

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG PHẦN MỀM CAE ĐỂ MÔ PHỎNG QUÁ TRÌNH CẮT GỌT KIM LOẠI

RESEARCH ON THE APPLICATION OF CAE SOFTWARE SIMULATION OF METAL CUTTING DEPARTMENT

Phạm Văn Huy¹, Hoàng Đại Hải¹, Nguyễn Quang Khải¹,
Nguyễn Anh Dũng¹, Phạm Đoàn Trang¹, Nguyễn Việt Hùng^{2,*}

TÓM TẮT

Bài báo nghiên cứu tạo ra một mô hình số để mô phỏng các ứng suất dư gây ra khi gia công trong vật liệu gia công hoàn thiện. Abaqus/CAE đã được sử dụng để tạo ra mô hình số. Đầu tiên mô hình 2D đơn giản đã được nghiên cứu và sau đó mô hình 3D đã được phát triển. Để cải thiện chất lượng sản phẩm và hiệu suất của công cụ, việc hiểu rõ hơn về quy trình là rất quan trọng. Mô phỏng máy tính có thể là một đóng góp có giá trị và các thông số cắt có thể được đánh giá một cách hiệu quả để đạt được quy trình tối ưu.

Từ khóa: Mô phỏng, CAE, Abaqus, ứng suất.

ABSTRACT

The research paper creates a numerical model to simulate residual stresses caused by machining in finished machined materials. Abaqus/CAE was used to generate the numerical model. First simple 2D models were studied and then 3D models were developed. To improve product quality and tool performance, a better understanding of the process is critical. Computer simulation can be a valuable contribution and cutting parameters can be effectively evaluated to achieve the optimal process.

Keywords: Simulation, CAE, Abaqus, Stress.

¹Lớp Cơ khí 06 - K14, Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: hung2009hai@gmail.com

1. GIỚI THIỆU

Bản chất của công việc nghiên cứu này là tạo ra một mô hình số để mô phỏng các ứng suất dư gây ra khi gia công trong vật liệu gia công hoàn thiện và cố gắng hiểu rõ hơn về hành vi của chúng và cũng như ảnh hưởng của các thông số cắt đến xu hướng của chúng. Để đạt được điều này, Abaqus/CAE đã được sử dụng để tạo ra mô hình số. Đầu tiên mô hình 2D đơn giản đã được nghiên cứu và sau đó mô hình 3D đã được phát triển. Cắt là một cách phổ biến để tạo hình kim loại. Từ quan điểm cơ học, nó là một quá trình rất phức tạp và các chi tiết vẫn chưa được hiểu rõ. Ở phía trước của dụng cụ, vật liệu của chi tiết gia công đang trải qua những biến dạng rất lớn với tốc độ biến dạng cao, điều này làm cho nhiệt độ tăng lên đáng kể. Các biến dạng và ứng suất lớn gây ra biến dạng vật liệu, nơi hình thành phoi. Tương tác giữa phoi và dụng cụ có thể bao

gồm lực ma sát cao và thậm chí là độ bám dính không mong muốn, dưới nhiệt độ cao.

Các vấn đề có thể xảy ra trong hoạt động cắt kim loại là:

- Ứng suất dư trong chi tiết gia công hoàn thiện.
- Các bất thường trên bề mặt cắt gia công hoàn thiện.
- Mòn và mài của dụng cụ.
- Chip quá dài.

Để cải thiện chất lượng sản phẩm và hiệu suất của công cụ, việc hiểu rõ hơn về quy trình là rất quan trọng. Cho đến nay, sự phát triển của các công cụ cắt và việc lựa chọn các thông số cắt thích hợp đã dựa trên các nghiên cứu thực nghiệm và dựa trên kinh nghiệm của nhà thiết kế công cụ. Một số đại lượng, chẳng hạn như phân bố ứng suất dư và nhiệt độ, rất khó đo trong thí nghiệm. Do đó, mô phỏng máy tính có thể là một đóng góp có giá trị và các thông số cắt có thể được đánh giá một cách hiệu quả để đạt được quy trình tối ưu.

1.1. Tính lực cắt trong quá trình cắt đơn giản (thẳng góc)

Ở đây ta xét lực trong trường hợp cụ thể lực trong trường hợp cụ thể, ta dùng công thức như trong bảng 1.

Bảng 1. Công thức tính lực cắt

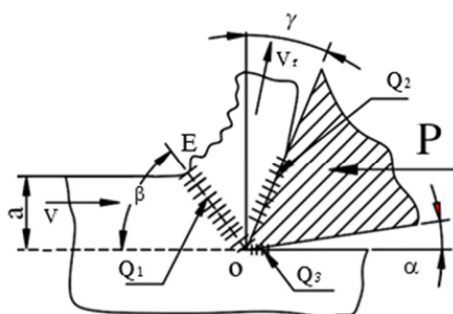
Lực cắt	Công thức	
Tiếp tuyến P_z	$P_z = C_{pz} t^{x_{pz}} . S^{y_{pz}} . V^{n_{pz}} . K_{Mpz} \text{ (KG)}$	C_{pz}, C_{py}, C_{px} : Các hệ số
Hướng kính P_y	$P_y = C_{py} t^{x_{py}} . S^{y_{py}} . V^{n_{py}} . K_{Mpy} \text{ (KG)}$	t: Chiều sâu cắt, mm
Lực chạy dao P_x	$P_x = C_{px} t^{x_{px}} . S^{y_{px}} . V^{n_{px}} . K_{Mpx} \text{ (KG)}$	S: Lượng chạy dao, mm/vg
		V: Tốc độ cắt (m/phút)
		k: Hệ số phụ thuộc vật liệu gia công
		x_p, y_p, n_p : Số mũ

1.2. Nguồn nhiệt và phân bố nhiệt

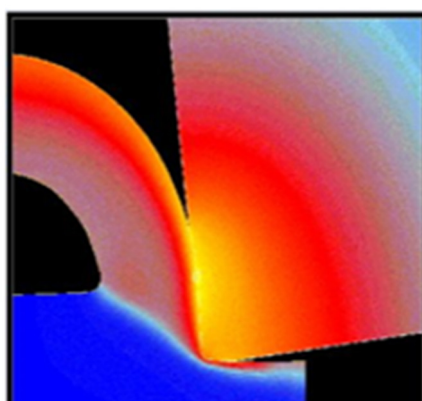
Trong quá trình tạo phoi, ở vùng cắt sinh ra một nhiệt lượng lớn. Các nguồn nhiệt sinh ra là:

- Nội ma sát do các phân tử trượt lên nhau trong quá trình biến dạng ở miền biến dạng số 1, sinh ra lượng nhiệt Q_1 xung quanh mặt trượt OE. Nó là nguồn sinh nhiệt chính trong quá trình cắt.

- Miền biến dạng số 2, do ma sát giữa phôi và mặt trước dao sinh ra Q_2 .
- Q_3 do ma sát giữa mặt sau dao và bề mặt gia công.



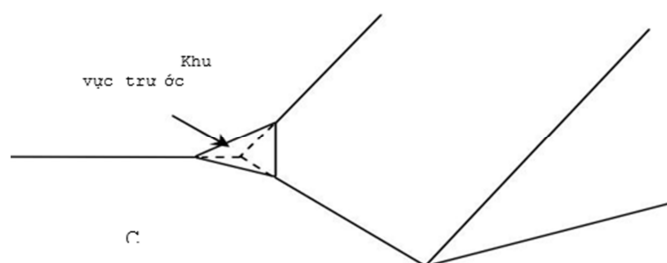
Hình 1. Các nguồn sinh nhiệt



Hình 2. Nhiệt độ cắt trên mặt trước dao

1.3. Ứng suất cắt trong cắt kim loại

Ứng suất cắt trong quá trình cắt kim loại cao hơn ứng suất chảy đã xác định từ thử nghiệm kéo trên vật liệu làm việc. Hiệu ứng cọ xát và sự tồn tại của vùng trước dòng chảy là hai nguyên nhân của tình trạng này. Hiệu ứng cọ xát trên khoảng trống của công cụ giới thiệu một lực được đo nhưng không đóng góp vào quá trình cắt. Thứ hai, một vùng trước dòng chảy hiện diện trong hầu hết các quá trình cắt kéo dài chiều dài của mặt phẳng cắt giả định trong phân tích. Ngoài hai lý do này, ứng suất bình thường cao có thể làm tăng năng suất cắt, ứng suất trên mặt phẳng cắt trong quá trình cắt.



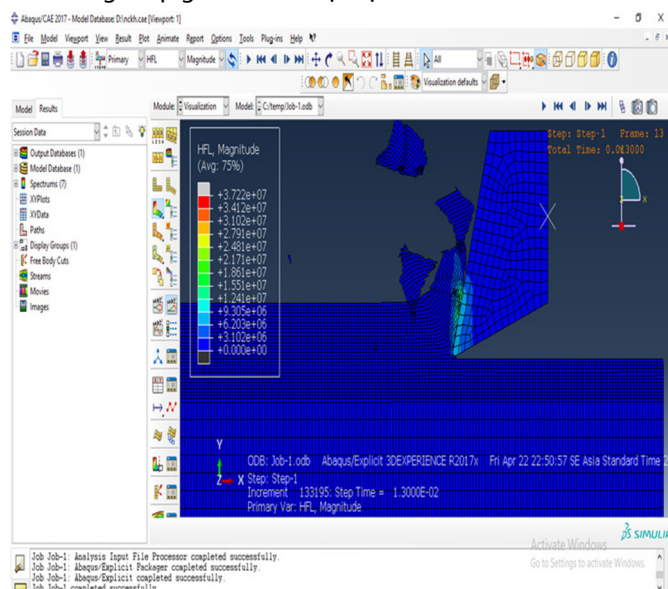
Hình 3. Khu vực trước dòng chảy

2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH MÔ PHỎNG QUÁ TRÌNH CẮT TRÊN CAE

Để xây dựng mô hình mô phỏng ta lần lượt tiến hành trải qua các bước tiến hành trên ứng dụng.

- Bước 1: Khởi động phần mềm Abaqus
- Bước 2: Tạo phôi và dụng cụ cắt trong môi trường part
- Bước 3: Tạo phôi
- Bước 4: Tạo dao cắt
- Bước 5: Thêm nhiệt và độ dẫn vào phôi và dao
- Bước 6: Gán đặc tính vật liệu cho phôi và dao
- Bước 7: Lắp ráp phôi và dao
- Bước 8: Thiếp lập Mô-đun
- Bước 9: Xác định điểm tiếp xúc giữa phôi và dao
- Bước 10: Xác định điều kiện biên
- Bước 11: Xác định Mô-đun tải
- Bước 12: Tạo lưới
- Bước 13: Tạo công việc hoạt động cho mô hình
- Bước 14: Kết quả

Sau khi thực hiện thiết lập xong các bước ta mô phỏng được quá trình cắt gọt. Ở đây xét đến quá trình cắt của dao bào bằng thép gió cắt trên vật liệu nhôm.

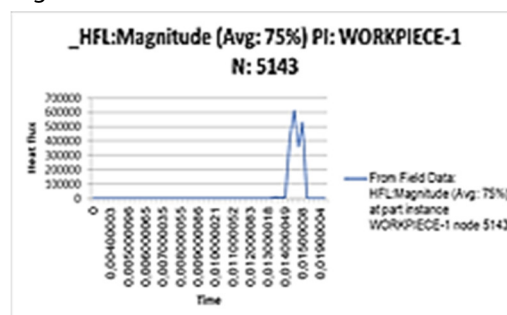


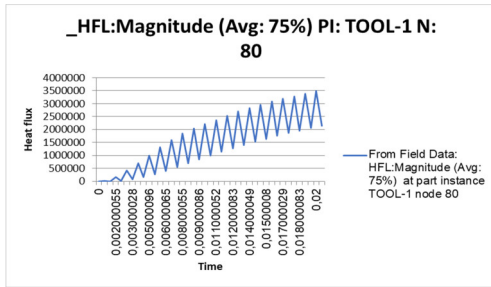
Hình 4. Kết quả xây dựng mô hình mô phỏng

3. PHÂN TÍCH VÀ KẾT LUẬN QUÁ TRÌNH CẮT THÔNG QUA MÔ PHỎNG

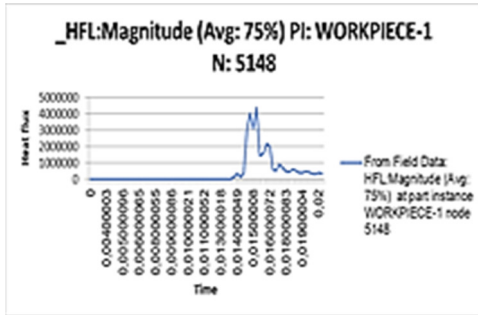
- Nhiệt cắt của dao góc $\alpha = 15^\circ$ và góc $\alpha = 0^\circ$

* Với góc $\alpha = 0^\circ$

Hình 5. Biểu đồ nhiệt tại vị trí Q_1

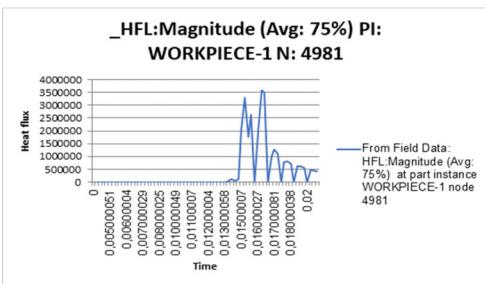


Hình 6. Biểu đồ nhiệt tại vị trí Q_2

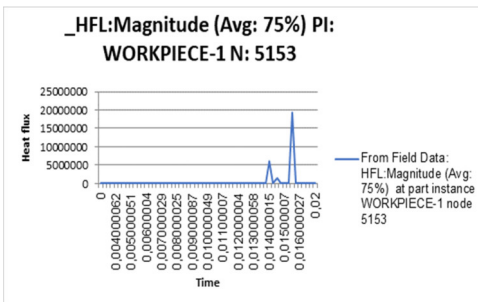


Hình 7. Biểu đồ nhiệt tại vị trí Q_3

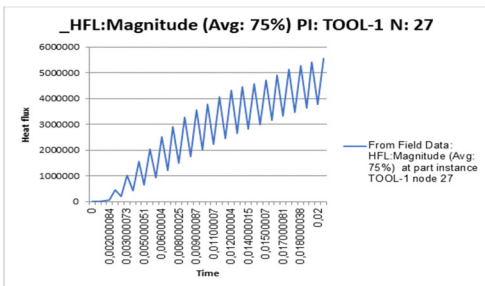
* Với góc $\alpha = 15^\circ$



Hình 8. Biểu đồ nhiệt tại vị trí Q_1



Hình 9. Biểu đồ nhiệt tại vị trí Q_2

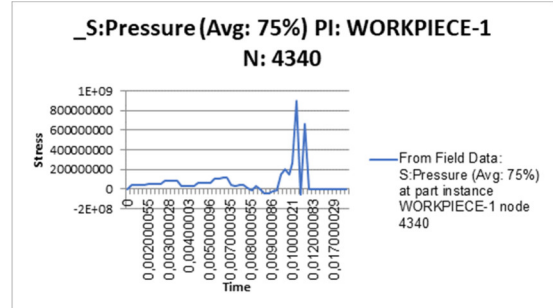


Hình 10. Biểu đồ nhiệt tại vị trí Q_3

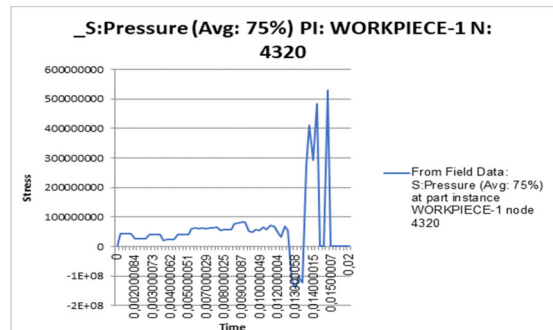
Nhận xét: Nhiệt lượng sinh ra khi cắt làm nóng các bộ phận ở vùng cắt (phoi, chi tiết và dao). Nhiệt sinh ra của

dao góc $\alpha = 15^\circ$ lớn hơn góc $\alpha = 0^\circ$ do nhiệt lượng gây ra đồng thời phụ thuộc vào thể tích vật thể chứa nhiệt và khả năng truyền nhiệt của chúng. Trong quá trình cắt nhiệt lượng sinh ra khi cắt (Q) sẽ nung nóng phoi, dao và chi tiết với tình trạng nhiệt độ khác nhau.

- Ứng suất của dao góc $\alpha = 15^\circ$ và góc $\alpha = 0^\circ$



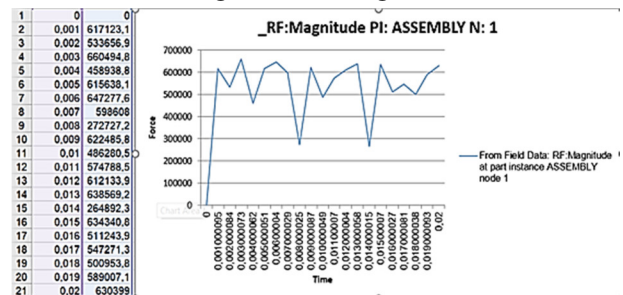
Hình 11. Biểu đồ ứng suất góc $\alpha = 0^\circ$



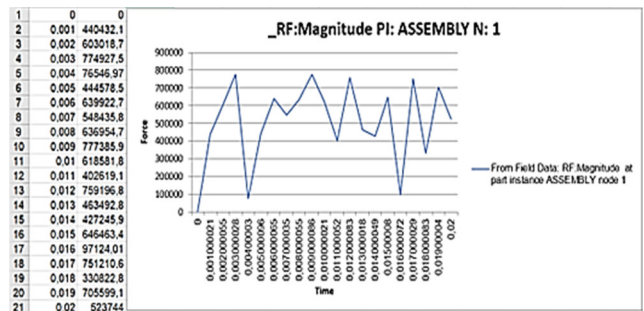
Hình 12. Biểu đồ ứng suất góc $\alpha = 15^\circ$

Nhận xét: Khi ta thay đổi góc α ta thấy rằng góc $\alpha = 0^\circ$ có lượng ứng suất lớn hơn góc ứng suất $\alpha = 15^\circ$ do diện tích tiếp xúc bề mặt nhiều hơn. Ứng suất lớn nhất xuất hiện trên bề sườn của con dao gần bán kính đầu dao cho mọi góc cắt.

- Lực cắt của dao góc $\alpha = 15^\circ$ và góc $\alpha = 0^\circ$



Hình 13. Biểu đồ cắt trực giao góc $\alpha = 0^\circ$



Hình 14. Biểu đồ cắt trực giao góc $\alpha = 15^\circ$

Nhận xét: Trong quá trình cắt khi dao tác dụng lên lớp cắt một lực làm cho lớp cắt biến dạng và tạo thành phoi. Để chống lại ngoại lực, lớp cắt tác dụng vào dao (lên mặt trước và mặt sau) một lực - lực do biến dạng. Khi cắt phoi trượt lên mặt trước, mặt sau trượt lên bề mặt đang gia công tạo ra các lực ma sát. Lực chống lại lực biến dạng và ma sát tác dụng lên dao là lực cắt. Lực cắt của dao góc $\alpha = 0^\circ$ lớn hơn lực cắt của dao góc $\alpha = 15^\circ$.

4. KẾT LUẬN

Bài báo nghiên cứu một mô hình cơ nhiệt của kim loại trực giao biến dạng phẳng cắt với sự hình thành phoi liên tục được trình bày. Mô hình được phát triển có thể dự đoán lực cắt và lực đẩy, hình dạng phoi, độ dày phoi, chiều dài tiếp xúc, lực cắt các góc độ cũng như nhiệt độ, biến dạng, tốc độ biến dạng và sự phân bố ứng suất. Trong phần đầu tiên của nghiên cứu này, ba phương trình cấu thành vật chất khác nhau, hai các mô hình ma sát khác nhau được triển khai, và kết quả của mô hình được so sánh với dữ liệu thực nghiệm có sẵn trong tài liệu. Có thể thấy rằng các mô hình ứng suất dòng chảy có ảnh hưởng lớn đến kết quả tính toán. Kết quả của mô phỏng cho thấy mô hình vật liệu Johnson-Cook có thể đưa ra kết quả chính xác hơn cho đã sử dụng các điều kiện cắt trong phân tích, tuy nhiên lỗi trong tính toán góc cắt và lực đẩy. Trong phần sau của nghiên cứu, góc cào của dụng cụ có ảnh hưởng mạnh đến biến dạng dẻo trong chi tiết gia công, nhiệt độ cắt, tiếp xúc chiều dài, nhiệt độ dao ở trạng thái ổn định và ứng suất của dao, nhiệt độ trên dụng cụ tăng khi góc cào trở nên âm dẫn đến mài mòn dụng cụ nhiều hơn. Tuy nhiên, xu hướng này không được quan sát thấy đối với ứng suất của dụng cụ. Khi cào góc bằng 0° , ứng suất lớn nhất trên dụng cụ nhỏ hơn kết quả ứng suất của dụng cụ có góc cào 15° . Nhiệt độ tăng khi bán kính đầu dao tăng, khi bán kính đầu nhọn tăng lên, ứng suất tối đa trên dụng cụ có xu hướng di chuyển đến bề mặt sườn có thể gây mòn sườn. Các ứng suất tối đa tập trung nhiều hơn ở đầu dụng cụ có thể gây ra biến dạng dẻo của cạnh dụng cụ chẳng hạn như nứt khi sử dụng bán kính đầu dao nhỏ. Cuối cùng, nhiều biến dạng dẻo hơn trên bề mặt gia công được tạo ra khi bán kính đầu tăng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Phùng Xuân Sơn, Trần Đức Quý, Phạm Văn Bổng, Nguyễn Duy Trinh, Nguyễn Chí Tâm, 2016. *Giáo trình Nguyên lý cắt*. Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội.
- [2]. Hoàng Tiến Dũng, Nguyễn Văn Thiện, Phạm Văn Trinh, Phạm Thị Thiều Thoa, 2016. *Dự đoán ảnh hưởng của chế độ cắt và góc dao đến lực cắt khi phay bằng dao phay ngón liên khối*. Tạp chí Khoa học & Công nghệ, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội.
- [3]. Phương pháp phần tử hữu hạn. Wikipedia. [Online] https://vi.wikipedia.org/wiki/Phương_pháp_phần_tử_hữu_hạn.
- [4]. Markopoulos, Angelos P. *Finite Element Method in Machining Processes*.
- [5]. Phạm Thị Hoa, 2013. *Nghiên cứu quá trình tạo phoi khi phay cao tốc hợp kim nhôm A6061*. Hà Nội.
- [6]. Liu J, Bai Y, Xu C., 2013. *Evaluation of Ductile Fracture Models in Finite Element Simulation of Metal Cutting Processes*. J Manuf Sci Eng.
- [7]. Chen G, Ren C, Jin X, Guo T., 2011. *Finite element simulation of highspeed machining of titanium alloy (Ti-6Al-4V) based on ductile failure model*. Int J Adv Manuf Technol.
- [8]. Mabrouki T, Girardin F, Asad M., 2008. *Numerical and experimental study of dry cutting for an aeronautic aluminium alloy (A2024-T351)*. Int J Mach Tools Manuf.
- [9]. Mohanraj Murugesan, Dong Won Jung, 2019. *Johnson Cook Material and Failure Model Parameters Estimation of AISI-1045 Medium Carbon Steel for Metal Forming Applications*.
- [10]. https://www.researchgate.net/figure/The-procedure-of-modified-Johnson-Cook-model_fig7_313732919