

# KHẢO SÁT CƠ TÍNH VÀ TỔ CHỨC TẾ VI KHI MIẾT BIẾN MỎNG THÀNH CHI TIẾT DẠNG CÔN CÓ VÀNH TRÊN MÁY TIỆN CNC

Trần Phương Thanh, Trần Đức Hoàn\*, Ong Thế Đức

Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn

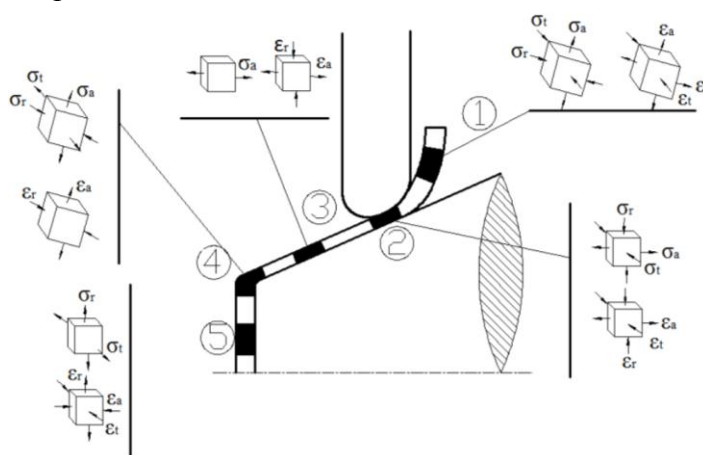
## Tóm tắt

Bài báo trình bày việc khảo sát bằng thực nghiệm sự thay đổi cơ tính; tổ chức tế vi và sự phân bố chiều dày thành sản phẩm khi miết có biến mỏng thành chi tiết hình côn có vành trên máy tiện CNC. Kết quả cho thấy sự phân bố chiều dày thành sản phẩm không đồng đều do xuất hiện hiện tượng uốn trên vành chi tiết và cơ tính có sự thay đổi đáng kể theo chiều hướng tăng giới hạn bền và giảm độ giãn dài tương đối so với phôi ban đầu. Tổ chức tế vi thu được các hạt bị kéo dài theo hướng biến dạng lớn nhất và diện tích trung bình của hạt giảm so với tổ chức ban đầu.

**Từ khóa:** Miết biến mỏng thành; miết biến mỏng chi tiết dạng côn có vành; chiều dày thành; độ bền; tổ chức tế vi.

## 1. Đặt vấn đề

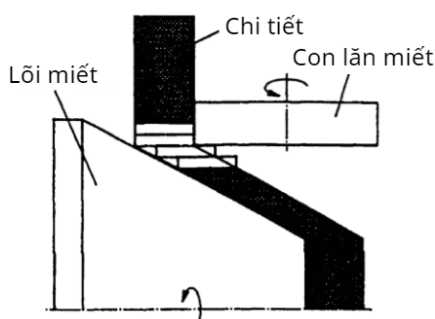
Miết biến mỏng thành là một phương pháp gia công kim loại bằng áp lực tạo ra biến dạng dẻo cục bộ liên tục thông qua lực tác dụng của một hay nhiều con lăn nhằm tạo hình các chi tiết rỗng dạng tròn xoay theo biên dạng của lõi miết từ phôi phẳng hoặc phôi rỗng. Sản phẩm được chế tạo bằng phương pháp miết có chất lượng cơ tính cao hơn so với các phương pháp dập vuốt, tuy nhiên do biến dạng dẻo cục bộ nên việc kiểm soát độ chính xác hình dạng và kích thước sẽ gặp nhiều khó khăn, nhất là sự phân bố chiều dày thành sản phẩm.



Hình 1. Trạng thái ứng suất - biến dạng của miết biến mỏng thành

\* Email: tranduchoan@lqdtu.edu.vn

Hầu hết kim loại đều có thể miết biến mỏng (khả năng biến dạng dẻo tối thiểu khoảng 2%) [1]. Trạng thái ứng suất là khác nhau tại các vị trí trên phôi, hướng và dấu của các ứng suất thay đổi theo lực tác động. Đối với miết biến mỏng, trạng thái ứng suất, biến dạng tại ổ biến dạng (vị trí số 4 như hình 1) là nén 2 chiều và 1 chiều kéo. Sự biến dạng vật liệu trong quá trình miết biến mỏng có thể được giải thích là do vật liệu bị dịch chuyển dọc theo một trục song song với trục quay của lõi miết như hình 2. Theo hướng trục, chi tiết vẫn giữ được độ dày như ban đầu, tuy nhiên độ dày hướng kính của chi tiết sẽ phụ thuộc vào góc nghiêng của lõi miết. Chiều dày của chi tiết sau miết biến mỏng sẽ được xác định từ chiều dày phôi ban đầu và góc nghiêng của lõi miết (định luật sin):  $t_1 = t_0 \sin \alpha$ , trong đó:  $t_0$  là độ dày phôi ban đầu,  $t_1$  là độ dày của sản phẩm sau miết,  $\alpha$  là góc nghiêng của lõi miết (nửa góc côn) [6]. Đối với miết biến mỏng, đường kính của phôi có thể được xác định bằng hoặc tính bằng đường kính lớn nhất của chi tiết sau chế tạo và cộng thêm tỉ lệ để gia công cơ lần cuối [1].



Hình 2. Biến dạng vật liệu trong quá trình miết biến mỏng

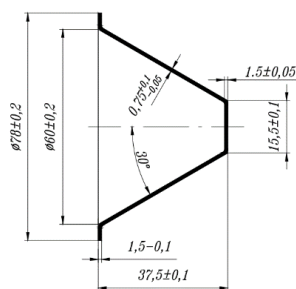
Khác với các phương pháp tạo hình kim loại tấm bằng gia công áp lực khác như: dập vuốt, uốn, tóp miệng,... với ổ biến dạng trên phần lớn thể tích kim loại bị biến dạng, phương pháp miết ổ biến dạng trên một phần thể tích nhỏ, được tạo ra bởi khe hở giữa các con lăn miết và lõi miết, nhờ vậy mà công và lực biến dạng giảm đi rất nhiều so với các phương pháp tạo hình khác.

Trong nghiên cứu này tập trung vào miết biến mỏng chi tiết dạng côn có vành từ phôi tấm trên máy tiện CNC, khảo sát cơ tính và tổ chức tế vi của sản phẩm so với phôi ban đầu.

## 2. Mô hình thực nghiệm

### 2.1. Chi tiết nghiên cứu thực nghiệm

Đối tượng khảo sát là chi tiết dạng côn có vành với các kích thước được thể hiện trong hình 3. Mô hình hình học của chi tiết được xây dựng bởi phần mềm Autodesk Inventor được trình bày trong hình 4.



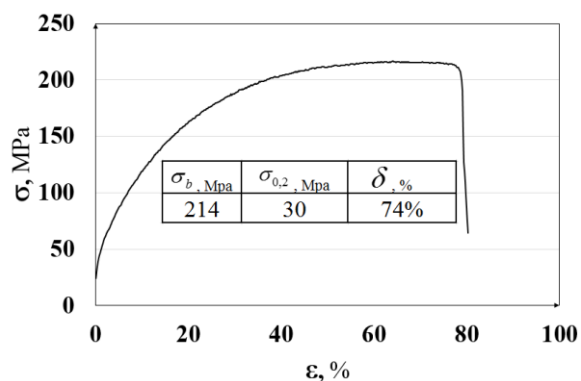
Hình 3. Chi tiết dạng côn có vành



Hình 4. Mô hình hình học chi tiết dạng côn có vành

Chi tiết có chiều cao tương đối  $\frac{H}{D} = \frac{37,5}{60} = 0,625$  với một nửa góc côn  $\alpha = 30^\circ$  là chi tiết côn trung bình. Chi tiết có chiều dày 0,75 mm, căn cứ theo định luật sin xác định được chiều dày phôi ban đầu là 1,5 mm.

Vậy phôi ban đầu sẽ có đường kính  $D_0 = 80$  mm, chiều dày  $t_0 = 1,5$  mm, là vật liệu đồng có mác JIS C1100 với 99,9% đồng và cơ tính được thể hiện trong hình 5.



Hình 5. Biểu đồ thử kéo của phôi đồng C1100

## 2.2. Thông số công nghệ và dụng cụ trong quá trình miết biến mỏng chi tiết dạng côn có vành

Phôi đồng C1100 sẽ được miết trên máy tiện CNC AKEBONO với các tham số công nghệ như sau: Tốc độ quay của trục chính  $N = 1000$  vòng/phút, tốc độ tiến của con lăn miết  $f = 0,025$  mm/vòng, khe hở giữa lõi miết và con lăn miết  $Z = 1,1$  mm, thực hiện chiến thuật chạy con lăn miết với đường chạy tuyến tính và sử dụng chất bôi trơn là xà phòng kết hợp dung dịch RP7 [9].

Quá trình miết biến mỏng thành chi tiết dạng côn có vành sẽ sử dụng bộ dụng cụ có các thông số như sau: đường kính của con lăn miết  $D_r = 58$  mm, bán kính làm việc của con lăn  $R = 4$  mm, chổng tâm thủy lực thông qua ụ động trên máy tiện CNC.



Hình 6. Gá kẹp sơ đồ miết trên máy tiện CNC

1. Lõi miết, 2. Phôi đồng C1100, 3. Con lăn miết, 4. Chống tâm thủy lực

### 3. Kết quả, thảo luận

#### 3.1. Khảo sát sự phân bố chiều dày và cơ tính của chi tiết

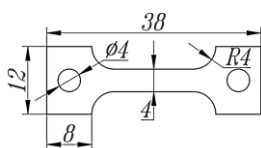
Trên hình 7 thể hiện sản phẩm sau khi miết biến mỏng với chế độ công nghệ đã chọn ở mục 2.2. Nhận thấy rằng, chi tiết đạt được hình dạng theo biên dạng lõi gá và đảm bảo một số kích thước chính theo yêu cầu như đường kính lớn  $60 \pm 0,2$  mm, đường kính nhỏ  $31 \pm 0,1$  mm, đường kính vành  $80 \pm 1$  mm.

Tại các vị trí đo trên thành của chi tiết cách đều nhau 4 mm, thấy rằng chiều dày thành tại các điểm khảo sát thay đổi từ 0,75 - 0,83 mm (Hình 9). Chiều dày thành của chi tiết phân bố không đồng đều, với giá trị trung bình khoảng 0,8 mm. Giá trị này lớn hơn giá trị chiều dày tính toán theo định luật sin. Mặc dù vậy, sự sai lệch này vẫn nằm trong giới hạn cho phép của sản phẩm.

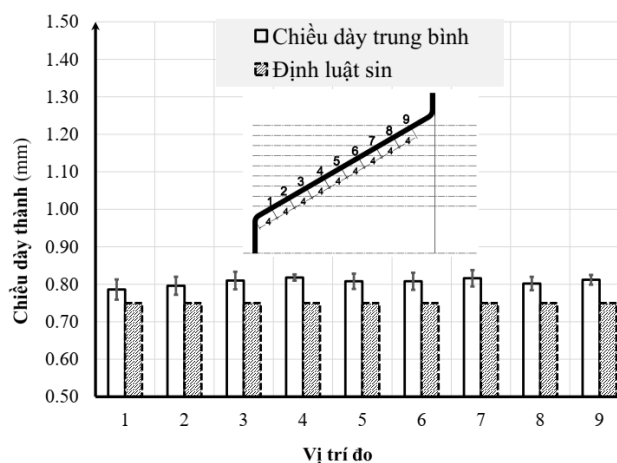
Mức độ biến mỏng chiều dày thành khoảng 47,7%. Nhận thấy rằng, với mức độ biến dạng như vậy không thể sử dụng dập vuốt qua một nguyên công. Điều này cho thấy ưu thế của công nghệ miết có biến mỏng thành.



Hình 7. Sản phẩm miết chi tiết dạng côn



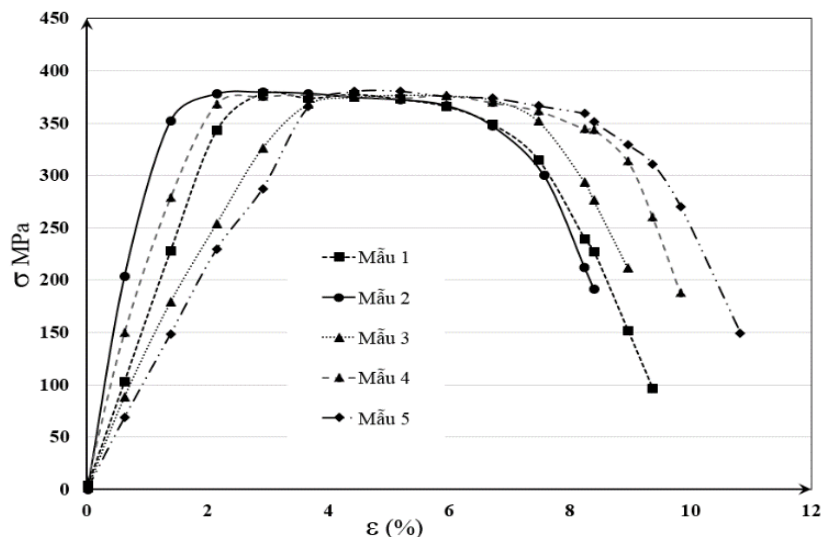
Hình 8. Mẫu thử kéo ứng suất - biến dạng



Hình 9. Biểu đồ phân bố chiều dày thành của các mẫu sau khi miết với cùng một chế độ

Sự sai lệch chiều dày thành so với định luật sin và chiều dày thành không đồng đều được giải thích như sau: Trong quá trình miết biến mỏng, diện tích tiếp xúc giữa con lăn miết và phôi trong quá trình làm việc là lớn, vì thế làm xuất hiện hiện tượng uốn trên vành chi tiết, dẫn đến sự mất ổn định của chi tiết trong quá trình tạo hình, hậu quả làm cho độ dày thành của sản phẩm bị chênh lệch theo đường sinh của chi tiết, bên cạnh đó còn do giới hạn dung sai chế tạo và khe hở miết thực tế lựa chọn lớn hơn khe hở được xác định theo định luật sin. Ngoài ra, do độ cứng vững của hệ thống miết, sự đàn hồi của phôi nên khe hở sẽ lớn hơn giá trị đã chọn.

Khảo sát cơ tính đạt được sau khi miết của sản phẩm được thể hiện trên hình 10. Các mẫu có cùng kích thước (Hình 8) được cắt dọc theo đường sinh phần côn của các chi tiết mẫu. Thí nghiệm thử kéo các mẫu được thực hiện trên hệ thống kéo nén thủy lực MTS Landmark 810 tại Phòng thí nghiệm Bộ môn Cơ học vật rắn, Khoa Cơ khí, Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn. Các kết quả về giới hạn bền và độ dẫn dài tương đối được thể hiện trong bảng 1.



Hình 10. Biểu đồ ứng suất - biến dạng của các mẫu thử kéo sau miết với cùng một chế độ công nghệ

Các kết quả trên cho thấy, giới hạn bền của sản phẩm sau khi miết tăng lên so với phôi ban đầu, còn độ dẻo lại giảm đi do hiện tượng hóa bền biến dạng. Giá trị trung bình của giới hạn bền 378,5 MPa, so với phôi ban đầu 214 MPa, nghĩa là tăng lên khoảng 76,9%, trong khi đó độ dẫn dài tương đối trung bình của 5 mẫu là 8,22%, bằng khoảng 11,1% so với phôi ban đầu.

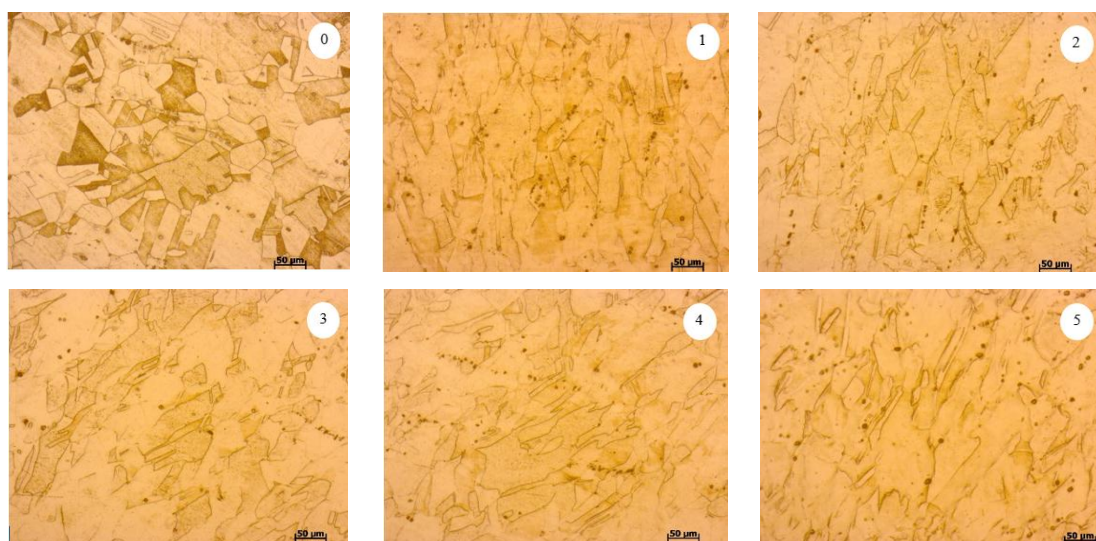
Bảng 1. Cơ tính của thành sản phẩm sau miết biến mỏng

Mẫu	1	2	3	4	5	Trung bình
$\sigma_b$ (MPa)	378,3	379,6	376,8	377,2	380,6	378,5
$\delta$ (%)	8,1	7,6	8,3	8,4	8,7	8,22

Sản phẩm sau miết biến mỏng có giới hạn bền tăng lên, độ dẫn dài tương đối giảm so với phôi ban đầu, nguyên nhân chủ yếu là do sự hóa bền biến dạng nguội cục bộ gây ra bởi khe hở giữa con lăn miết và lõi miết với mức độ biến dạng thực tế lên đến 47,7%.

### 3.2. Khảo sát tổ chức tế vi

Mẫu kiểm tra tổ chức tế vi được lấy trên thành của chi tiết, tạo mẫu kiểm tra bằng epoxy, xử lý tẩm thực và được quan sát cấu trúc vi mô trên kính hiển vi AXIO A2M tại Phòng thí nghiệm Bộ môn Vật liệu và Công nghệ vật liệu, Khoa Cơ khí, Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn. Mẫu 0 là mẫu tổ chức tế vi của phôi trước khi miết biến mỏng, các mẫu số 1 đến 5 là mẫu tổ chức tế vi được lấy từ các sản phẩm sau khi miết ở chế độ đang khảo sát (Hình 11). Quan sát các hình ảnh tổ chức tế vi, nhận thấy rằng các hạt bị kéo dài theo hướng biến dạng lớn nhất.



Hình 11. Tổ chức tế vi của phôi ban đầu và sản phẩm sau miết biến mỏng

Xử lý dữ liệu ảnh tổ chức tế vi bằng phần mềm ImageJ thu được kết quả như bảng 2. So sánh tổ chức tế vi của phôi ban đầu và sản phẩm sau miết biến mỏng cho thấy diện tích hạt trung bình có xu hướng giảm so với phôi ban đầu, tuy nhiên mức độ giảm không đáng kể.

*Bảng 2. Số lượng và kích thước hạt trung bình của phôi và sản phẩm sau miết*

<b>Mẫu</b>	<b>Phôi</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Trung bình 5 sản phẩm</b>
<b>Diện tích hạt trung bình (<math>\mu\text{m}^2</math>)</b>	2268,1	1886,7	2175,5	1956	2090,2	2132	2084,1

#### **4. Kết luận**

Như vậy, khảo sát quá trình miết tạo hình có biến mỏng chi tiết dạng côn có vành từ phôi tấm có thể thấy rằng chiều dày thành chi tiết bị biến mỏng gần đúng theo định luật sin, đồng thời sự phân bố chiều dày ở các mẫu không đều khi thực hiện với cùng một chế độ công nghệ đã lựa chọn nhưng sai lệch vẫn nằm trong giới hạn cho phép. Kết quả khảo sát cũng cho thấy, tổ chức tế vi của sản phẩm có các hạt bị kéo dài theo hướng biến dạng lớn và diện tích hạt trung bình có xu hướng giảm so với phôi ban đầu. Đồng thời, do tính chất hóa bền khi biến dạng nguội nên cơ tính của sản phẩm tăng lên, cụ thể giới hạn bền tăng lên khoảng 76,9%, cùng với đó là sự giảm tính dẻo, độ dẫn dài tương đối bằng khoảng 11,1% so với phôi ban đầu.

#### **Lời cảm ơn**

Nhóm tác giả trân trọng cảm ơn Phòng thí nghiệm Bộ môn Cơ học vật rắn, Phòng thí nghiệm Bộ môn Vật liệu và Công nghệ vật liệu, Khoa Cơ khí, Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn; Công ty Cơ khí Đức Dương đã tận tình giúp đỡ trong quá trình thực hiện nghiên cứu này.

#### **Tài liệu tham khảo**

- [1] O. Music, J.M. Allwood, K. Kawai, "A review of the mechanics of metal spinning," *Journal of Materials Processing Technology*, 210, 3-23, 2010.
- [2] B.P. Bewlay, D.U. Furrer, "Spinning," *ASM Handbook, Volume 14B, Metalworking: Sheet Forming*, 2006.
- [3] M. Tapase, B. Patwardhan, V. Gurav, "Metal Spinning - Design Consideration and parameter of spinning process and its terminology," *IJEDR*, Vol. 2, Iss. 3, 2014.
- [4] D. Chen, Q. Hsu, H. Fuh, "An analysis of force distribution in shear spinning of cone," *International Journal of Mechanical Sciences*, 47, 902-921, 2005.
- [5] E. Quiley, J. Monaghan, "Metal forming: An analysis of spinning process," *Journal of Materials Processing Technology*, 103, 114-119, 2000.
- [6] C. Wong, A. Dean, J. Lin, "A review of spinning, shear forming and flow forming process," *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 43, 1419-1435, 2003.

- [7] Kleiner, R. Ewers, J. Kunert, N. Henkenjohann, C. Auer, *Optimisation of the shear forming process by means of multivariate statistical methods*, Technical Report, No. 2005, 23.
- [8] Mogilny N.I., *Rotary drawing of shell parts on machine tools*, Moscow, Mechanical Engineering, 1983, 192 p.
- [9] Trần Phương Thanh, Trần Đức Hoàn, Ong Thế Đức, “Khảo sát thực nghiệm quá trình miết có biến mỏng thành chi tiết dạng côn có vành trên máy tiện CNC,” *Kỷ yếu Hội nghị khoa học các nhà nghiên cứu trẻ lần thứ XVI - năm 2021*, 257-264, 2021.

## SURVEY OF MECHANICAL AND MICROSTRUCTURE OF SHEAR SPINNING PROCESS OF CONES FLANGE ON CNC LATHE

**Abstract:** *The paper presents the experimental investigation of the change in mechanical properties; the microstructure, and wall thickness distribution when shear spinning of cones flange on CNC lathe. The results show that the distribution of product wall thickness is not uniform due to the bending phenomenon on the flange; the mechanical properties change significantly in increasing strength limit and decreasing elongation relative to the original. The microstructure obtained the particles stretched in the direction of maximum strain, and the average particle area decreased compared to the original organization.*

**Keywords:** Shear spinning; shear spinning of cones flange; wall thickness; strength; microstructure.

*Ngày nhận bài: 05/04/2021; Ngày nhận bản sửa lần cuối: 28/07/2021; Ngày duyệt đăng: 02/08/2021*

