. Bài toán mô trường đa vật lý cơ – điện từ trường

Bài toán điện – cơ (Electromechanical) là một thuật ngữ kỹ thuật trong lĩnh vực điện tử và cơ khí, kết hợp cả các khía cạnh điện và cơ để thể hiện sự tương tác giữa điện và cơ trong các hệ thống và thiết bị (hình 2.4). Nó liên quan đến việc chuyển đổi và tương tác giữa năng lượng điện và cơ, và thường ám chỉ các thiết bị, công nghệ hoặc hệ thống có khả năng chuyển đổi giữa năng lượng điện

và cơ, hoặc sử dụng cả hai để hoạt động. Các thiết bị điện - cơ bao gồm các động cơ điện, bộ điều khiển động cơ, cảm biến điện và cơ, bộ truyền động điện và các hệ thống tự động hoá điện tử và cơ khí.

$$v_1 = i_1 R + \frac{\mu_0 AN^2}{2(l_0 - X_0)} \frac{di_1}{dt} + \frac{\mu_0 AN^2 I_0}{2(l_0 - X_0)^2} \frac{dx_1}{dt} \quad (2.3)$$

$$\frac{2\mu_0 AN^2 I_0 i_1}{4(l_0 - X_0)^2} = M \frac{dx_1}{dt^2} + B \frac{dx_1}{dt} + Kx_1 + f_1 \quad (2.4)$$



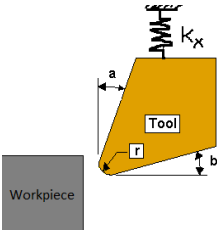
Hình 2.4: Sơ đồ mô hình dao động cơ – điện từ trường

### CHƯƠNG 3 : THIẾT LẬP MÔ HÌNH NGHIÊN CỨU

#### 3.1. Mô hình mô phỏng gia công tiện và mô phỏng lực từ trường

##### 3.1.1. Mô phỏng tiện 2D

Tuy nhiên, trong nghiên cứu này, với mục đích khảo sát quá trình rung động và ảnh hưởng rung động đến độ nhấp nhô bề mặt sản phẩm, nên mô hình được đơn giản hóa ở dạng 2D với dao và phôi (hình 3.1). Trong đó phôi di chuyển tịnh tiến theo phương ngang, dao đứng yên nhưng điều kiện biên dao theo phương thẳng đứng tồn tại độ cứng k. Các thông số phôi, dao và chế độ cắt được trình bày tìm thấy trong Bảng 3.1.



Hình 3.1: Mô hình 2D gia công tiện với dao tòn tại độ cứng Kx

Bảng 3.1: Thông số phôi, dao và chế độ cắt mô hình mô phỏng 2D

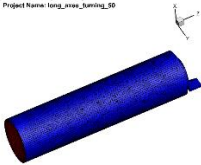
Thông số	Giá trị	
Phôi	Vật liệu	Al_6061
	Chiều cao	2 mm
	Chiều dài	5 mm
Dao	Góc trước	5°
	Góc sau	10°
	Bán kính mũi	0.2 mm
	Vật liệu	Carbide
	Vận tốc cắt (v)	90- 290 m/phút
Chế độ cắt	Bước tiến (f)	0.1 - 0.5 mm/vòng
	Chiều sâu cắt	1 mm

### 3.1.2. Mô phỏng tiện 3D

#### ➤ Mô hình mô phỏng tiện trụ

Trong phần này nghiên cứu khảo sát sự ảnh hưởng của độ cứng vững của phôi ảnh hưởng đến độ rung động và chất lượng bề mặt chi tiết gia công. Mô hình mô phỏng quá trình tiện trụ dạng công xôn tiện trụ dài (hình 3.2). Phôi được cố định trên mâm cặp nên điều kiện biên cố định mặt đầu phôi tất cả các chuyển động (trừ chuyển động quay của phôi). Mô hình dao không biến dạng và thông số thể hiện bảng 3.2.

MÔ HÌNH TIỆN TRỤ  
Project Name: long\_moa\_kimng\_3D



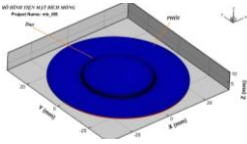
Hình 3.2: Mô hình tiện trụ

Bảng 3.2: Thông số phôi, dao và chế độ cắt mô hình mô phỏng tiện trụ 3D

Thông số	Giá trị	
Phôi	Vật liệu	Al_6061
	Đường kính	4.5 - 10 mm
	Chiều dài	20 mm
Dao	Góc trước	5°
	Góc sau	10°
	Bán kính mũi	0.2 mm
	Vật liệu	Carbide
	Vận tốc cắt	2000 vòng/phút
Chế độ cắt	Bước tiến (f)	0.15 mm/vòng
	Chiều sâu cắt	1 mm

#### ➤ Mô hình mô phỏng tiện mặt bích mỏng

Để nghiên cứu và đánh giá tác động của độ cứng vững của phôi đến rung động và chất lượng bề mặt của chi tiết gia công, mô hình mô phỏng quá trình tiện mặt bích mỏng đã được sử dụng (hình 3.3) và thông số thể hiện bảng 3.3.



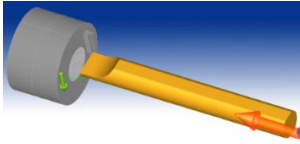
Hình 3.3: Mô hình mặt bích mỏng

Bảng 3.3: Thông số phôi, dao và chế độ cắt mô hình mô phỏng tiện mặt bích 3D

Thông số		Giá trị
Phôi	Vật liệu	Al_6061
	Đường kính	60 mm
	Đường kính cắt	40 mm
	Bề dày	1.5 – 7 mm
Dao	Góc trước	5°
	Góc sau	10°
	Bán kính mũi	0.2 mm
	Vật liệu	Carbide
Chế độ cắt	Vận tốc cắt (n)	2000 m/phút
	Bước tiến (f)	0.15 mm/vòng
	Chiều sâu cắt	1 mm

### ➤ Mô hình mô phỏng tiện lỗ

Trong phần này tác giả mô phỏng quá trình cắt gọt ở mô hình 3D với mô hình tiện lỗ (hình 3.4), trong các trường hợp dao ổn định và dao dao động. Từ đó trích xuất ra giá trị lực theo thời gian để đánh giá độ ổn định của dao thông qua độ phân tán của giá trị lực quanh giá trị lực danh nghĩa và nghiên cứu cũng trích xuất ra được chất lượng bề mặt chi tiết sau khi gia công Rz bằng phương pháp mô phỏng. Thông số mô hình mô phỏng tiện lỗ được thể hiện bảng 3.4



Hình 3.4: Mô hình tiện lỗ

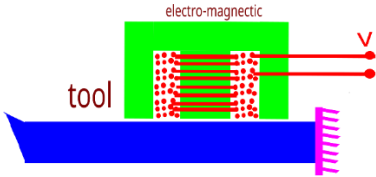
Bảng 3.4: Thông số phôi, dao và chế độ cắt mô hình mô phỏng tiện lỗ

Thông số	Giá trị	
Phôi	Vật liệu	Al_6061
	Đường kính ngoài/lỗ	30 mm/12mm
	Chiều dài	30 mm
	Sóng bề mặt	0 – 0.2 mm
Dao	Góc trước	5°
	Góc sau	10°
	Bán kính mũi	0.2 mm
	Vật liệu	Carbide
	Chiều dài cán	10–100 mm
Chế độ cắt	Vận tốc cắt (v)	40 – 125
	Bước tiến (f)	m/phút
	Chiều sâu cắt	0.08–0.3
		mm/vòng
		1 mm

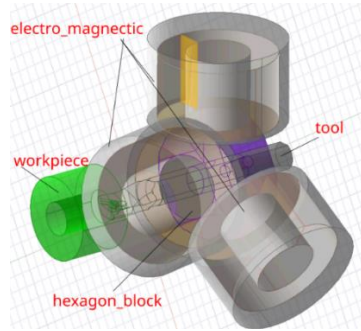
### ➤ Mô hình mô phỏng lực từ trường

Mô hình lực cưỡng bức từ được tạo ra từ nam châm điện một chiều. Khi cấp điện áp một chiều vào cuộn dây, lực hút nam châm sẽ tạo ra lực hút kéo cán dao về phía nam châm như hình 3.5.

Trong quá trình tiện dưới tác dụng của lực cắt, dao cắt dạng công xôn có xu hướng biến dạng theo phương cắt chính. Tuy nhiên dưới tác dụng của lực hút nam châm sẽ kéo lên làm dao có xu hướng quay trở về vị trí cân bằng (hình 3.6).



Hình 3.5: Mô hình tiện dưới tác dụng lực cường bức từ



Hình 3.6: Mô hình cán dao dưới tác dụng 3 lực từ cường bức

### 3.2. Mô hình thực nghiệm

#### 3.2.1. Mô hình thực nghiệm tiện mặt bích mỏng (hình 3.7)



Hình 3.7: Thu thập âm thanh trong quá trình tiện mặt bích

Bảng 3.5: Thông số phôi, dao và chế độ cắt mô hình thí nghiệm tiện mặt bích

	Thông số	Giá trị
Phôi	Vật liệu	SS_400
	Đường kính	220 mm
	Bề dày	15 mm
Dao	Vật liệu	Carbide
	Góc trước	5°
	Góc sau	10°
	Bán kính mũi dao	0.2 mm
	Chiều dài cán dao	50 mm
Thông số công nghệ	Vận tốc trục chính	800 vòng/phút
	Bước tiến dao	0.1 mm/vòng
	Chiều sâu cắt	2 mm

#### 3.2.2. Mô hình thực nghiệm giảm rung tích cực bằng ngoại lực cường bức

Thí nghiệm được tiến hành tiện lỗ với vật liệu là nhôm Al T6061 và được thực hiện trên máy tiện Takisawa (hình 3.8). Thông số dao, cán dao, thông số kích thước phôi và thông số chế độ cắt được thể hiện ở bảng 3.6:



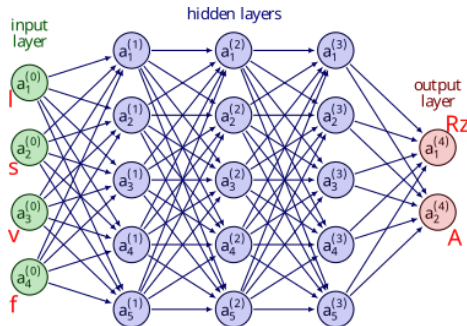
Hình 3.8: Mô hình thí nghiệm lực từ cường bức

Bảng 3.6: Thông số dao, phôi và chế độ cắt mô hình thí nghiệm lực từ cường bức

	Thông số	Giá trị
Phôi	Vật liệu	AL6061
	Đường kính	30 mm lỗ 12 mm
	Bề dày	30 mm
Dao	Vật liệu	Carbide
	Góc trước	5°
	Góc sau	10°
	Bán kính mũi	0.2 mm
	Chiều dài cán	80 mm
Thông số công nghệ	Vận tốc	1020 vòng/phút
	Bước tiến dao	0.1 mm/vòng
	Chiều sâu cắt	0.2 mm

### 3.3. Mô hình Neuron Network

Mô hình học máy được đưa ra với 4 thông số đầu vào và 2 thông số đầu ra là nhập nhô bề mặt chi tiết Rz và biên độ dao động của lực cắt Ra thể hiện qua hình 3.7.



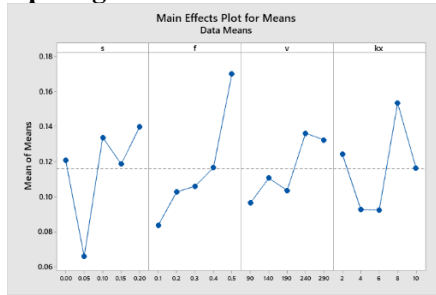
Hình 3.7: Cấu trúc mạng nơ-ron

### 3.4. Mô hình nhận diện rung động với hai dữ liệu đầu vào là âm thanh và hình ảnh

Nghiên cứu đã kết hợp cả hai yếu tố dữ liệu đầu vào, nghĩa là ở một vùng gia công hai dữ liệu được thu thập đồng thời là dữ liệu hình ảnh bề mặt chi tiết gia công và dữ liệu âm thanh được tạo ra trong quá trình cắt gọt tương ứng. Mô hình phân loại là mô hình CNN với 2 dữ liệu đầu vào.

## CHƯƠNG 4 : NGHIÊN CỨU CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN ĐẶC TÍNH RUNG

### 4.1. Ảnh hưởng của các yếu tố đến chất lượng bề mặt chi tiết gia công bằng phương pháp mô phỏng 2D



Hình 4.1: Biểu đồ cho tỷ số tín hiệu trên nhiễu S/N

Hình 4.1 minh họa rằng yếu tố tốc độ tiến dao (f) có tác động lớn nhất lên chất lượng bề mặt sản phẩm. Tốc độ tiến dao càng lớn, nhấp nhô bề mặt càng lớn, nhưng mức độ ảnh hưởng thay đổi ở các giai đoạn khác nhau. Bước tiến dao ảnh hưởng đặc biệt đáng kể trong phạm vi từ 0.1 - 0.2 mm và từ 0.4 - 0.5 mm (độ dốc lớn). Điều này có thể được giải thích rằng ở bước tiến dao nhỏ, tỷ lệ thay đổi vật liệu do nhấp nhô bề mặt phôi cao, dẫn đến sự thay đổi lớn trong giá trị tải cắt. Mặt khác, ở tốc độ tiến dao 0.5, lực cắt lớn hơn dẫn đến sự biến dạng đáng kể và của cán dao. Tuy nhiên, mức độ ảnh hưởng nhỏ nhất trong phạm vi  $f = 0.3 - 0.4$ . Sóng bề mặt phôi là yếu tố thứ hai ảnh hưởng đến chất lượng bề mặt. Điều này cho thấy sóng nhấp nhô lớn hơn trên bề mặt sản phẩm, chất lượng bề mặt càng kém. Tuy nhiên, mức độ ảnh hưởng không rõ ràng do sự khác biệt pha của sóng nhấp nhô so với pha dao động của dao được trình bày như trên. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này, đã phát hiện ra rằng bước sóng  $s = 0.05$  tạo ra chất lượng bề mặt tốt nhất của sản phẩm hoàn thiện.

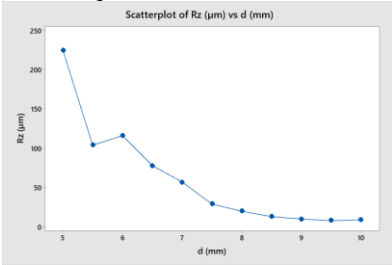
### 4.2. Ảnh hưởng độ cứng vững của phôi đến chất lượng bề mặt chi tiết gia công

#### 4.2.1. Mô hình tiện trụ

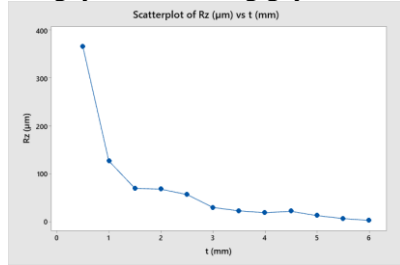
Khi tiến hành phân tích độ nhám bề mặt sản phẩm trong quá trình tiện trụ dài công xôn, từ hình 4.2 có thể nhận thấy rằng khi đường kính của trục từ 8 – 10 mm, tác động của biến dạng đến nhám bề mặt không còn được nhìn rõ. Khi đó, độ nhám bề mặt Rz duy trì ổn định trong khoảng từ 10 đến 30  $\mu\text{m}$ . Điều này có thể được giải thích bởi việc khi đường kính của phôi đủ cứng vững, biến dạng của phôi rất ít. Tuy nhiên, khi đường kính phôi nhỏ hơn 7 mm, sự biến dạng tăng nhanh, đặc biệt là khi đường kính phôi nhỏ hơn 5.5 mm. Khi đó, biến dạng của phôi trở nên lớn, dẫn đến tăng đột ngột độ nhám bề mặt lên đến 225  $\mu\text{m}$ . Khi



đường kính phôi nhỏ hơn 4.5 mm trong trường hợp này quá trình tiện hoàn toàn thất bại, quá trình tiện thực tế có thể thất bại, gây ra hiện tượng gãy hoặc vỡ dao.



Hình 4.2: Mối quan hệ giữa độ nhám bề mặt (Rz) và đường kính phôi (d)



Hình 4.3: Mối quan hệ độ nhám bề mặt (Rz) và bề dày tấm mặt bích mỏng (t)

**4.2.2. Mô hình tiện mặt bích mỏng**

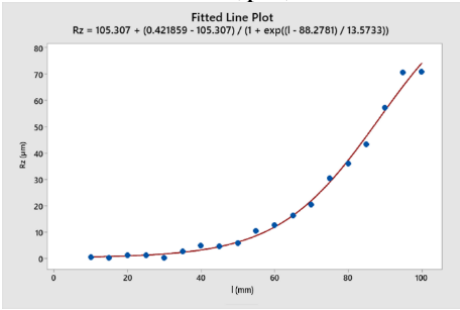
Khi thể hiện phân tích độ nhám bề mặt sản phẩm khi tiện mặt bích mỏng, qua hình 4.3 nhận thấy, khi bề dày mặt bích lớn hơn 3 mm ảnh hưởng của biến dạng bề mặt phôi không còn rõ, khi đó nhám bề mặt Rz ổn định trong khoản 3 – 30 µm. Điều này được giải thích khi đó bề dày phôi đủ cứng vững, lúc này phôi biến dạng rất ít. Tuy nhiên khi bề dày bề mặt phôi nhỏ hơn 3 mm, bắt đầu dao động tăng nhanh, đặc biệt khi bề dày mặt bích nhỏ hơn 1.5 mm, khi đó phôi dao động rất lớn dẫn đến bề độ nhám tăng đột ngột đến 367 µm, khi đó thực tế quá trình tiện có thể thất bại dẫn đến hư hỏng tương gãy hoặc vỡ dao.

**4.3. Kết quả và nhận xét mô phỏng ảnh hưởng của các yếu tố đến biến động của lực và chất lượng bề mặt chi tiết thành phẩm trong quá trình tiện lỗ bằng mô hình cắt gọt 3D**

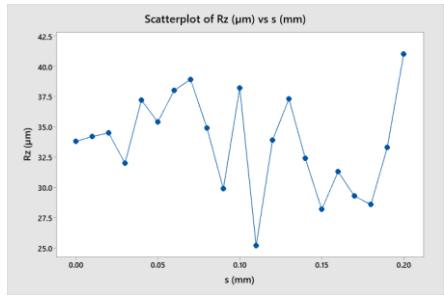
**4.3.1. Ảnh hưởng của chiều dài cán dao**

Hồi quy mối quan hệ giữa biên độ dao động lực cắt và độ nhám bề mặt chi tiết sau khi gia công phụ thuộc vào chiều dài gá dao (hình 4.4). Với chiều dài cán dao nhỏ hơn 50-60 mm ta nhận thấy nhấp nhô bề mặt chi tiết thành phẩm nhỏ. Điều này được giải thích khi chiều dài cán dao ngắn đến giá trị tối ưu thì biến dạng của cán dao đủ nhỏ. Khi đó sự thay đổi vị trí tương quan giữa mũi dao và phôi không đáng kể dẫn đến lực cắt thay đổi không đáng kể. Dao đạt trạng thái ổn định. Kết quả này có ý nghĩa rất quan trọng cho các nhà làm kỹ sư công nghệ trong việc tìm ra chiều dài gá dao tối ưu để đạt được trạng thái ổn định của cán dao. Trong giai đoạn chiều dài cán dao từ 60 mm đến 85 mm độ nhấp nhô bề mặt sản phẩm tăng rất nhanh. Điều này được giải thích khi độ cứng đàn hồi của cán dao giảm xuống, lúc này dao biến dạng làm vị trí tương quan của dao và phôi giảm khi đó lực cắt giảm, do lực đàn hồi có tác dụng làm dao có xu hướng quay lại vị trí ban đầu. Trong trường hợp này cắt và lực đàn hồi cán dao tương đương nhau nên dao dao động rất lớn. Ngược lại khi cán dao lớn hơn 85 mm, độ

thì cho thấy nhấp nhô bề mặt phôi có xu hướng thay đổi ít lại. Điều này được giải thích khi cán dao đủ dài thì dao biến dạng lớn, tuy nhiên lực đàn hồi cán dao nhỏ nên dao sẽ thiết lập vị trí mới và chỉ dao động quanh vị trí cân bằng mới này.



Hình 4.4: Phân tích hồi quy mối quan hệ giữa độ nhám bề mặt và chiều dài cán dao



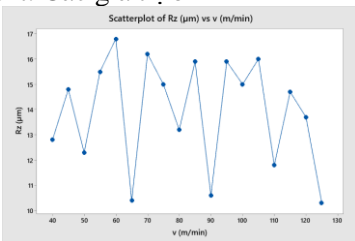
Hình 4.5: Mối quan hệ nhám bề mặt sản phẩm và sóng nhấp nhô bề mặt phôi

### 4.3.2. Ảnh hưởng sóng bề mặt phôi

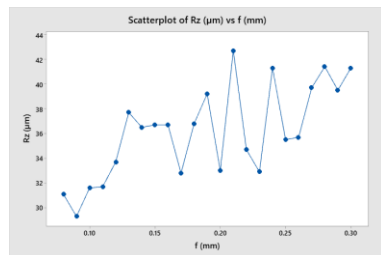
Kết quả khi nhấp nhô sóng bề mặt lớn thì biên độ lực có thay đổi điều này được giải thích do biên độ sóng nhấp nhô cao dẫn đến thể tích cắt gọt lớn hơn nên biên độ thay đổi của lực lớn hơn. Nhưng chu kỳ thay đổi lực gần như không đổi điều này được giải thích rõ chu kỳ thay đổi lực chủ yếu do độ cứng biến dạng của cán dao quyết định bởi chiều dài của dao (hình 4.5)

### 4.3.3. Ảnh hưởng của vận tốc cắt

Hình 4.6 thể hiện kết quả nghiên cứu mô phỏng xét mối quan hệ giữa độ biến thiên của lực cắt và chất lượng bề mặt chi tiết sau khi gia công phụ rất ít vào vận tốc cắt. Các giá trị biến thiên và xu hướng không rõ ràng.



Hình 4.6: Quan hệ giữa nhám bề mặt sản phẩm và vận tốc cắt



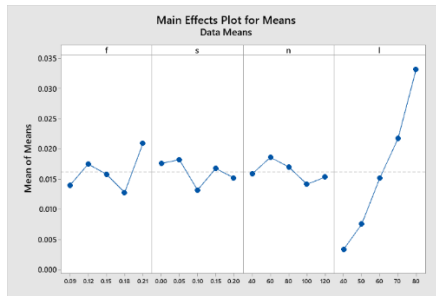
Hình 4.7: Quan hệ giữa độ nhám bề mặt sản phẩm và bước tiến dao

#### 4.3.4. Ảnh hưởng của bước tiến dao

Hình 4.7 thể hiện kết quả hình trên cho thấy với bước tiến dao từ 0.09 mm đến 0.18 mm giá trị lực cắt anh nghĩa tăng tuy nhiên sự thay đổi lực cắt theo thời gian tương đối nhỏ so với bước tiến dao 0.21 mm đến 0.30 mm. Dựa vào kết quả cho thấy biên độ thay đổi của lực cắt lớn nhất ở 2 trường hợp 0.21 và 0.30. Điều này có thể được giải thích khi đó tần số dao động của cán dao gần bằng tần số nhấp nhô của phôi. Lúc này và vùng rung động của hệ thống.

#### 4.3.5. Ảnh hưởng đa yếu tố

Từ kết quả bảng 4.8 nhận thấy yếu tố chiều dài cán dao ảnh hưởng lớn nhất do chiều dài cán dao quyết định độ cứng vững của dao. Yếu tố xếp thứ 2 là bước tiến dao và yếu tố nhấp nhô bề mặt và vận tốc cắt xếp thứ 3 và thứ 4. Điều này hoàn toàn phù hợp với các nghiên cứu trước đây tuy nhiên nghiên cứu này có xét thêm yếu tố nhấp nhô bề mặt phôi mà các nghiên cứu dạng thực nghiệm trước đây khó thực hiện được.



Hình 4.8: Tỷ số tín hiệu trên nhiễu S/N mô hình 3D

#### 4.4. Đánh giá kết quả nội dung mô phỏng khảo sát ảnh hưởng các yếu tố

Nghiên cứu đã thực hiện khảo sát sự ảnh hưởng của các yếu tố: độ cứng cán dao, vận tốc cắt, bước tiến dao và nhấp nhô bề mặt phôi đến chất lượng bề mặt chi tiết khi tiện bằng phương pháp mô phỏng phần tử hữu hạn cắt gọt trên mô hình 3D. Nghiên cứu chỉ ra rằng trong 4 yếu tố thì yếu tố về độ cứng cán dao là yếu tố ảnh hưởng lớn nhất. Và với chiều dài cán dao  $l = 60$  mm trong mô hình mô phỏng thì độ biến thiên của lực cắt cũng như chất lượng bề mặt chi tiết thành phẩm Rz đạt giá trị tối ưu.

### CHƯƠNG 5 : ỨNG DỤNG HỌC MÁY ĐỂ NHÂN ĐIỆN VÀ DỰ ĐOÁN RUNG ĐỘNG

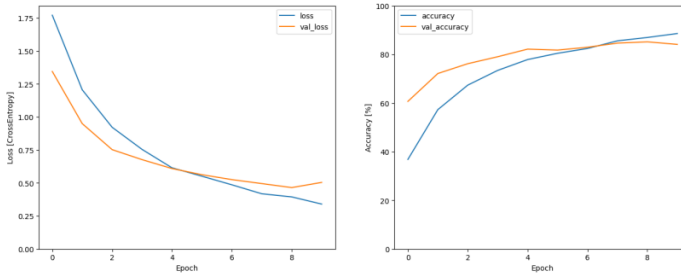
#### 5.1. Nhận diện rung động bằng âm thanh

Kết quả thu được 250 file âm thanh và dựa vào chất lượng bề mặt chi tiết đánh giá chi tiết bị rung động hay ổn định. Trong 250 chi tiết gia công có 200 chi tiết ổn định và 50 chi tiết rung động (hình 5.1).



Hình 5.1: Thí nghiệm thu thập dữ liệu âm thanh với chỉ tiết rung động và ổn định khi tiện

Các đồ thị dưới đây cho thấy đường cong độ chính xác và độ mất mát của bộ dữ liệu được trích xuất đặc trưng sử dụng mô hình VGG16. Để trích xuất đặc trưng từ bộ dữ liệu, chúng tôi sử dụng các kỹ thuật học chuyển giao và các mô hình được huấn luyện trong 10 epoch. Sự ổn định của quá trình huấn luyện có thể quan sát được từ epoch 4 qua các đường cong trong hình 5.2.



Hình 5.2: Độ chính xác trên tập huấn luyện và hiệu chuẩn (hình trái), giá trị mất mát trên tập dữ liệu huấn luyện và hiệu chuẩn (hình phải)

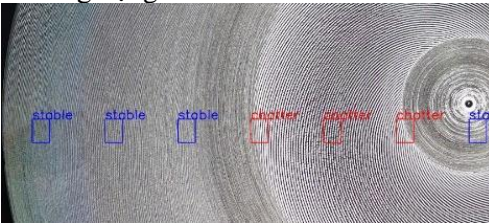
Trong số 25 mẫu dữ liệu kiểm tra, có 10 mẫu thuộc nhóm rung động trong quá trình gia công, và 15 mẫu thuộc nhóm ổn định (hình 5.3). Sau khi đi qua mô hình, có 8 mẫu trong nhóm rung động trong quá trình gia công và 17 mẫu trong nhóm ổn định, cho thấy mô hình đã đưa ra dự đoán sai trên 2 mẫu. Sau khi đánh giá dữ liệu được phân loại sai, độ chính xác dự đoán của mô hình đạt được 92%. Độ chính xác của mô hình không cao do dữ liệu để huấn luyện không đủ lớn. Để khắc phục vấn đề thu thập dữ liệu và nâng cao độ chính xác mô hình. Nghiên cứu chuyển sang mô hình tiện mặt bích mỏng khi đó dữ liệu thu thập sẽ nhiều và đa dạng hơn.



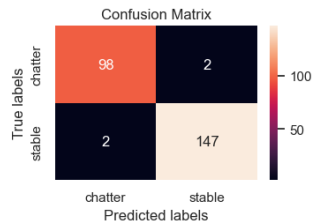
Hình 5. 3: Ma trận nhầm lẫn mô hình bài toán nhận diện rung động bằng âm thanh

## 5.2. Nhận diện rung động bằng âm thanh và hình ảnh

Sau khi xác định vùng ổn định và rung động tác giả dùng kính hiển vi điện tử để chụp lại ảnh bề mặt chi tiết thành phẩm ở các vùng đã đánh dấu. Ở vùng được dán nhãn là vùng rung động, và vùng được dán nhãn là vùng ổn định (hình 5.4). Kết quả là 1650 file hình ảnh cùng với 1650 file âm thanh. Sau khi sử dụng máy đo độ nhám để phân vùng ổn định và rung động. Tác giả đã thu thập được 987 hình ảnh và âm thanh ở trạng thái ổn định và 663 file ảnh và âm thanh ở trạng thái rung động.



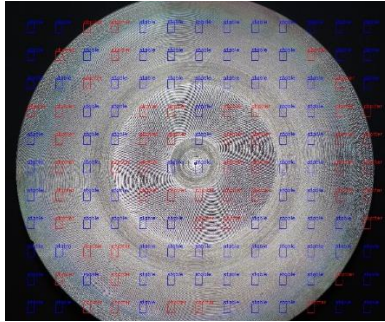
Hình 5.4: Bề mặt chi tiết tiện sau khi đo độ nhám và đánh dấu vùng ổn định và vùng rung động



Hình 5.5: Ma trận nhầm lẫn mô hình hai đầu vào

Trong số 249 mẫu dữ liệu kiểm tra có 100 mẫu rung động nhóm gia công có rung, mô hình dự đoán sai 2 mẫu. Trong 149 hình ảnh thuộc nhóm gia công không rung, có 3 dữ liệu được phân loại sang nhóm rung động, và 146 mẫu còn lại được phân loại chính xác. Sau khi đánh giá các dữ liệu nhầm lẫn, mô hình đạt mức độ chính xác dự đoán 98%. Như quan sát được trong hình 5.5 các mẫu sai được phân bố cả 2 tập dữ liệu.

Kết quả nhận diện rung động bằng CNN khi gia công trực tiếp (hình 5.6 và 5.7).



Hình 5.6: Áp dụng mô hình phát hiện bề mặt rung động



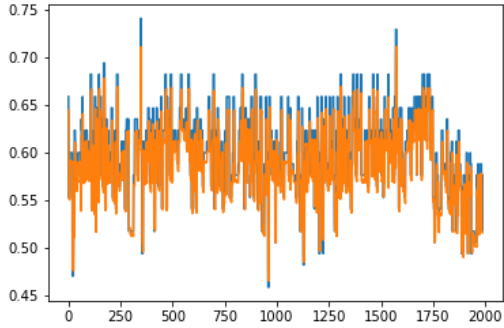
Hình 5.7: Nhận diện rung động trong quá trình gia công tiện

Bảng 5. 1: So sánh kết quả nghiên cứu với các nghiên cứu gần đây

Tham khảo	Phương pháp xử lý	Dữ liệu vào	Phân lớp	Độ chính xác
Nghiên cứu này	FFT	Images sounds	and Binary	98 %
W. Zhu và cộng sự	Size reduction	Images	Binary	98.26 %
Tran và cộng sự	CWT	Images	Multilabel	99.67 %
Rahimi và cộng sự	STFT	Images	Multilabel	98.90 %
Sener và cộng sự	CWT	Images-cutting parameters	Multilabel	99.88 %
C. A. K. A. Kounta và cộng sự	FFT	Sound_cutting	Multilabel	99.71 %

### 5.3. Bài toán dự đoán giá trị lực theo thời gian

Với mô hình giải bài toán theo chuỗi thời gian dữ liệu dự đoán gần như hoàn toàn khớp với dữ liệu kiểm tra (hình 5.8). Nguyên nhân có thể do dữ liệu thu thập được thông qua thực nghiệm có thể được mô hình gần chính xác thông qua thuật toán học máy sự sai khác do yếu tố nhiễu và các tác động bên ngoài.

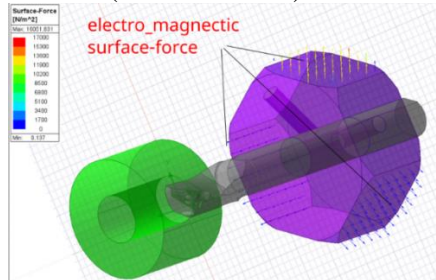


Hình 5.8: So sánh dữ liệu dự đoán và dữ liệu kiểm tra với mô hình LSTM

## CHƯƠNG 6 : NGHIÊN CỨU GIẢM RUNG TÍCH CỰC BẰNG NGOẠI LỰC CƯỜNG BỨC

### 6.1. Mô phỏng biến dạng cán dao dưới tác dụng của lực từ trường

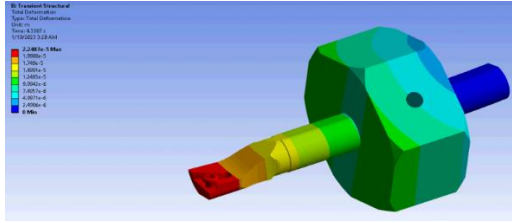
Kết quả nghiên cứu đã mô phỏng được lực từ trường tác động lên cán dao phụ thuộc vào khoảng cách giữa cán dao và nam châm và phụ thuộc vào cường độ dòng điện đi qua nam châm (hình 6.1 và 6.2).



Hình 6. 1: Lực từ mặt tác dụng lên khối lực giác của cán dao

Bảng 6.1: Chuyển vị của dao tiện khi đặt lực từ  $F_{1m}$

STT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F_{1m}$ (N)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$\Delta_y$ ( $\mu\text{m}$ )	3.3	6.2	9.4	12.6	15.5	18.7	22.1	24.8	30.6	31.6



Hình 6.2: Chuyển vị cán dao dưới tác dụng của lực từ

## 6.2. Kết quả thí nghiệm

Sau khi có được đặc điểm của lực từ trường tác động lên cán dao. Nghiên cứu kết luận rằng có thể thay đổi được đặc điểm dao động của cán dao dưới tác động của lực từ trường bằng cách thay đổi cường độ dòng điện theo thời gian với mục đích là sử dụng lực từ trường như là ngoại lực tác động nhằm giảm sự thay đổi của lực cắt và giảm dao động của cán dao. Thực nghiệm khảo sát ảnh hưởng của từ lực từ từ giá đỡ từ trường đến quá trình rung động và chất lượng bề mặt chi tiết gia công (hình 6.3).



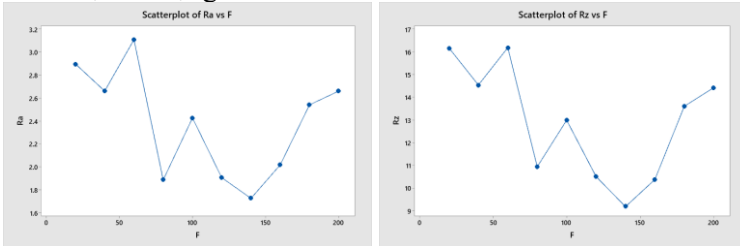
Hình 6.3: Các mẫu thí nghiệm

### 6.2.1. Trường hợp tác động một lực theo phương cắt chính

Biểu đồ biểu diễn mối quan hệ giữa độ nhám bề mặt và lực từ cường bức được thể hiện trên hình 6.4. Trên biểu đồ, trục x thể hiện lực cường bức từ, trong khi trục y biểu thị giá trị độ nhám bề mặt  $R_a$  và  $R_z$ . Dựa vào đồ thị ta thấy giai đoạn đầu khi không có lực cường bức từ thì độ nhám bề mặt tương ứng khoản  $R_a = 3 \mu m$  tương ứng  $R_z = 15 \mu m$ . Khi lực cường bức từ tăng dần từ 20 đến 120 độ nhám bề mặt có xu hướng giảm xuống, nghĩa là chất lượng bề mặt tăng lên điều này được giải thích do trong quá trình cắt dao dao động tuy nhiên do lực từ có xu hướng kéo dao về vị trí cân bằng nên dao sẽ ít rung hơn và chu kỳ dao động của dao sẽ tắt dần nhanh hơn. Khi lực từ ở  $F_{1m} = 140 N$  chất lượng bề mặt ở trường hợp này là tốt nhất tương ứng  $R_a = 1.7 \mu m$  hay  $R_z = 9.1 \mu m$ . Tuy nhiên khi tăng lực từ lên  $F_{1m} > 140 N$  thì độ nhám bề mặt có xu hướng tăng lên lại, điều này có thể giải thích là do khi tăng lực từ lớn thì tác dụng của đệm lực từ trường



không còn, mà lực từ lúc này có xu hướng cao hơn lực cắt và trở thành lực tác động làm cho hệ dao động hơn.



Hình 6. 4: Quan hệ giữa lực từ và nhám bề mặt TH1

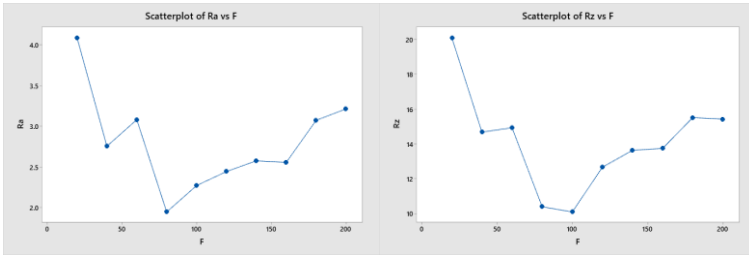
### 6.2.2. Trường hợp tác động 2 lực theo phương

#### 6.2.2.1. Tác dụng 2 lực $F_{1m} = 2F_{2m}$

Biểu đồ trên hình 6.5 minh họa mối quan hệ giữa độ nhám bề mặt và lực từ cường bức trong trường hợp tồn tại 2 lực từ cường bức theo 2 phương  $F_{1m}$  và  $F_{2m}$  trong đó  $F_{1m} = 2 \cdot F_{2m}$ . Trục x trên biểu đồ biểu thị lực cường bức từ, trong khi trục y biểu thị giá trị độ nhám bề mặt được đo bằng  $R_a$  và  $R_z$ . Dựa vào biểu đồ, ta có thể quan sát rằng trong giai đoạn ban đầu khi không có lực cường bức từ, giá trị độ nhám bề mặt tương ứng với  $R_a$  là  $4 \mu m$  và  $R_z$  là  $20 \mu m$ .

Khi lực cường bức từ tăng từ 20 đến 80, ta thấy độ nhám bề mặt có xu hướng giảm, tức là chất lượng bề mặt tăng lên. Điều này có thể được giải thích bởi sự dao động của dao cắt trong quá trình cắt giảm dần, do lực từ có xu hướng kéo dao về vị trí cân bằng, dao cắt sẽ rung ít hơn và chu kỳ dao động cũng sẽ giảm dần. Khi lực từ đạt mức  $F_{1m} = 100 N$  và  $F_{2m} = 50 N$ , chất lượng bề mặt đạt đỉnh cao nhất, với giá trị  $R_a$  là  $1.95 \mu m$  hoặc  $R_z = 10.4 \mu m$ .

Tuy nhiên, khi lực từ tăng lên  $F_{1m} > 100 N$  và  $F_{2m} > 50 N$ , độ nhám bề mặt có xu hướng tăng trở lại. Điều này có thể được giải thích bởi sự ảnh hưởng của đệm lực từ trường giảm đi và lực từ trở thành lực tác động cao hơn lực cắt, làm tăng sự dao động của hệ thống cắt.



Hình 6.5: Quan hệ giữa lực từ và nhám bề mặt TH2

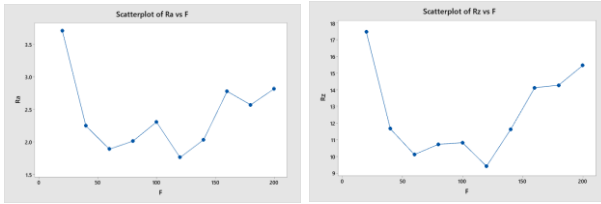
Chất lượng bề mặt chi tiết đạt tối ưu là  $Ra = 1.95 \mu\text{m}$  ;  $Rz = 10.4 \mu\text{m}$  tương ứng với lực từ  $F_{1m} = 100 \text{ N}$  và  $F_{2m} = 50\text{N}$ . Tốt hơn khi chưa có lực từ 31%. Khi so sánh với trường hợp 1, vẫn tồn tại quy luật, xu hướng chung của 2 trường hợp là khi tăng lực từ cường bức thì chất lượng bề mặt chi tiết thành phẩm sẽ tăng theo tuy nhiên khi lực từ đạt đến giá trị  $F_{mgh}$  thì tác dụng giảm rung của lực từ sẽ giảm dần, chất lượng bề mặt sẽ giảm.

#### 6.2.2.2. Tác dụng 2 lực $F_{1m} = F_{2m}$

Biểu đồ trên hình 6.6 mô tả mối liên hệ giữa độ nhám bề mặt và lực từ cường bức trong tình huống có hai lực từ cường bức theo phương  $F_{1m}$  và  $F_{2m}$ , với  $F_{1m} = F_{2m}$ . Trục x trên biểu đồ đại diện cho lực từ cường bức, trong khi trục y thể hiện giá trị độ nhám bề mặt được đo bằng Ra và Rz. Dựa trên biểu đồ, ta có thể nhận thấy rằng ở giai đoạn ban đầu khi không có lực từ cường bức, giá trị độ nhám bề mặt tương ứng với Ra là  $3.7 \mu\text{m}$  và Rz là  $17.4 \mu\text{m}$ .

Khi lực từ cường bức tăng từ 20 đến 120, quan sát thấy độ nhám bề mặt có xu hướng giảm, cho thấy chất lượng bề mặt tăng lên. Hiện tượng này có thể giải thích bằng việc dao cắt rung ít hơn và chu kỳ dao động cắt giảm dần trong quá trình cắt, do lực từ có xu hướng kéo dao về vị trí cân bằng. Khi lực từ đạt mức  $F_{1m} = 120 \text{ N}$  và  $F_{2m} = 120\text{N}$ , chất lượng bề mặt đạt cao nhất với giá trị Ra là  $1.7 \mu\text{m}$  hoặc Rz là  $9.4 \mu\text{m}$ .

Tuy nhiên, khi lực từ tăng lên vượt qua giá trị  $F_{1m} > 120 \text{ N}$  và  $F_{2m} > 120\text{N}$ , độ nhám bề mặt có xu hướng tăng trở lại. Hiện tượng này có thể giải thích bằng việc ảnh hưởng của lực từ trường giảm và lực từ trở thành lực tác động lớn hơn lực cắt, làm tăng độ rung của hệ thống cắt.



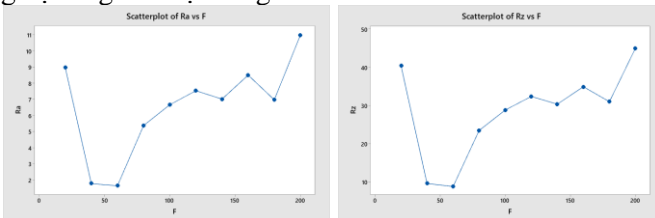
Hình 6.6: Quan hệ giữa lực từ và nhám bề mặt TH3

### 6.2.2.3. Tác dụng 2 lực $F_{2m} = F_{3m}$

Biểu đồ trên hình 6.7 mô tả mối quan hệ giữa độ nhám bề mặt và lực từ cường bức trong tình huống có hai lực từ cường bức theo phương  $F_{2m}$  và  $F_{3m}$ , với  $F_{2m} = F_{3m}$ . Trục x trên biểu đồ đại diện cho lực từ cường bức từ 20N đến 200N, trong khi trục y thể hiện giá trị độ nhám bề mặt được đo bằng Ra và Rz. Dựa vào biểu đồ, ta có thể nhận thấy rằng trong giai đoạn ban đầu khi không có lực từ cường bức, giá trị độ nhám bề mặt tương ứng với Ra là 8.9 μm và Rz là 40.4 μm.

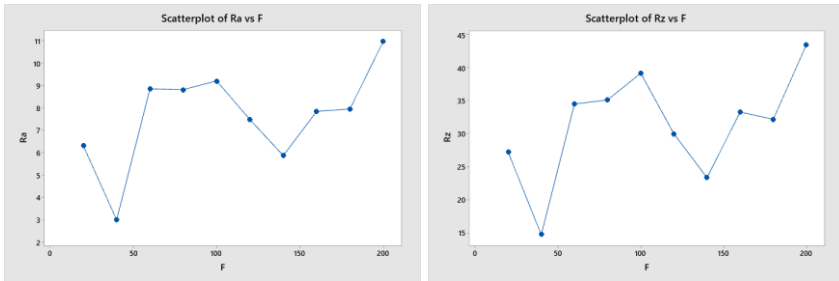
Khi lực từ cường bức tăng từ 20 đến 60, quan sát thấy độ nhám bề mặt có xu hướng giảm, cho thấy chất lượng bề mặt tăng lên. Hiện tượng này có thể giải thích bằng việc dao cắt rung ít hơn và chu kỳ dao động cắt giảm dần trong quá trình cắt, do lực từ có xu hướng kéo dao về vị trí cân bằng. Khi lực từ đạt mức  $F_{2m} = 60\text{ N}$  và  $F_{3m} = 60\text{ N}$ , chất lượng bề mặt đạt cao nhất với giá trị Ra là 1.6 μm hoặc Rz là 8.8 μm.

Tuy nhiên, khi lực từ tăng lên vượt qua giá trị  $F_{2m} > 60\text{ N}$  và  $F_{3m} > 60\text{ N}$ , độ nhám bề mặt có xu hướng tăng trở lại. Hiện tượng này có thể giải thích bằng việc ảnh hưởng của lực từ trường giảm và lực từ trở thành lực tác động lớn hơn lực cắt, làm tăng độ rung của hệ thống cắt.



Hình 6.7: Quan hệ giữa lực từ và nhám bề mặt TH4

### 6.2.3. Tác dụng 3 lực theo 3 hướng



Hình 6.8: Quan hệ giữa lực từ và nhám bề mặt TH5

Chất lượng bề mặt chi tiết không tốt hơn trường hợp không có từ trường.

### 6.3. Nhận xét nội dung ứng dụng phương pháp giảm rung tích cực bằng ngoại lực cưỡng bức



Hình 6.9: Chi tiết gia công đang bị rung động và có tác dụng của từ trường

Kết quả mô phỏng ảnh hưởng lực từ trường đến ứng xử của cán dao, nghiên cứu đã mô phỏng được môi trường đa vật lý cơ điện từ trường. Với các cường độ dòng điện đi qua cuộn dây cũng như khoản cách từ nam châm đến cán dao, nghiên cứu đã mô phỏng tính được lực tác dụng lên cán dao và biến dạng của cán dao dưới tác dụng lực từ trường (hình 6.9).

Nghiên cứu đã tiến hành thực nghiệm các trường hợp lực từ trường khác nhau tác dụng lên cán dao và đo được lực cắt, gia tốc cũng như chất lượng bề mặt chi tiết sau khi gia công. Nghiên cứu đã kết luận rằng với mô hình tác dụng lực  $F_{2m} = F_{3m}$  và giá trị lực từ trường 60N sẽ cho kết quả chất lượng bề mặt chi tiết thành phẩm là tốt nhất.

## KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### 1. Kết luận của luận án

Trong kết quả về mô phỏng quá trình cắt gọt trong tiện trong luận án này, cho thấy lực cắt biến đổi theo thời gian và sự biến đổi này rất nhạy cảm đối với các thay đổi trong thông số đầu vào của mô hình mô phỏng. Trong mô hình các thông số đặc trưng như vận tốc cắt, chiều sâu cắt và bước tiến dao được giả định là hằng số không thay đổi.

Nghiên cứu đã đề xuất phương pháp mới trong việc kiểm soát rung động chủ động Magnetic Rest Active Control (MRAC) dựa trên mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) đã được tạo ra.

## **2. Tính mới của luận án**

Đầu tiên, luận án đã sử dụng phương pháp tính toán số, cụ thể là phương pháp phần tử hữu hạn, để mô phỏng bài toán gia công cắt gọt.

Thứ hai, luận án đã thành công trong việc áp dụng công cụ học máy, một phương tiện phổ biến hiện nay, để phát hiện hiện tượng rung động dựa trên các dữ liệu thu thập được trong quá trình tiện. Nhờ đó, đặc tính rung động của hệ thống trong quá trình gia công đã được xác định một cách chính xác.

Thứ ba, luận án cũng đã thành công trong việc áp dụng các thuật toán dự đoán trong bài toán chuỗi thời gian để dự đoán giá trị lực cắt

Cuối cùng, luận án cũng đã thành công trong việc thiết kế và chế tạo bộ Magnetic Rest Active Control (MRAC) sử dụng các nam châm điện một chiều. Kết quả của thuật toán dự đoán lực cắt thông qua máy học có thể được áp dụng vào lực từ trường nam châm để cải thiện hiện tượng rung động trong quá trình tiện. Sự phát triển của bộ điều khiển từ trường này mang lại tiềm năng ứng dụng trong việc giảm rung động ở cán dao khi tiện lỗ với cán dao dài không đủ cứng vững, cũng như khi tiện trụ với kích thước đường kính phôi nhỏ khi phôi không đủ cứng vững.

## **3. Kiến nghị**

Về nội dung mô phỏng, đối với việc nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình rung động thông qua mô phỏng, các nghiên cứu tiếp theo cần phải khảo sát thêm mô hình ảnh hưởng khác như vật liệu gia công, mòn dao, lẹo dao...

Vấn đề áp dụng trí tuệ nhân tạo vào quy trình gia công là một lĩnh vực cần thiết và hấp dẫn với nhiều tiềm năng. Các mô hình Neuron Network đặc biệt hiệu quả trong việc giải quyết các hiện tượng cơ học phức tạp trong quá trình gia công cắt gọt.