

THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO ĐỒ GÁ MÀI TRÒN NGOÀI TRÊN MÁY MÀI PHẪNG

DESIGN AND MANUFACTURE THE CYLINDRICAL GRINDING-JIGS ON SURFACE GRINDER

Khúc Ngọc Khuê^{1*}, Phùng Huy Phúc¹,
Nguyễn Khả Hùng¹, Đỗ Đức Trung²

TÓM TẮT

Bài báo trình bày việc thiết kế và chế tạo đồ gá mài trong ngoài trên máy mài phẳng. Trên cơ sở các nghiên cứu về tính lực cắt của các nhà khoa học trong và ngoài nước, nghiên cứu này thực hiện việc tính các thành phần lực cắt khi mài trên máy mài phẳng tại Phòng thí nghiệm công nghệ chế tạo máy - Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội. Những giá trị về lực cắt này là cơ sở cho việc chế tạo các thành phần của đồ gá. Đồ gá được chế tạo đã được mài kiểm nghiệm. Kết quả cho thấy, nhám bề mặt khi mài sử dụng đồ gá được chế tạo trong nghiên cứu này tương đương với nhám bề mặt khi mài trên máy mài tròn ngoài thông thường. Điều đó cho thấy, hoàn toàn có thể sử dụng sản phẩm đồ gá được thiết kế - chế tạo trong nghiên cứu này để mài tròn ngoài trên máy mài phẳng trong thực tế sản xuất.

Từ khóa: Đồ gá mài tròn ngoài; máy mài phẳng; lực cắt.

ABSTRACT

This paper presents the design and manufacture the cylindrical grinding-jigs on surface grinder. Based on the study of cutting force of scientists had published, this study carried out the calculation of cutting force components when grinding on a surface grinder, this machine stay manufacturing technology laboratory - Hanoi University of Industry. These value of cutting force values are the basis for making jigs components. The jigs had tested in this machine. The results showed that surface roughness of the workpiece when grinding using jigs that manufactured in this study is the same the surface roughness when grinding on conventional cylindrical grinders. This shows that it is possible to use jigs on a surface grinder in actual production.

Keywords: Cylindrical Grinding-Jigs; surface grinder; cutting force.

¹Lớp Cơ khí 1 - K10, Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

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

*Email: ngockhuehau1298@gmail.com

1. GIỚI THIỆU

Trong gia công cơ khí, gia công bằng phương pháp mài chiếm một vị trí quan trọng và thường được chọn là phương pháp gia công lần cuối cho các bề mặt yêu cầu độ bóng bề mặt và độ chính xác cao. Mài tròn ngoài là phương pháp gia công có tính vạn năng cao và có thể thực hiện với nhiều kiểu chạy dao khác nhau: chạy dao dọc, chạy dao ngang, chạy dao xiên. Tuy nhiên, trong qui mô sản xuất nhỏ hay trong sửa chữa, nhiều cơ sở sản xuất chưa có đủ điều kiện trang bị máy mài tròn ngoài.

Việc nghiên cứu mở rộng khả năng công nghệ của một loại máy công cụ nào đó luôn được các nhà công nghệ quan tâm. Việc nghiên cứu công nghệ mài tròn ngoài trên máy mài phẳng vừa giúp sinh viên hiểu rõ hơn về phương pháp mở rộng khả năng công nghệ của máy, vừa có thể tạo điều kiện thực hiện đồng thời công việc mài tròn ngoài trên các máy công cụ.

2. THIẾT KẾ - CHẾ TẠO VÀ THỬ NGHIỆM ĐỒ GÁ

Thông số đầu vào của quá trình thiết kế dựa trên việc nghiên cứu thông số, đặc tính kỹ thuật của máy mài phẳng APSG-820/2A tại Tầng 1 Nhà A9 Phòng thí nghiệm công nghệ chế tạo máy (hình 1). Đây chính là tiền đề để tính toán và thiết kế đồ gá để sử dụng cho chính máy đó và các máy công cụ có đặc tính tương tự.



Hình 1. Máy mài phẳng

Cơ sở tính toán các chi tiết của đồ gá dựa vào các thành phần lực cắt. Việc tính toán các thành phần lực cắt khi mài được tính toán theo nghiên cứu của các tác giả Nguyễn Văn Thiện và các cộng sự [1]. Trong tài liệu đó, Nguyễn Văn Thiện và cộng sự đã xây dựng phương pháp xác định lực mài dựa trên phương pháp của Hecker và cộng sự [2]. Để tính các thành phần lực mài, ngoài các thông số đầu vào phụ thuộc vào điều kiện gia công cụ thể, còn các thông số khác được chọn theo các nghiên cứu đã công bố như trong bảng 1.

Bảng 1. Các thông số để tính toán

Thông số	Giá trị	Đơn vị	Ghi chú	Tham khảo
d_f	0,5			[1]

k	1,2			[1]
A	0,96			[1]
K_g	$3710 \cdot 10^{-5}$	mm/N		[1]
r	10			[1]
d_G	180	mm	Điều kiện gia công	
$q = v_G/v_w$	80	m/min	Điều kiện gia công	
a	60	μm	Điều kiện gia công	
w	13	mm	Điều kiện gia công	
θ	56,96	degree	dressed before every experiment with a sharp (cone angle of 75°)	[5]
HB	65400	N/mm ²	Điều kiện gia công	
D	0,08	mm		[5]
f	0,25			[5]
α	75	Độ		[5]
M	60		Điều kiện gia công	
f_d	0,5			[5]
ϑ	0,2			[5]

Lực pháp tuyến và tiếp tuyến trên mỗi hạt mài được mô hình bởi Hecker và cộng sự [2] dựa trên sự giống nhau giữa độ thụt hạt và thử độ cứng Brinell do Shaw đề xuất [3]. Các lực tiếp tuyến và lực pháp tuyến trên mỗi hạt được tính theo:

$$F'_t = F''(\sin\alpha + f\cos\alpha) \quad (1)$$

$$F'_n = F''(\cos\alpha - f\sin\alpha) \quad (2)$$

Trong đó:

f : là hệ số ma sát giữa đá mài và vật liệu phôi;

α : là góc gia công hiệu quả;

Lực F'' , được tính trực tiếp từ định nghĩa kiểm tra Brinell:

$$F'' = d_f \frac{HB \cdot \pi \cdot D_g}{2} (D_g - \sqrt{D_g^2 - b^2}) \quad (3)$$

Trong đó

d_f : là hằng số thực nghiệm được điều chỉnh với dữ liệu thực nghiệm. Yếu tố này kết hợp các hiện tượng không thay đổi như hiệu ứng nhiệt, hình dạng hạt hình cầu không hoàn hảo và sự khác biệt giữa số lượng khai thác Brinell và thử nghiệm khai thác động [4].

D_g : là đường kính hạt mài.

b : là đường kính của bề lõm bề mặt khi hạt mài mài vào bề mặt chi tiết.

$$b = D_g \sin(\alpha) \quad (4)$$

Góc cắt hiệu quả α chưa được biết. Góc này có thể được tính từ mối quan hệ hình học trong hình 2, trong đó chúng ta có:

$$\alpha = \arccos(1 - 2h_m/D_g) \quad (5)$$

Với $h_m = 0,01$ (mm) và $D_g = 0,2$ (mm)

$$\Rightarrow \alpha = \arccos\left(1 - \frac{2 \cdot 0,01}{0,2}\right) = 66,42^\circ$$

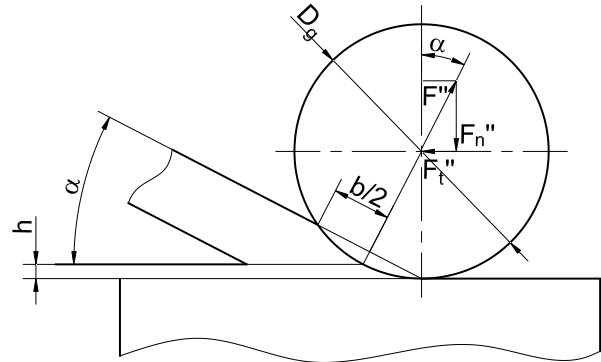
$$\Rightarrow b = D_g \sin(\alpha) = 0,2 \cdot \sin(66,42^\circ) = 0,183 \text{ (mm)}$$

Với h là độ dày phoi không bị biến dạng hoặc độ sâu của hạt tham gia. h_m là độ dày phoi lớn nhất gần bằng chiều sâu cắt.

$$\Rightarrow F'' = 0,5 \cdot \frac{65400 \cdot 3,14 \cdot 0,2}{2} (0,2 - \sqrt{0,2^2 - 0,183^2}) = 1225 \text{ (N)}$$

$$\Rightarrow F'_t = 204,47(\sin 66,42 + 0,25 \cos 66,42) = 1245,2 \text{ (N)}$$

$$F'_n = 204,47(\cos 66,42 - 0,25 \sin 66,42) = 1000 \text{ (N)}$$



Hình 2. Mô hình lực trên mỗi đại diện hạt

Các lực tiếp tuyến và lực pháp tuyến trên một đơn vị chiều rộng cắt có thể được biểu thị như sau:

$$F'_t = F'' \cdot N'_d \quad (6)$$

$$F'_n = F'' \cdot N'_d \quad (7)$$

Trong đó: N'_d : là số lượng hạt hoạt động trên mỗi chiều rộng cắt.

$$N'_d = C_d l_c = w C_{d(z')} l_c \quad (8)$$

Trong đó:

C_d : mật độ hạt động

l_c : chiều dài tiếp xúc của đá mài với chi tiết

w : chiều rộng cắt của đá mài

$C_{d(z')}$: mật độ cắt động tích lũy

$$C_{d(z')} = \frac{C_{s(z')}}{1 + \frac{2 C_{s(z')} \operatorname{tg}(\theta)}{z \operatorname{tg}(\varepsilon)} E(h^3)} \quad (9)$$

Trong đó, phân phối hạt tĩnh được sửa đổi do độ lệch hạt cục bộ, δ được tính bởi:

$$C_{s(z')} = A(z + \delta)^k \quad (10)$$

Trong đó:

A : là hằng số cho phân bố hạt tĩnh, nó rất khó xác định.

Độ vông hạt cục bộ được tính từ công thức:

$$\delta = F'' \cdot K_g = 1225 \cdot 3710 \cdot 10^{-5} = 45,44$$

với K_g là hằng số lò xo hạt tương đương, rất khó xác định và F'' giá trị dự kiến của lực bình thường trên mỗi hạt mài.

$$z = E(h) + 3\sigma(h)$$

Trong đó:

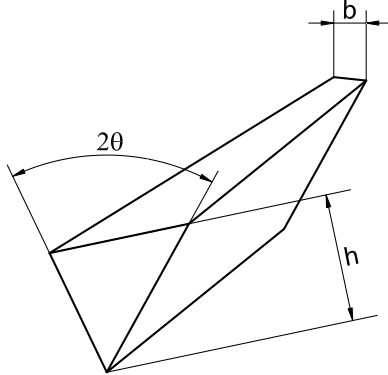
Khoảng cách xuyên tâm vào đá mài tham gia cắt trong quá trình mài, z , bằng với giá trị tối đa của độ dày phoi.

$E(h)$ và $\sigma(h)$ lần lượt là giá trị mong đợi và độ lệch chuẩn cho độ dày phoi không biến dạng.

Ta lấy giá trị: $\sigma(h) = 0$

Hình dạng hạt hình nón giả hình tam giác với góc trong là 2θ . Góc hình nón bên trong này cũng xác định mối quan hệ giữa độ dày phoi (h) và chiều rộng phoi (b) được cho bởi $\text{tg}(\theta) = b/2h$ (hình 3) [5].

Ta có: $\theta = 56,96^\circ \Rightarrow \text{tg}(56,96^\circ) = 1,61$



Hình 3. Hình dạng phoi mài

Hình dạng của góc này được cho bởi yếu tố:

$$\text{tg}(\varepsilon) = \frac{2v_w t}{v_s d_e} = \frac{2 \cdot 0,33 \cdot 0,06}{26 \cdot 21,95} = 6,94 \cdot 10^{-5}$$

Trong đó t là độ sâu cắt, v_w và v_s là tốc độ tiếp tuyến của phôi và đá mài

Đường kính tương đương được xác định là:

$$d_e = \frac{d_G}{1 + \frac{d_G}{d_w}} = \frac{180}{1 + \frac{180}{25}} = 21,95$$

Trong đó: d_G là đường kính đá mài, d_w là đường kính phôi, dấu trừ dành cho mài bên trong và dấu cộng là để mài bên ngoài.

Từ các phương trình trên, ta thấy rằng lực cắt phụ thuộc vào nhiều yếu tố, chẳng hạn như $HB, d_f, D_g, v_w, E(h), \dots$

Giá trị mong đợi của độ dày phoi không biến dạng

Mô hình độ dày phoi hiện có được đề xuất bởi Anne Venu Gopal và cộng sự [1]. Phương trình như sau:

$$E(h) = 2 \sqrt{\frac{1}{Nr} \frac{v_w}{v_G} \sqrt{\frac{t}{d_e}}} \tag{11}$$

Trong đó:

v_w : vận tốc của chi tiết

v_s : vận tốc của đá mài

t : chiều sâu cắt

r : là tỷ lệ chiều rộng và chiều dày phoi. Giá trị này rất khó xác định và được giả định trong khoảng 10-20 [1, 2].

N : số lượng hạt hoạt động trên một diện tích đơn vị

$$N = 4f_d \frac{1}{d_g^2} \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{4\pi}{3\theta}\right)^2}} \tag{12}$$

Trong đó:

f_d : tỷ lệ các hạt mài tham gia vào hoạt động mài. Giá trị của f_d rất khó xác định.

d_g : đường kính hình cầu tương đương của đá kim cương.
 $d_g = 15,2/M$ (13)

Trong đó:

M : số lưới được sử dụng trong sàng phân loại

θ : phần khối lượng của kim cương trong đá mài

Từ các biểu thức trên, xác định được giá trị của giá trị kỳ vọng của độ dày phoi không biến dạng sẽ là:

$$E(h) = 6,8254 \left(\frac{1}{f_d \cdot r}\right)^{1/2} \left(\frac{v_w}{v_G}\right)^{1/2} \left(\frac{4\pi}{3\theta}\right)^{1/3} \left(\frac{t}{d_e}\right)^{1/4} \tag{14}$$

$$= 6,8254 \cdot \left(\frac{1}{0,5 \cdot 10}\right)^{1/2} \left(\frac{1}{80}\right)^{1/2} \left(\frac{4 \cdot 3,14}{3 \cdot 0,2}\right)^{1/3} \left(\frac{0,06}{21,95}\right)^{1/4}$$

$$= 0,215$$

$$\Rightarrow z = E(h) + 3\sigma(h) = 0,215 + 3 \cdot 0 = 0,215$$

$$\Rightarrow C_{s(z')} = A(z + \delta)^k = 0,96 \cdot (0,215 + 45,44)^{1,2} = 43,83$$

$$\Rightarrow C_{d(z')} = \frac{C_{s(z')}}{1 + \frac{2}{3} \frac{C_{s(z')} \text{tg}(\theta)}{z \text{tg}(\varepsilon)} E(h^3)}$$

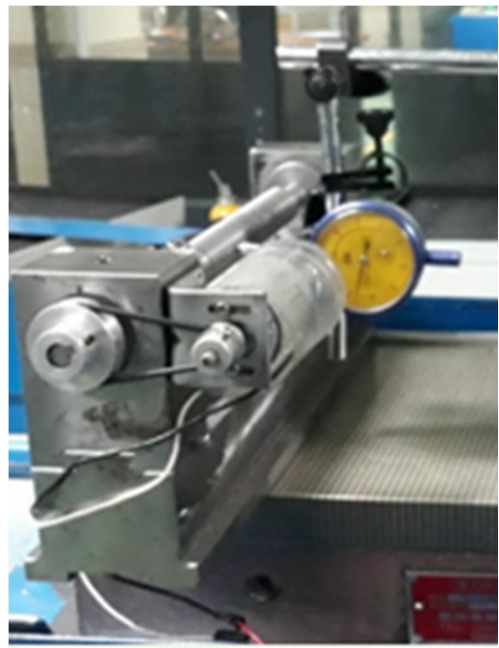
$$= \frac{43,83}{1 + \frac{2 \cdot 43,83 \cdot \text{tg}(56,96^\circ)}{3 \cdot 0,215 \cdot 6,9 \cdot 4 \cdot 10^5} \cdot 0,215^3} = 1,46 \cdot 10^{-3}$$

$$\Rightarrow N'_d = C_d l_c = w C_{d(z')} l_c = 13 \cdot 1,46 \cdot 10^{-3} \cdot 13 = 0,25 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$\Rightarrow F'_t = F''_t \cdot N'_d = 1245,2 \cdot 0,25 = 308 \text{ (N)}$$

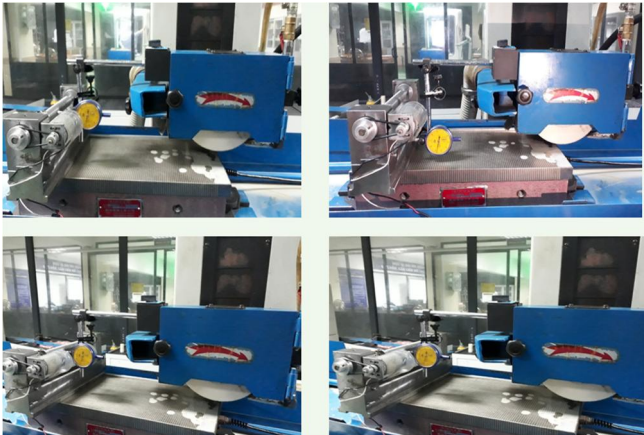
$$F'_n = F''_n \cdot N'_d = 1000 \cdot 0,25 = 250 \text{ (N)}$$

Những giá trị về các thành phần lực cắt vừa xác định ở trên là cơ sở cho việc chế tạo các thành phần của đồ gá (hình 4).



Hình 4. Đồ gá mài tròn ngoài trên máy mài phẳng

Sau khi chế tạo đồ gá, tiến hành gá đồ gá lên máy mài phẳng, hiệu chỉnh đồ gá (hình 5) và gia công thử (hình 6).

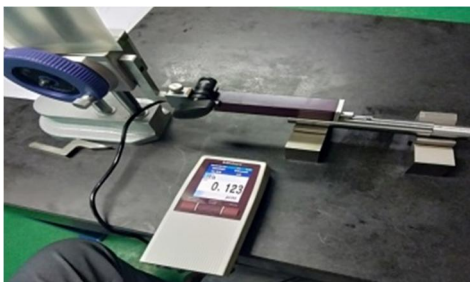


Hình 5. Quá trình hiệu chỉnh đồ gá



Hình 6. Quá trình mài thực nghiệm

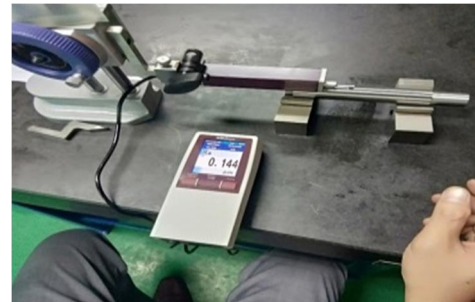
Bề mặt chi tiết gia công được đo độ nhám bằng máy đo SJ-201 (hình 7). Kết quả cho thấy, nhám bề mặt của chi tiết khi mài sử dụng đồ gá được thiết kế - chế tạo trong nghiên cứu này tương đương với nhám bề mặt khi mài trên máy mài tròn ngoài thông thường.



Mẫu số 1



Mẫu số 2



Mẫu số 3

Hình 7. Đo nhám bề mặt của chi tiết sau khi mài

3. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã tiến hành mô hình hóa các thành phần lực cắt khi mài tròn ngoài trên máy mài phẳng để làm cơ sở cho việc thiết kế - chế tạo đồ gá. Đồ gá được chế tạo cho phép gia công chi tiết đạt độ nhám bề mặt tương đương khi mài tròn ngoài trên máy mài tròn ngoài.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Do Duc Trung, Nguyen Van Thien, Hoang Tien Dung, Phung Xuan Son, 2018. *Calculating Cutting Force in Grinding, Proceedings of the First International Conference on Material. Machines and Methods for Sustainable Development.*
- [2]. Hecker, R.L., Ramoneda, I., Liang, S.Y., 2003. *Static and dynamic wheel microstructure characterization.* Trans. North Am. Manuf. Res. Inst. Soc. Manuf. Eng.
- [3]. Shaw, M., 1996. *Principles of Abrasive Processing.* Oxford University Press, New York.
- [4]. Werner, G., 1978. *Influence of work material on grinding forces.* Ann. CIRP 27, 243-248.
- [5]. Younis, M., Sadek, M.M., El Wardani, T., 1987. *A new approach to development of a grinding force model.* Trans. ASME 109, 306, 313.