

THIẾT KẾ, CHẾ TẠO MÔ HÌNH MÁY MÀI VÔ TÂM

DESIGNING, MANUFACTURING CENTERLESS GRINDING MODEL

Phạm Phong Phú¹, Đào Mạnh Cường¹,
Trần Văn Quân¹, Nghiêm Đức Huy¹, Đỗ Đức Trung^{2,*}

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày nghiên cứu thiết kế và chế tạo mô hình máy mài vô tâm. Những nội dung cơ bản được nghiên cứu gồm: Xây dựng sơ đồ thiết kế máy; Xác định những thông số đầu vào của quá trình thiết kế máy; Nghiên cứu thiết kế mô hình máy mài vô tâm. Xuất phát từ kích thước và độ chính xác yêu cầu của chi tiết gia công, nhóm nghiên cứu đã tiến hành tính toán để xác định một số thông số cơ bản của máy để xây dựng các bản vẽ chế tạo cho từng chi tiết. Việc lắp ráp các bộ phận để tạo thành mô hình máy sau khi đã chế tạo từng chi tiết. Mô hình máy mài vô tâm đã được vận hành ở chế độ không tải đảm bảo quá trình làm việc ổn định, tiếng ồn nhỏ.

Từ khóa: Mài vô tâm, Mô hình máy mài vô tâm, thiết kế - chế tạo

ABSTRACT

This article presents research, design and manufacture of centerless grinding model. The basic content includes: Defining input parameters of machine design process; researching, designing centerless grinding model. From the size and precision of the workpiece, the research team conducted calculations to determine some basic parameters of the machine and built fabrication drawings for each part. Assembly of parts in the machine model after manufacturing the parts. The model has been operated in no-load mode that one ensures stable working and small noise.

Keywords: Centerless grinding, centerless grinding model, design - manufacture.

¹Lớp CK7 - K11, Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

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

*Email: doductrung@hau.edu.vn

1. GIỚI THIỆU

Phương pháp mài vô tâm được áp dụng rộng rãi trong sản xuất cơ khí, nhất là trong dạng sản xuất loạt lớn - hàng khối. Những nghiên cứu đầu tiên về mài vô tâm được công bố vào năm 1917. Tuy nhiên, phải từ năm 1963 đến nay, các nghiên cứu về mài mới thực sự phát triển. Việc thiết kế, chế tạo máy mài vô tâm đã được thực hiện bởi nhiều hãng khác nhau... Tuy nhiên những hãng này cũng chỉ giới thiệu, cung cấp các loại máy mài vô tâm mà họ chế tạo còn không giới thiệu các tài liệu về thiết kế.

Mặc dù phương pháp mài vô tâm có khả năng gia công chi tiết đạt được độ chính xác, độ bóng bề mặt cao. Tuy nhiên do giá thành của máy mài vô tâm cao và thường chỉ đem lại hiệu quả cao trong dạng sản xuất loạt lớn, hàng khối. Do đó, hiện nay tại các cơ sở đào tạo ở trong nước thường chưa trang bị nhiều về máy mài vô tâm. Bên cạnh

đó, theo tìm hiểu của nhóm nghiên cứu thì những tài liệu về mài vô tâm được công bố trong nước cũng chỉ giới thiệu một cách tổng quát, chưa chuyên sâu về mài vô tâm. Trong bài báo này trình bày một nghiên cứu về thiết kế - chế tạo mô hình máy mài vô tâm. Nhóm tác giả mong muốn đóng góp một phần nhỏ vào việc giúp các bạn sinh viên hiểu rõ hơn về công nghệ mài vô tâm khi học thực hành - thí nghiệm tại xưởng thí nghiệm công nghệ chế tạo máy của khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội.

2. THIẾT KẾ MÁY

2.1. Sơ đồ thiết kế và thông số đầu vào

Sơ đồ thiết kế mô hình máy được trình bày trong hình 1. Máy được thiết kế với mục đích để mài chi tiết có đường kính khoảng 25mm, dài 120mm với yêu cầu độ chính xác đạt cấp 6, độ bóng đạt cấp 7. Đây cũng chính là những thông số đầu vào cho quá trình thiết kế máy.

Trên cơ sở tham khảo nguyên lý hoạt động một số máy gia công truyền thống, nhóm nghiên cứu đề xuất phương án về sơ đồ động của mô hình máy mài vô tâm như trong hình 2.

2.2. Tính các thành phần lực cắt

Lực pháp tuyến và tiếp tuyến trên mỗi hạt mài được xác định như sau:

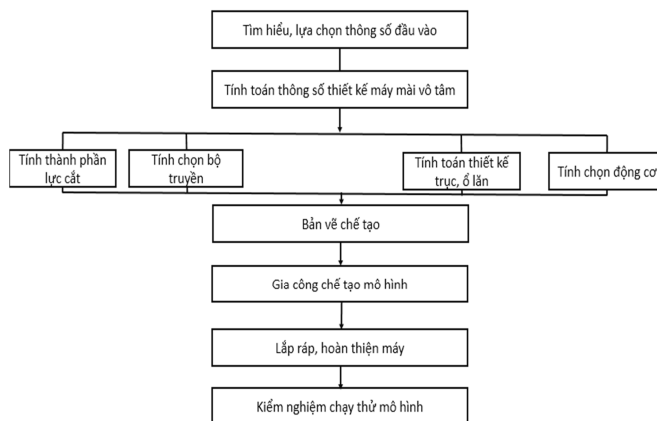
$$F_t'' = F''(\sin\alpha + f\cos\alpha) \tag{1}$$

$$F_n'' = F''(\cos\alpha - fsin\alpha) \tag{2}$$

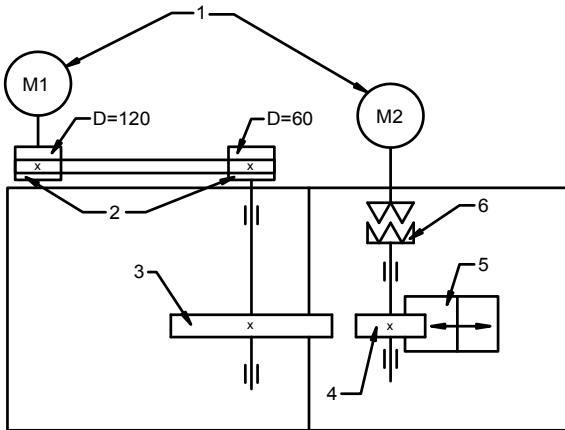
Trong đó:

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

α là góc thoát phoi mài.



Hình 1. Sơ đồ thiết kế tổng quát



Hình 2. Sơ đồ động học mô hình máy mài vô tâm

1 - Động cơ điện M1, M2; 2 - Puly D120, 60; 3 - Đá mài; 4 - Đá dẫn; 5- Rãnh mang cá; 6- Khớp nối

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.

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.

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

Góc cắt hiệu quả α chưa được biết. Góc này có thể được tính từ mối quan hệ hình học trong hình 3, trong đó chúng ta có:

$$\alpha = \arcsin(1 - 2h_m/D_g)$$

Với $h_m = 0,02(\text{mm})$ và $D_g = 0,2(\text{mm})$

$$\Rightarrow \alpha = \arcsin\left(1 - \frac{2 \cdot 0,02}{0,2}\right) = 25,84^\circ$$

$$\Rightarrow b = D_g \sin(\alpha) = 0,2 \cdot \sin(25,84^\circ) = 0,087(\text{mm})$$

Với h là độ dày phoi không biến dạng hoặc độ sâu của hạt mài tham gia cắt.

$$\Rightarrow F'' = 0,5 \cdot \frac{65400 \cdot 3,14 \cdot 0,2}{2} (0,2 - \sqrt{0,2^2 - 0,087^2}) = 204,47(\text{N})$$

$$\Rightarrow F'_t = 204,47(\sin 25,84 + 0,25 \cos 25,84) = 135,126(\text{N})$$

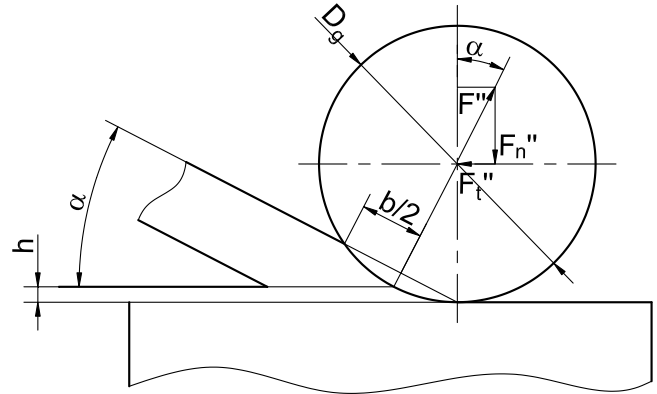
$$F'_n = 204,47(\cos 25,84 - 0,25 \sin 25,84) = 161,746(\text{N})$$

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

$$F'_t = F''_t \cdot N'_d \quad (4)$$

$$F'_n = F''_n \cdot N'_d \quad (5)$$

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



Hình 3. Mô hình lực trên mỗi hạt mài

$$N'_d = C_d l_c = w C_{d(z')} l_c \quad (6)$$

Trong đó:

C_d là mật độ hạt cắt động.

l_c là chiều dài tiếp xúc của đá mài với chi tiết.

w là chiều rộng cắt của đá mài.

$C_{d(z')}$: mật độ cắt động tích lũy.

$$C_{d(z')} = \frac{C_{s(z')}}{1 + \frac{2}{3} \frac{C_{s(z')} \cdot \text{tg}(\theta)}{z \cdot \text{tg}(\epsilon)} E(h^3)} \quad (7)$$

Trong đó, mật độ cắt động tích lũy được sửa đổi do độ lệch hạt cục bộ δ được cho bởi:

$$C_{s(z')} = A(z + \delta)^k \quad (8)$$

Trong đó:

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

Độ lệch hạt cục bộ được tính từ: $\delta = F''$. $K_g = 204,47 \cdot 3710 \cdot 10^{-5} = 7,6$. Với K_g là hằng số đàn hồi của hạt mài, rất khó xác định và F'' giá trị dự kiến của lực bình thường trên mỗi hạt.

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

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 kỳ vọng và độ lệch chuẩn cho độ dày phoi không biến dạng

$$\text{Ta lấy giá trị: } \sigma(h) = 0$$

Giả sử trong quá trình mài, khi một hạt mài tiếp xúc với phôi thì để lại trên bề mặt phôi một bề lõm có dạng hình tam giác với góc ở đỉnh trong cùng từ bề mặt phôi là 2θ . Góc 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 4).

$$\text{Ta có: } \theta = 37,5^\circ \Rightarrow \text{tg}(37,5^\circ) = 0,767$$

Hình dạng của góc này được cho bởi yếu tố:

$$\text{tg}(\epsilon) = \frac{2v_w t}{v_s d_e} = \frac{2 \cdot 0,77 \cdot 0,08}{28,78 \cdot 22,88} = 1,87 \cdot 10^{-4}$$

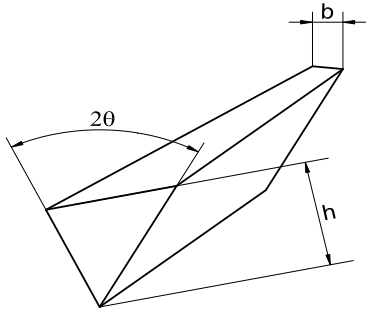
Trong đó, t là độ sâu cắt, v_w và v_s là tốc độ của phôi và đá mài

Đường kính đá mài tương đương được xác định là:

$$d_e = \frac{d_G}{1 + \frac{d_G}{d_w}} = \frac{150}{1 + \frac{150}{25}} = 22,88$$

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.

Lực cắt phụ thuộc vào nhiều yếu tố, chẳng hạn như HB, d_f , D_g , v_w , $E(h)$,...



Hình 4. Hình dạng phoi mài

Giá trị kỳ vọng của độ dày phoi không biến dạng

Mô hình độ dày phoi như sau:

$$E(h) = 2 \sqrt{\frac{1}{Nr} \frac{v_w}{v_G} \sqrt{\frac{t}{d_e}}} \tag{9}$$

Trong đó:

v_w : vận tốc của chi tiết

v_s : vận tốc của đá mài

t: chiều sâu cắt

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

N: số hạt cắt động trên một diện tích đơn vị

$$N = 4f_d \frac{1}{d_g^2} \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{4\pi}{3\theta}\right)^2}} \tag{10}$$

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 hạt mài

$$d_g = 15,2/M \tag{11}$$

Trong đó:

M: số lỗ của sàng để phân loại hạt mài

θ: phần khối lượng của hạt mài trong đá mài

Thay (10), (11) vào (9) và sau khi đơn giản hóa toán học, giá trị của giá trị kỳ vọng của độ dày phoi không biến dạng sẽ là:

$$E(h) = 6,8254 \left(\frac{1}{f_d \cdot r}\right)^{1/2} \left(\frac{v_w}{v_G}\right)^{1/2} \left(\frac{4\pi}{3\theta}\right)^{1/3} \left(\frac{t}{d_e}\right)^{1/4} = \tag{12}$$

$$6,8254 \cdot \left(\frac{1}{0,5 \cdot 10}\right)^{1/2} \left(\frac{0,77}{28,78}\right)^{1/2} \left(\frac{4 \cdot 3,14}{3 \cdot 0,2}\right)^{1/3} \left(\frac{0,08}{22,8}\right)^{1/4} = 0,3$$

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

$$\Rightarrow C_{s(z')} = A(z + \delta)^k = 0,96 \cdot (0,3 + 7,6)^{1,2} = 11,46$$

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

$$= \frac{11,46}{1 + \frac{2 \cdot 11,46 \cdot \text{tg}(37,5)}{3 \cdot 0,2 \cdot 1,87 \cdot 10^{-4} \cdot 0,2^3}} = 2,06 \cdot 10^{-3}$$

$$\Rightarrow N'_d = C_d l_c = w C_d(z') l_c$$

$$= 20 \cdot 2,06 \cdot 10^{-3} \cdot 20 = 0,824 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$\Rightarrow F'_t = F''_t \cdot N'_d = 135,126 \cdot 0,824 = 111,34 \text{ (N)}$$

$$F'_n = F''_n \cdot N'_d = 161,746 \cdot 0,824 = 133,278 \text{ (N)}$$

3. LẮP RÁP MÔ HÌNH

Trên cơ sở các thành phần lực cắt, đã xác định được các kết cấu của máy và xây dựng bản vẽ chế tạo các chi tiết của mô hình máy. Từ các chi tiết của mô hình, tiến hành lắp ráp mô hình theo các bước sau:

Bước 1: Lắp tủ điện và động cơ (hình 5).

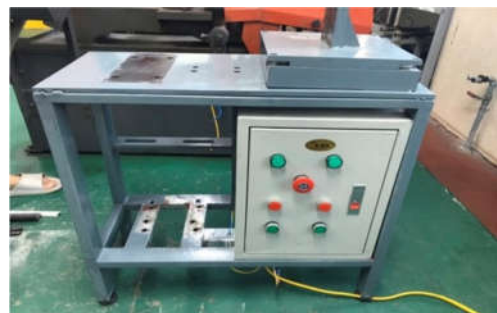
Bước 2: Lắp động cơ điện (hình 6).

Bước 3. Lắp cụm đá mài (hình 7).

Bước 4: Lắp cụm đá dẫn (hình 8).

Bước 5. Lắp bộ phận thanh tỳ (hình 9).

Bước 6: Lắp dây đai và căn chỉnh mô hình (hình 10).



Hình 5. Lắp tủ điện



Hình 6. Lắp động cơ điện



Hình 7. Lắp cụm đá mài



Hình 8. Lắp cụm đá dẫn



Hình 9. Lắp bộ phận thanh tỳ



Hình 10. Lắp dây đai và căn chỉnh mô hình

4. VẬN HÀNH THỬ MÔ HÌNH

Mô hình máy mài vô tâm đã được vận hành chạy thử ở chế độ không tải. Quan sát quá trình chạy không tải của mô hình cho thấy mô hình chạy ổn định, tiếng ồn rất nhỏ. Tuy nhiên, do chưa chế tạo được cơ cấu sửa đá cũng như chưa tiến hành cân bằng động cho các bộ phận quay của máy nên trong phạm vi nghiên cứu của bài báo này, mô hình chưa được sử dụng để gia công sản phẩm thật.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã trình bày việc thiết kế và chế tạo mô hình máy mài vô tâm. Sản phẩm mô hình máy đã được chạy thử ở chế độ không tải đảm bảo làm việc ổn định, êm. Để có thể sử dụng mô hình vào việc gia công sản phẩm thực thì cần thiết phải bổ sung cơ cấu sửa đá, tiến hành cân bằng động các bộ phận chuyển động quay của máy,... Đây cũng chính là những công việc sẽ được nhóm nghiên cứu thực hiện trong thời gian tiếp theo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Đỗ Đức Trung, 2016. *Nghiên cứu xác định một số thông số của quá trình mài vô tâm thép 20X thấm các bon nhằm cải thiện độ không tròn và độ nhám bề mặt*. Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Đại học Kỹ thuật công nghiệp, ĐH Thái Nguyên.
- [2]. Lưu Văn Nhang, 2003. *Kỹ thuật mài kim loại*. NXB Khoa học và Kỹ thuật.
- [3]. Trần Văn Địch, Nguyễn Trọng Bình, Nguyễn Thế Đạt, Nguyễn Viết Tiếp, Trần Xuân Việt, 2003. *Công nghệ chế tạo máy*/ NXB Khoa học và Kỹ thuật.
- [4]. Hecker RL, Ramoneda I, Liang SY, 2003. *Static and dynamic wheel microstructure characterization*. Trans North Am Manuf Res Inst Soc Manuf Eng.
- [5]. Shaw M, 1972. *Fundamentals of grinding. Proceeding of the international grinding conference: new developments in grinding*. Pittsburgh, PA, pp 221–258.
- [6]. Subhash G., Koepfel B., Chandra A., 1999. *Dynamic Indentation Hardness and Rate Sensitivity in Metals*. Journal of Engineering Materials and Technology, Vol. 121, pp. 257–263.
- [7]. Rogelio L. Hecker, Steven Y. Liang, Xiao Jian Wu, Pin Xia, David Guo Wei Jin, 2007. *Grinding force and power modeling based on chip thickness analysis*. Int J Adv Manuf Technol, Vol. 33, pp. 449–459.
- [8]. Anne Venu Gopal, P. Venkateswara Rao, 2004. *A new chip-thickness model for performance assessment of silicon carbide grinding*. Int J Adv Manuf Technol 24: 816–820.
- [9]. J. E. Mayer. G. P. Fang, 1994. *Effect of grit depth of cut on strength of ground ceramics*. Annals CIRP 43. 309-312.
- [10]. S. Somasundaram, C. Thiagarajan, 2013. *Experimental Evaluation of a Chip Thickness Model Based on the Fracture Toughness of Abrasive and Work Material in Grinding of Alumina Ceramics*. International Journal of Modern Engineering Research Vol. 3. Issue 6. pp-3825-3829.
- [11]. G. Werner, 1978. *Influence of work material on grinding forces*. Annals of CIRP 27, 243–248.
- [12]. M. Younis, M.M. Sadek, T. El Wardani, 1987. *A new approach to development of a grinding force model*. Transactions of ASME 109, 306–313.
- [13]. Trịnh Chất, Lê Văn Uyển, 2006. *Tính toán thiết kế hệ dẫn động cơ khí - Tập 1*. NXB Giáo dục.
- [14]. Nguyễn Đức Lộc, Lê Văn Tiến, Ninh Đức Tốn, Trần Xuân Việt, 2007. *Sổ tay Công nghệ chế tạo máy tập 1*. NXB Khoa học và Kỹ thuật.