

## NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CHẾ ĐỘ CẮT ĐẾN TUỔI BỀN CỦA ĐÁ MÀI BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĐO MÒN ĐÁ SỬ DỤNG ĐẦU ĐO LAZER

Tăng Huy- Nguyễn Huy Ninh ( Trường ĐH Bách khoa Hà Nội)

Trần Đức Quý - Nguyễn Văn Thiện (Trường ĐH CN Hà Nội)

### 1. Đặt vấn đề

Trong các phương pháp gia công cắt gọt, phương pháp mài thực hiện ở tốc độ cắt cao, đá mài thuộc loại dụng cụ cắt có cấu tạo phức tạp, khi mài không thể kiểm soát được trực tiếp quá trình tạo phoi, trong quá trình cắt các thông số hình học của lưỡi cắt luôn thay đổi. Bởi vậy khi mài cần phải hiểu rõ các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng và độ chính xác bề mặt chi tiết mài để điều chỉnh máy mài cho phù hợp. Với những đặc điểm trên thì việc nghiên cứu về mòn đá mài là một vấn đề rất phức tạp, đặc biệt là phương pháp đo lường mòn đá. Trong bài báo này chúng tôi đưa ra phương pháp đo lường mòn đá bằng đầu đo Laze ZX-LD30V để nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ cắt đến tuổi bền của đá mài Nga K25CM2 khi mài thép 45 tôi cứng 45HRC trên máy mài tròn ngoài GU-20.25A SHIGIYA.

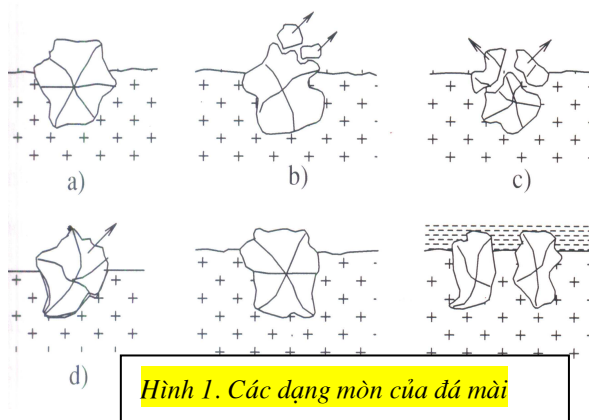
### 2. Cơ sở lý thuyết của quá trình mòn và tuổi bền đá

Mòn là quá trình thay đổi kích thước, hình dạng và khả năng cắt gọt của đá. Quá trình mòn của đá là quá trình cơ, lý, hoá rất phức tạp. Chúng phụ thuộc vào tất cả các điều kiện khi gia công như: Các thông số kỹ thuật của đá mài, Topography của đá, tính chất cơ lý của vật liệu gia công, chế độ công nghệ khi mài. Mòn của đá mài được xuất hiện dưới nhiều dạng mòn khác nhau (hình 1) Các dạng mòn trên xuất hiện đồng thời trong quá trình mài, tuy nhiên tùy thuộc vào điều kiện gia công cụ thể mà một dạng mòn nào đó thể hiện rõ nhất.

Tuổi bền của đá mài phức tạp hơn so với tuổi bền của các loại dao cắt có lưỡi cắt xác định (Tiện, Phay...) bởi vì đá mài còn có khả năng tự mài sắc. *Khoảng thời gian làm việc thực của đá mài giữa hai lần sửa đá được gọi là tuổi bền của đá mài.*

Để xác định tuổi bền của đá mài về nguyên tắc có thể sử dụng cả các tiêu chí gián tiếp khác như lực, công suất mài, rung động, nhưng khi đó cần kết nối số lượng các tiêu chí này với các thông số chất lượng bề mặt mài và với tốc độ bóc cắt kim loại chi tiết gia công. Tuy nhiên rất khó để thực hiện được tất cả điều này vì sự phức tạp của các phép đo.

Các tiêu chí chính để xác định tuổi bền đá mài là các thông số đầu ra của quá trình mài (Độ chính xác và chất lượng bề mặt gia công, lượng kim loại bị bóc đi) bởi vì chính chúng là những tiêu chuẩn có ích cần đạt của quá trình mài. Vì vậy để xác định tuổi bền của đá mài hợp lý hơn cả là đo được các thông số đầu ra.

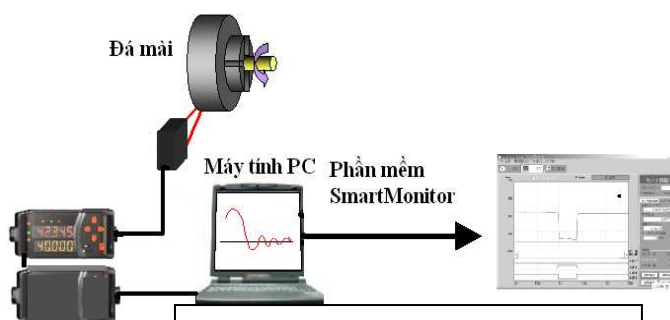


Hình 1. Các dạng mòn của đá mài

### 3. Phương pháp đo mòn đá mài trên máy mài tròn ngoài bằng đầu đo lazer

Phương pháp đo sử dụng đầu đo lazer ZX-LD30V của hãng OMRON chế tạo theo nguyên lý đo phản xạ, bản chất của phương pháp là đo khoảng cách từ đầu đo đến bề mặt đá (Khoảng giới hạn đo từ 28 đến 32mm).

Kết quả đo nhận được qua phần mềm Smart Monitor. Trên cơ sở lý thuyết của phần mềm Matlab, tác giả đã sử dụng phần mềm xử lý số liệu đo và đưa ra giá trị trung bình của khoảng cách từ tâm đá đến bề mặt đá.



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý

#### \* Bộ thông số của đầu đo:

- Khoảng cách cảm nhận:  $30 \pm$
- Độ phân giải:  $0,25 \mu\text{m}$
- Tốc độ đọc:  $150 \mu\text{s}$

Hình 4. Ảnh thiết bị đo trên máy mài tròn



#### \* Phương pháp tiến hành thí nghiệm nghiên cứu tuổi bền của đá mài

**Bước 1:** Sửa đá bằng đầu sửa kim cương theo chế độ sau:  $S_{sd} = 1,5 \text{ m/ph}$ ;  $t_{sd} = 0,01 \text{ mm/htđ}$

**Bước 2:** Tiến hành mài tròn ngoài chạy dao dọc. Trong quá trình mài cứ sau 5 phút tiến hành đo đồng thời các đại lượng gồm: lượng mòn đá  $U_m$ ; độ nhấp nhô tế vi bề mặt chi tiết  $R_a$ .

**Bước 3:** Xử lý số liệu thí nghiệm qua phần mềm Matlab 6.5

Bảng 1. Số liệu thí nghiệm

TT	Biến mã hóa		Biến thực nghiệm		Thời gian mài t (phút)							
					1		5		10		15	
	$X_1$	$X_2$	$S_d$	t	$U_m$	$R_a$	$U_m$	$R_a$	$U_m$	$R_a$	$U_m$	$R_a$
1	-1	-1	0,3	0,005	0,012	0,260	0,013	0,160	0,016	0,132	0,016	0,112
2	1	-1	0,5	0,005	0,009	0,370	0,010	0,220	0,011	0,190	0,014	0,160
3	-1	1	0,3	0,02	0,014	0,380	0,016	0,300	0,016	0,240	0,028	0,194
4	1	1	0,5	0,02	0,012	0,500	0,012	0,400	0,013	0,320	0,020	0,252
5	0	0	0,38	0,01	0,009	0,360	0,009	0,260	0,010	0,220	0,011	0,163
6	0	0	0,38	0,01	0,009	0,380	0,010	0,300	0,010	0,200	0,011	0,160

TT	Biến mã hóa		Biến thực nghiệm		Thời gian mài t (phút)							
					20		25		30		35	
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	S <sub>d</sub>	t	U <sub>m</sub>	R <sub>a</sub>	U <sub>m</sub>	R <sub>a</sub>	U <sub>m</sub>	R <sub>a</sub>	U <sub>m</sub>	R <sub>a</sub>
1	-1	-1	0,3	0,005	0,017	0,111	0,017	0,101	0,017	0,105	0,021	0,132
2	1	-1	0,5	0,005	0,011	0,132	0,011	0,112	0,011	0,111	0,019	0,120
3	-1	1	0,3	0,02	0,020	0,200	0,020	0,220	0,021	0,238	0,022	0,310
4	1	1	0,5	0,02	0,020	0,240	0,020	0,260	0,020	0,330	0,021	0,360
5	0	0	0,38	0,01	0,013	0,160	0,021	0,194	0,021	0,220	0,021	0,240
6	0	0	0,38	0,01	0,014	0,150	0,020	0,190	0,020	0,140	0,020	0,220

- Từ kết quả đo, ta xây dựng hàm mòn theo thời gian:

Ta có lượng mòn theo thời gian có dạng:  $U_{mi} = a_i \cdot \tau + b_i$  (\*). Đặt  $y_i = U_{mi}$ ;  $x = \tau$ ;  $a_{0i} = b_i$ ;  $a_{1i} = a_i$ .

Vậy ta có  $y_i = a_{0i} + a_{1i} \cdot x \rightarrow [A] = [M]^{-1} \cdot [X]^T \cdot [Y]$ , Với  $[M]^{-1}$  là ma trận nghịch đảo của ma trận  $[M] = [X]^T \cdot [X]$ ; Thay lượng mòn giới hạn  $[U_{mi}]$  (\*) ta có tuổi bền của đá  $[\tau]_i = T_i$

Bảng 2: Tuổi bền của đá tại các điểm thí nghiệm

T T	Chế độ công nghệ				Hàm mòn $U_{mi} = a_i \cdot \tau + b_i$	Lượng mòn hướng kính giới hạn $[U_{mi}]$ ứng với $T_i$ (mm)	Tuổi bền của đá $T_i$ (phút)
	Biến mã hóa		Biến thực nghiệm				
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	S <sub>d</sub> (m/p)	t (mm/htđ)			
1	-1	-1	0,3	0,005	$U_{m1} = 0,0002 \cdot \tau + 0,012$	0,0210	40,65
2	+1	-1	0,5	0,005	$U_{m2} = 0,0002 \cdot \tau + 0,008$	0,0197	54,30
3	-1	+1	0,3	0,02	$U_{m3} = 0,0004 \cdot \tau + 0,014$	0,0207	16,92
4	+1	+1	0,5	0,02	$U_{m4} = 0,0005 \cdot \tau + 0,010$	0,0203	18,88
5	0	0	0,38	0,01	$U_{m5} = 0,0005 \cdot \tau + 0,007$	0,0233	32,76
6	0	0	0,38	0,01	$U_{m6} = 0,0004 \cdot \tau + 0,007$	0,0201	31,45

- Xây dựng hàm tuổi bền của đá phụ thuộc vào chế độ cắt:

Ta có tuổi bền của đá phụ thuộc vào chế độ cắt được biểu diễn dưới dạng  $T = k \cdot S^a \cdot t^b$ ; logarit cơ số e 2 về của phương trình ta có  $\ln(T) = \ln(k) + a \cdot \ln(S) + b \cdot \ln(t)$ ; đặt  $\ln(T) = y$ ;  $\ln(S) = x_1$ ;  $\ln(t) = x_2$ ;

TT	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	S <sub>d</sub> (m/p)	t (mm/htđ)	T (phút)	Ln(S <sub>d</sub> )	Ln(t)	Ln(T)
1	-1	-1	0,3	0,005	40,65	-1,204	-5,298	3,704
2	+1	-1	0,5	0,005	54,30	-0,693	-5,298	3,994
3	-1	+1	0,3	0,02	16,92	-1,204	-3,912	2,828
4	+1	+1	0,5	0,02	18,88	-0,693	-3,912	2,938
5	0	0	0,38	0,01	32,76	-0,967	-4,605	3,489
6	0	0	0,38	0,01	31,45	-0,967	-4,605	3,448

$\ln(k) = a_0$ ;  $a = a_1$ ;  $b = a_2$  ta có  
 $y = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2$  hay  
 $[X] \cdot [A] = [Y]$

Vậy ta có nghiệm  $[A] = [M]^{-1} \cdot [X]^T \cdot [Y]$ , với  $[M]^{-1}$  là ma trận nghịch đảo của ma trận  $[M] = [X]^T \cdot [X]$ ;

Ta có bảng số liệu tính toán:  
Bảng 3: Bảng Logarit của các biến thực nghiệm

$$[X] = \begin{bmatrix} 1 & -1,204 & -5,298 \\ 1 & -0,693 & -5,298 \\ 1 & -1,204 & -3,912 \\ 1 & -0,693 & -3,912 \\ 1 & -0,967 & -4,605 \\ 1 & -0,967 & -4,605 \end{bmatrix} \quad [Y] = \begin{bmatrix} 3,704 \\ 3,994 \\ 2,828 \\ 2,938 \\ 3,489 \\ 3,448 \end{bmatrix} \rightarrow [A] = \begin{bmatrix} 0,553 \\ 0,379 \\ -0,697 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \text{ta có } T = e^{0,553} \cdot S^{0,379} \cdot t^{-0,697} = 1,738 \cdot S^{0,379} \cdot t^{-0,697}$$

\* **Đánh giá độ tin cậy của hàm hồi quy thực nghiệm:**

Ta có độ tin cậy của hàm phi tuyến:  $r = \frac{\sigma_y^2 - \hat{\sigma}_y^2}{\sigma_y^2}$  Suy ra

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 - \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

Trong đó:  $\sigma_y^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$ ;  $\hat{\sigma}_y^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$ ; n: Số thí nghiệm;  $y_i$ : Giá trị của

các thí nghiệm;  $\hat{y}_i$ : Giá trị hàm hồi quy thực nghiệm,  $\bar{y}$ : Giá trị trung bình của các thí nghiệm.

Thay giá trị tính toán trong bảng vào phương trình ta có:  $r_T = \frac{970,917 - 26,653}{970,917} = 0,97$

Bảng 4: Giá trị tính toán của các biến hồi quy thực nghiệm

TT	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	S <sub>d</sub> (m/p)	t (mm/htđ)	T <sub>i</sub>	$\hat{T}_i$	$(T_i - \bar{T})^2$	$(T_i - \hat{T}_i)^2$
1	-1	-1	0,3	0,005	40,65	44,215	66,517	12,713
2	+1	-1	0,5	0,005	54,30	53,679	475,494	0,084
3	-1	+1	0,3	0,02	16,92	16,824	242,399	0,010
4	+1	+1	0,5	0,02	18,88	20,425	185,345	2,389
5	0	0	0,38	0,01	32,76	29,835	0,070	8,550
6	0	0	0,38	0,01	31,45	29,835	1,090	2,605
Tổng					194,96		970,917	26,653
Trung bình					32,494			

#### 4. Kết luận

Từ phương trình và đồ thị trên ta có kết luận sau:

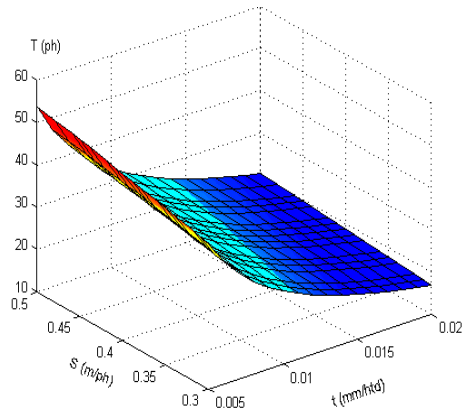
- Đá mài là một loại dụng cụ cắt phức tạp, quá trình mòn đá giống quy luật mòn của các loại dụng cụ cắt Tiện, Phay

- Tại mỗi điểm thí nghiệm, xây dựng được hàm mòn của đá mài Umi theo thời gian và xác định được tuổi bền T<sub>i</sub> của đá mài.

- Tại thời điểm mài được 1-2 phút sau mỗi lần sửa đá lượng mòn đá là lớn nhất. Tốc độ mòn đá phụ thuộc vào chế độ cắt sd,t, khi tăng sd,t thì mòn đá tăng.

- Khi thay đổi chế độ công nghệ mài  $S_d, t$  tại các điểm thí nghiệm tuổi bền của đá cũng thay đổi. Nếu tăng  $s_d, t$  thì tuổi bền của đá giảm và ngược lại, tuy nhiên ảnh hưởng của chiều sâu cắt  $t$  lớn hơn lượng tiến dao dọc  $s_d$ .
- Tuổi bền của đá mài có mối quan hệ với đường mòn và tổng lượng mòn đá. Tại các điểm thí nghiệm chế độ mài khác nhau thì tuổi bền khác nhau, nhưng tổng lượng mòn đá gần bằng nhau. Đây cũng là cơ sở nghiên cứu để điều khiển tự động quá trình sửa đá mài.

Hình 5. Đồ thị quan hệ tuổi bền với chế độ công nghệ mài



### Tóm tắt

Một trong những yếu tố quan trọng quyết định năng suất, chất lượng và hiệu quả kinh tế của quá trình mài là mòn đá mài. Nó ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng bóc kim loại, chất lượng bề mặt và tuổi bền của đá mài.

Việc đo mòn đá mài ngay trong quá trình gia công để đưa ra những quyết định công nghệ hợp lý là rất cần thiết. Trong bài báo này chúng tôi đưa ra một phương pháp đo mòn đá mài ngay trong quá trình mài.

Độ mòn của đá được đo bằng cách sử dụng cảm biến đo bằng tia Laser. Kết quả của phép đo được đọc qua phần mềm xử lý số liệu riêng.

### Summary

#### Study on The effect of cutting parameters on the wheel redress life cycle by measuring grinding wheel wear using lazer displacement sensor

Grinding wheel wear is one of the very important factors to ensure the productivity, quality and economical effects of grinding process such as: grinding force, removal capability, surface roughness, wheel redress life cycle.

It is necessary to assess the grinding wheel wear right in the manufacturing process in order to make suitable technological decisions. In this report, we would like to present the way how to measure the wheel wear in the grinding process.

The wheel wear is measured by using the lazer displacement sensor. The measuring results can be taken from the special data processing software.

### Tài liệu tham khảo

- [1]. S.Markin (1989), "Grinding technology theory and applycation machining with abrasive", Massachusetts.
- [2]. Force Modeling in Reciprocate Grinding Based on the Wheel Topography Analysis. M.S. Thesis Presentation by Igor Ramoneda
- [3]. Nguyễn Trọng Bình (2003), Tối ưu hoá quá trình cắt gọt, Nxb Giáo dục - Hà Nội.
- [4]. Nguyễn Văn Tính (1978), Kỹ thuật mài, Nxb Công nhân kỹ thuật – Hà Nội
- [5]. Nguyễn Viết Tiếp, Nguyễn Huy Ninh, Lưu Văn Nhang, Mô hình tuổi bền của đá mài.
- [6]. Nguyễn Doãn Ý, Giáo trình Quy hoạch thực nghiệm, Nxb Khoa học và Kỹ thuật – Hà Nội