

NGHIÊN CỨU QUÁ TRÌNH TIỆN CỨNG THÉP AISI H13 BẰNG PHẦN MỀM DEFORM-3D

STUDY ON HARD TURNING PROCESS OF H13 STEEL AISI BY USING DEFORM-
3D SOFTWARE

Nguyễn Hữu Thật¹, Lê Nguyễn Anh Vũ², Nguyễn Quốc Mạnh³

¹Bộ môn Chế tạo máy, Khoa Cơ khí, Trường Đại học Nha Trang

²Bộ môn Cơ kỹ thuật, Trường Đại học Nha Trang

³Khoa Cơ khí, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

TÓM TẮT

Deform -3D là phần mềm phân tử hữu hạn có thể mô phỏng hoàn toàn quá trình cắt gọt kim loại. Bài báo này trình bày quá trình mô phỏng số về tiện cứng thép AISI H13 đã qua tôi với độ cứng 52 HRC bằng Deform -3D. Sự ảnh hưởng của các thông số quá trình lên lực cắt và nhiệt cắt đã được phân tích. Kết quả nghiên cứu này, có thể được sử dụng cho việc lựa chọn điều kiện cắt hợp lý trong quá trình tiện cứng thép AISI H13.

Từ khóa: DEFORM-3D; Lực cắt; Nhiệt cắt; Tiện cứng.

ABSTRACT

Deform-3D is a finite element method software that can completely simulate the cutting process of metal. This paper presents a numerical simulation of hard turning of hardened AISI H13 steel with 52 HRC based Deform-3D. The effect of turning parameters on cutting forces and cutting temperature were analyzed. Results of this study can be used for selection of proper cutting conditions in hard turning of hardened AISI H13 steel.

Keywords: DEFORM-3D; Cutting forces; Cutting temperature; Hard turning.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tiện cứng là một giải pháp hiệu quả có thể dùng để thay thế các nguyên công mài trong lĩnh vực sản xuất khuôn mẫu. Tiện cứng là quá trình cắt gọt kim loại có độ cứng cao trong khoảng từ 40 đến 70 HRC [1]. Vật liệu chi tiết trong gia công cứng thường bao gồm các dạng như thép dụng cụ, hợp kim siêu bền, thép hợp kim đã qua xử lý nhiệt,...[2].

Thép AISI H13 là vật liệu được sử dụng khá phổ biến trong lĩnh vực chế tạo khuôn mẫu. Theo quy trình truyền thống, công nghệ chế tạo khuôn mẫu bao gồm gia công thô, xử lý nhiệt và mài tinh. Với qui trình này, nó tiêu tốn khá nhiều thời gian. Hơn nữa, chất lượng bề mặt sau khi mài có xu hướng bị ảnh hưởng nhiệt [1]. Ngày nay, để nâng cao năng suất và chất lượng sản phẩm trong chế tạo khuôn mẫu, quá trình mài tinh thường được thay thế bởi quá trình tiện cứng. Vì vậy, thời gian sản xuất có thể giảm được rút ngắn, năng suất và chất lượng sản phẩm được cải thiện đáng kể [2].

Tuy nhiên, Thép AISI H13 đã tôi thường được xem như là vật liệu khó gia công bởi vì độ bền và độ cứng của chúng rất cao so với các vật liệu khác. Do đó, trong tiện cứng, để đạt được chất lượng bề mặt tốt nhất, năng suất cao và chi phí thấp, đồng thời kéo dài tuổi bền của dụng cụ cắt thì thông số quá trình gia công phải được chọn lựa thích hợp. Việc lựa chọn thông số cắt cho quá trình tiện cứng đối với mỗi vật liệu khác nhau, bằng phương pháp khảo sát thực nghiệm để có được thông số cắt phù hợp là công việc tiêu tốn thời gian, dẫn đến làm tăng chi phí trong quá trình sản xuất. Hiện nay, với sự phát triển nhanh của công nghệ máy tính và phần mềm, các phần mềm phần tử hữu hạn như DEFORM, ANSYS, ABAQUS,... đã từng được ứng dụng khá phổ biến trong quá trình mô phỏng gia công cắt gọt kim loại. Ceretti et al [3] và Tamizharasan et al [4] đã

giới thiệu DFORM-3D là phần mềm mô phỏng phần tử hữu hạn hiệu quả trong quá trình gia công. Parihar et al [5] đã nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số gia công đến lực cắt trong quá trình tiện thép AISI H13 bằng dụng cụ gồm sử dụng trên phần mềm DFORM-3D. Kết quả cho thấy rằng, tốc độ cắt, chiều sâu cắt và lượng ăn dao là các thông số chính ảnh hưởng đến lực cắt trong quá trình tiện.

Trong tiện cứng, lực cắt và nhiệt cắt là các chỉ tiêu quan trọng, liên quan trực tiếp đến tuổi bền của dụng cụ cắt [5]. Do đó, việc hiểu biết và kiểm soát lực cắt và nhiệt cắt là công việc rất quan trọng. Trong nghiên cứu này, một sự cố gắng được tạo ra trong quá trình mô phỏng tiện cứng thép AISI H13 đã xử lý nhiệt đạt độ cứng 52 HRC. Sự ảnh hưởng của các thông số quá trình lên lực cắt và nhiệt cắt đã được thảo luận và phân tích. Kết quả nghiên cứu này có thể sử dụng làm cơ sở cho việc lựa chọn điều kiện cắt hợp lý nhằm nâng cao năng suất và tuổi bền của dụng cụ trong tiện cứng.

2. QUÁ TRÌNH THÍ NGHIỆM

2.1. Vật liệu thí nghiệm

Trong nghiên cứu này, vật liệu gia công là thép AISI H13 đã xử lý nhiệt đạt độ cứng 52 HRC có các đặc tính như được trình bày trong Bảng 1. Dụng cụ cắt là mảnh hợp kim phủ TiCN.

Bảng 1. Đặc tính vật liệu dụng cụ cắt và vật liệu chi tiết gia công [5].

Tính chất vật liệu	AISI H13
Khối lượng riêng (kg/m ³)	4250
Modun đàn hồi (GPa)	370
Hệ số poisson	0,22
Hệ số giãn nở nhiệt (1/°C)	7,8. 10 ⁻⁵
Hệ số dẫn nhiệt (W/mK)	14

2.2. Thông số thí nghiệm

Thông số thí nghiệm cho quá trình tiện cứng tốc độ cao được chỉ ra trong Bảng 2.

Bảng 2. Thông số thí nghiệm của quá trình tiện cứng tốc độ cao [5, 6].

Thông số cắt	Giá trị
Vận tốc cắt, V (m/phút)	180
Chiều sâu cắt, a (mm)	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7
Tốc độ dao, f (mm/vòng)	0,3

2.3. Thiết lập phương trình cắt gọt

Quá trình biến dạng cắt của vật liệu thường được xác định như là một quá trình biến dạng dẻo của kim loại. Trong nghiên cứu này, mô hình cơ bản của Johnson-Cook được sử dụng cho việc mô phỏng quá trình cắt như sau:

$$\bar{\sigma} = (A + B \cdot \epsilon^n) \cdot \left(1 + C \ln \frac{\dot{\epsilon}}{\epsilon_0}\right) \cdot \left[1 - \left(\frac{T - T_r}{T_m - T_r}\right)^m\right] \quad (1)$$

Trong đó, A, B, n, C và m là các hằng số phụ thuộc vào vật liệu. T_m là nhiệt độ nóng chảy của vật liệu và T_r là nhiệt độ phòng. ϵ_0 là tốc độ biến dạng ban đầu. Phần thứ nhất bên phải của phương trình 1 được xem như phần mở rộng của ứng suất chảy $\bar{\sigma}$ tác động lên biến dạng ϵ . Phần thứ 2 được xem như phần mở rộng của $\bar{\sigma}$ chịu ảnh hưởng lên tốc độ biến dạng $\dot{\epsilon}/\epsilon_0$, phần cuối cùng của $\bar{\sigma}$ chịu ảnh hưởng bởi nhiệt độ T.

2.4. Mô hình hóa và mô phỏng

Để đơn giản hóa trong nghiên cứu, mô hình phần tử hữu hạn của quá trình tiện được nghiên cứu dựa trên phần mềm DFORM-3D, được chỉ ra trong Hình 1 và 2. Đối với chia lưới chi tiết, lưới tuyệt đối được lựa chọn với tỉ lệ

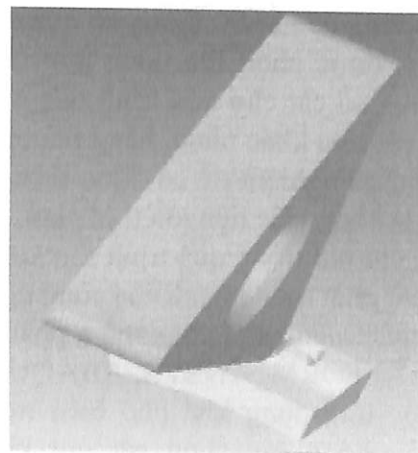
kích thước lưới lớn nhất-nhỏ nhất là 7. Đối với dụng cụ, lưới tương đối được sử dụng với giá trị là 35.000. Các giá trị thông số đầu vào khác cho quá trình mô phỏng được chỉ ra trong Bảng 3.

Bảng 3. Các thông số đầu vào cho quá trình mô phỏng:

Thông số đầu vào	Giá trị
Nhiệt độ môi trường (°C)	20
Hệ số đối lưu giữa dụng cụ với môi trường (N/s/mm/°C)	0,02
Hệ số ma sát	0,6
Hệ số truyền nhiệt (N/s/mm/°C)	45
Nhiệt độ chi tiết (°C)	20



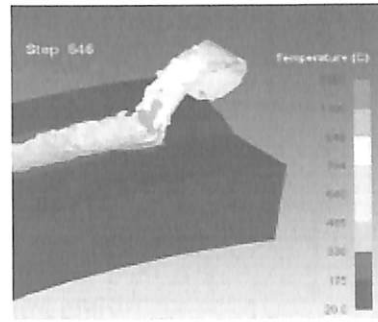
Hình 1. Mô hình chia lưới.



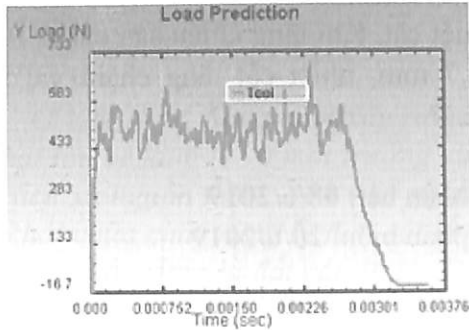
Hình 2. Mô hình tiện.

3. KẾT QUẢ VÀ PHÂN TÍCH

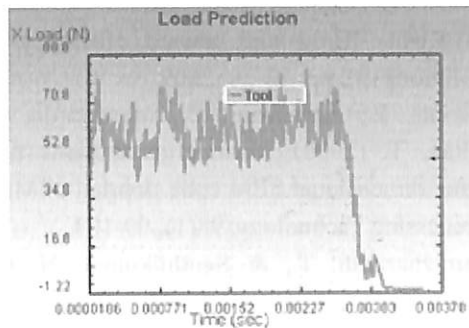
Sau khi mô phỏng tiện cứng, lực cắt thu được gồm 3 thành phần F_x , F_y và F_z như được chỉ ra trong Hình 3 a-c. Nhiệt cắt sinh ra trong quá trình tiện được chỉ ra trong Hình 4.



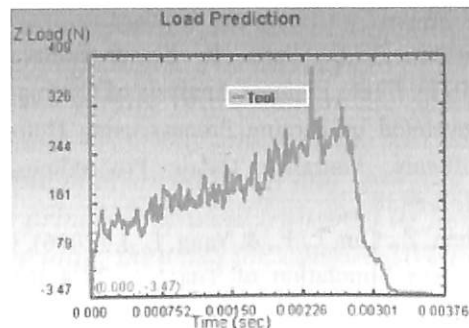
Hình 4. Nhiệt cắt T dưới điều kiện cắt $V=180$ m/phút, $a=0,4$ mm, $f=0,3$ mm/vòng.



(a)



(b)



(c)

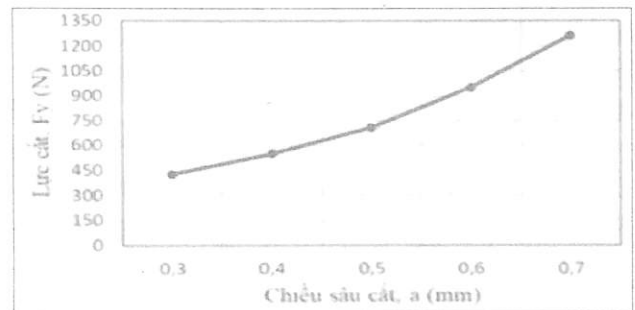
Hình 3. Lực cắt: (a) F_y , (b) F_x ; (c) F_z dưới điều kiện cắt:

$V=180$ m/phút, $a=0,4$ mm, $f=0,3$ mm/vòng.

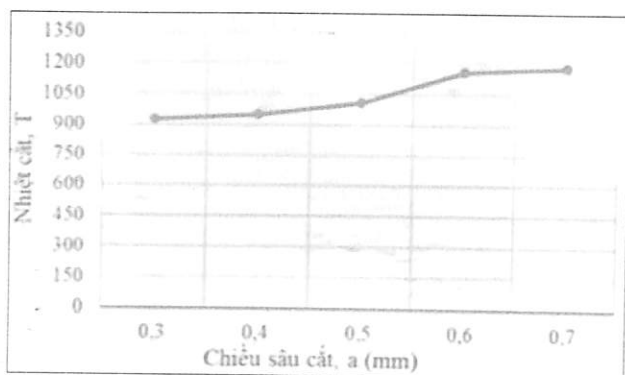
Từ các đồ thị lực cắt, chọn khoảng 20 bước có lực cắt ổn định và tính trung bình các giá trị để đạt được lực cắt. Tương tự, giá trị nhiệt cắt được xác định thông qua đồ thị nhiệt thể trên hình 4. Kết quả thu được về lực cắt và nhiệt cắt được thể hiện trong Bảng 4. Trong quá trình tiện, lực cắt chính là F_y có giá trị cao nhất so với F_x và F_z . Do đó, trong nghiên cứu này, chỉ tập trung vào việc phân tích lực cắt F_y .

Bảng 4. Kết quả mô phỏng:

TT	Vận tốc, V (m/phút)	Tốc độ dao, f (mm/vòng)	Chiều sâu cắt, a (mm)	Lực cắt, F_y (N)	Nhiệt cắt, T (°C)
1	180	0,3	0,3	428	926
2	180	0,3	0,4	550	949
3	180	0,3	0,5	708	1010
4	180	0,3	0,6	952	1160
5	180	0,3	0,7	1263	1180



Hình 5. Lực cắt F_y đã mô phỏng.



Hình 6. Nhiệt cắt sau khi mô phỏng.

Hình 5, biểu diễn mối quan hệ giữa lực cắt chính so với sự thay đổi của chiều sâu cắt. Kết quả cho thấy rằng, khi tăng chiều sâu cắt sẽ làm tăng nhanh lực cắt. Khi tăng chiều sâu cắt từ 0,3mm đến 0,7 mm, lực cắt tăng rất nhanh và đạt tới 66%. Điều này có thể giải thích rằng khi chiều sâu cắt tăng lên làm tăng đáng kể bề dày phoi, do đó dẫn đến tăng thể tích kim loại bị biến dạng. Vì vậy, nó cần một năng lượng rất lớn để hình thành phoi cắt. Từ đây, có thể nhận thấy rằng chiều sâu cắt là nguyên nhân chính ảnh hưởng đến lực cắt [7].

Hình 6, biểu diễn mối quan hệ giữa nhiệt cắt với chiều sâu cắt. Nhìn vào đồ thị có thể nhận thấy rằng, chiều sâu cắt ít ảnh hưởng lên nhiệt cắt. Khi tăng chiều sâu cắt từ 0,3mm đến 0,7 mm, nhiệt cắt tăng chậm và chỉ có 21,5%. Chiều sâu cắt tăng lên dẫn đến diện tích phoi tăng, ma sát giữa phoi và dụng cụ tăng lên và dẫn đến tăng nhiệt cắt. Tuy nhiên, diện tích phoi tăng chậm nên ít ảnh hưởng đến nhiệt cắt [7].

4. KẾT LUẬN

Mô phỏng quá trình tiện cứng thép AISI H13 với độ cứng 52 HRC bằng mảnh hợp kim phủ TiCN dựa trên phần mềm phần tử hữu hạn DEFORM -3D đã được thực hiện. Từ nghiên cứu này, một số kết luận được chỉ ra như sau:

- Mô hình hóa quá trình tiện cứng bằng phần mềm DEFORM-3D;

- Lực cắt chịu ảnh hưởng rất lớn bởi chiều sâu cắt. Khi tăng chiều sâu cắt từ 0,3mm đến 0,7 mm, lực cắt tăng rất nhanh và đạt tới 66%;

- Chiều sâu cắt là yếu tố ít ảnh hưởng lên nhiệt cắt. Khi tăng chiều sâu cắt từ 0,3mm đến 0,7 mm, nhiệt cắt tăng chậm và chỉ có 21,5%. ❖

Ngày nhận bài: **08/6/2019**

Ngày phân biên: **20/6/2019**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. J. P. Davim, Machining of hard materials: Springer Science & Business Media, 2011.
- [2]. C. Richt, "Hard turn toward efficiency," Gear Solutions (4), pp. 22-30, 2009.
- [3]. Ceretti, E., Lazzaroni, C., Menegardo, L., & Altan, T. (2000). Turning simulations using a three-dimensional FEM code. Journal of Materials Processing Technology, 98(1), 99-103.
- [4]. Tamizharasan, T., & Senthilkumar, N. (2014). Numerical simulation of effects of machining parameters and tool geometry using DEFORM-3D: optimization and experimental validation. World Journal of Modelling and Simulation, 10(1), 49-59.
- [5]. Parihar, R. S., Sahu, R. K., & Srinivasu, G. (2017). Finite Element Analysis of Cutting Forces Generated in Turning Process using Deform 3D Software. Materials Today: Proceedings, 4(8), 8432-8438.
- [6]. Chen, Z., Qin, L. F., & Yang, L. J. (2016). Cutting Process Simulation of Titanium TC4 Based on DEFORM-3D. DEStech Transactions on Computer Science and Engineering, (itms).
- [7]. Aouici, H., Yallese, M. A., Fnides, B., & Mabrouki, T. (2010). Machinability investigation in hard turning of AISI H11 hot work steel with CBN tool. Mechanics, 86(6), 71-77.