

## ẢNH HƯỞNG CỦA BÔI TRƠN TỐI THIỂU (MQL) ĐẾN MÒN DỤNG CỤ CẮT VÀ NHÁM BỀ MẶT KHI TIỆN TINH THÉP 9CrSi (9XC) QUA TÔI

Hoàng Xuân Tứ\*, Ngô Ngọc Vũ

Trường ĐH Kỹ thuật Công nghiệp - ĐH Thái Nguyên

### TÓM TẮT

Trong quá trình gia công bằng cắt gọt để tăng tuổi thọ của dụng cụ cắt người ta sử dụng dung dịch trơn nguội vì dung dịch trơn nguội có khả năng làm giảm ma sát trong vùng cắt, tải nhiệt ra khỏi vùng cắt, hạn chế tác dụng xấu của nhiệt độ đối với dụng cụ cắt, đảm bảo nhiệt độ làm việc của môi trường thấp và ổn định, giúp vận chuyển phoi ra khỏi vùng cắt dễ dàng. Tuy nhiên, việc sử dụng dung dịch trơn nguội trong quá trình gia công hiện nay cho thấy nhược điểm của nó là gây ô nhiễm môi trường và độc hại đối với lao động. Do vậy, việc nghiên cứu và ứng dụng công nghệ bôi trơn tối thiểu (Minimum Quantity Lubricant - MQL) cho quá trình gia công cần được phát triển. Bài báo trình bày nghiên cứu "*Ảnh hưởng của bôi trơn làm nguội tối thiểu đến mòn dụng cụ cắt và nhám bề mặt khi tiện tinh thép 9CrSi đã qua tôi*", từ đó đánh giá các ưu nhược điểm của bôi trơn làm nguội tối thiểu so với phương pháp gia công khô qua các thông số về cơ chế mòn, nhám bề mặt và mòn mặt sau dụng cụ cắt.

**Keywords:** *Tiện cứng, bôi trơn tối thiểu, nhám bề mặt, mòn dụng cụ cắt*

### MỞ ĐẦU

Bôi trơn-làm nguội kiểu tưới tràn đã được nghiên cứu và ứng dụng rất rộng rãi trong ngành cơ khí. Tuy nhiên phương pháp này vẫn được các nhà khoa học tiếp tục nghiên cứu với các hướng chủ yếu như:

- Nâng cao hiệu quả của quá trình bôi trơn - làm nguội, tiết kiệm dung dịch bôi trơn làm nguội.
- Tìm các chất phụ gia nhằm nâng cao hoạt tính của dầu cắt gọt.
- Nghiên cứu tìm các loại dầu cắt gọt mới ít độc hại, thân thiện với môi trường...
- Tìm các loại dầu cắt mới đáp ứng các yêu cầu của công nghệ bôi trơn - làm nguội tối thiểu hoặc tìm các chất phụ gia để làm tăng tính cắt của các loại dầu...
- Nghiên cứu xác định áp suất và lưu lượng tưới tối ưu.
- Cải tiến kết cấu dụng cụ để thích hợp với công nghệ bôi trơn - làm nguội tối thiểu.
- Cải tiến kết cấu đầu phun và hệ thống bôi trơn...
- Nghiên cứu ứng dụng bôi trơn làm nguội trong công nghệ tiện cứng, trong gia công tốc độ cao...

Phương pháp bôi trơn tối thiểu sử dụng dầu thực vật làm dung dịch bôi trơn với lưu lượng khoảng từ 50 - 500 ml/1 giờ, nhỏ hơn rất nhiều so với phương pháp tưới tràn (có thể lên tới 10 l/phút) [5]. Quan niệm về phương pháp bôi trơn tối thiểu cũng gần giống với phương pháp gia công khô và phương pháp bôi trơn cực tiểu được đề ra với ý nghĩa bảo vệ môi trường và người lao động. Ngoài ý nghĩa đó phương pháp này còn mang lại các hiệu quả về kinh tế do tiết kiệm được dầu bôi trơn, giảm thời gian làm sạch phôi, dụng cụ cắt và máy móc.

Hiện nay, phương pháp tiện khô không bôi trơn làm nguội đã trở nên thông dụng trong sản xuất công nghiệp khi gia công cao tốc các loại thép có độ cứng cao, đặc trưng của phương pháp này là năng lượng sử dụng cho quá trình cắt rất lớn. Do vậy, khi sử dụng phương pháp gia công khô sẽ làm giảm tuổi thọ của dụng cụ cắt và chất lượng bề mặt khi gia công tinh lần cuối, để có thể gia công được phải giảm tốc độ chạy dao và chiều sâu cắt, dẫn đến năng suất cắt giảm xuống. Việc áp dụng phương pháp bôi trơn tối thiểu vào quá trình tiện cứng sẽ làm tăng tuổi thọ của dụng cụ cắt cũng như chất lượng bề mặt khi gia công tinh lần cuối.

\* Email: [hxt\\_dhktcn@yahoo.com](mailto:hxt_dhktcn@yahoo.com)

Ở Việt Nam việc ứng dụng công nghệ bôi trơn tối thiểu vào quá trình tiện cứng chưa được nghiên cứu. Với mục đích nghiên cứu và ứng dụng công nghệ bôi trơn tối thiểu một cách có hiệu quả trong điều kiện cụ thể ở nước ta, vì vậy nghiên cứu "*Ảnh hưởng của bôi trơn tối thiểu (MQL) đến mòn dụng cụ cắt và nhám bề mặt khi tiện tinh thép 9SiCr (9XC) qua tôi*" có ý nghĩa khoa học và thực tiễn.

### NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

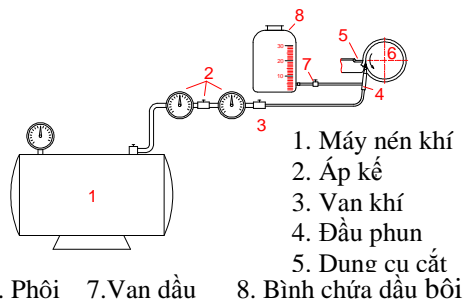
Mục đích của nghiên cứu nhằm so sánh giữa bôi trơn tối thiểu với gia công khô khi tiện tinh cứng qua đó đánh giá được ưu điểm của phương pháp bôi trơn tối thiểu. Ở nghiên cứu này, tác giả sử dụng loại dầu bôi trơn là dầu thực vật của Việt Nam, là loại dầu dễ kiếm, rẻ tiền và thân thiện với môi trường.

Các chỉ tiêu đánh giá là các thông số công nghệ của quá trình gia công gồm:

- Độ mòn của dụng cụ cắt.
- Nhám bề mặt gia công.
- Cơ chế mòn của dụng cụ cắt.

### 1. Hệ thống và thiết bị thí nghiệm

Trong nghiên cứu này tác giả sử dụng hệ thống bôi trơn tối thiểu theo kiểu đồng khí nén trộn trực tiếp với dung dịch trơn nguội tạo thành sương mù phun vào vùng cắt có sơ đồ như hình vẽ.



**Hình 1.** Sơ đồ nguyên lý hệ thống bôi trơn tối thiểu

#### + Thiết bị thí nghiệm.

**Máy tiện:** sử dụng máy tiện vạn năng OKUMA LS365, Nhật Bản.

**Dụng cụ cắt:**

- Mảnh dao: Sử dụng mảnh dao PCBN: TPGN 160308 T2100, EB28X.
- Thân dao: Sử dụng thân dao: MTENN 2020 K16-N (hãng KANELA).

**Vật liệu phôi:** Thép 9SiCr (9XC), L = 300 mm, Ø62, tôi thể tích đạt độ cứng 56 - 58 HRC. Thành phần hoá học (Bảng 1):

**Bảng 1.** Thành phần hóa học thép 9XC (9CrSi)

Nguyên tố hoá học	Hàm lượng (%)	Nguyên tố hoá học	Hàm lượng (%)
C	0,8623	V	0,14987
Si	1,2351	Cu	0,28763
P	0,0241	W	0,1768
Mn	0,58613	Ti	0,0299
Ni	0,03216	Al	0,0011
Cr	1,113	Fe	95,4722

#### Dung dịch bôi trơn

Sử dụng dầu lạc làm dung dịch bôi trơn.

#### Thiết bị đo:

- Máy đo độ nhám Mitutoyo SJ-201 của Nhật.
- Máy chụp mòn dao: Sử dụng kính hiển vi điện tử, TM-1000 Hitachi, Nhật Bản, có độ phóng đại 10.000 lần.
- Kính hiển vi quang học: Sử dụng kính hiển vi AXOVOC-100 Hitachi, Nhật Bản, có độ phóng đại 1000 lần.

### 2. Tiến hành thí nghiệm

Tiến hành thí nghiệm gia công tiện tinh ngoài thép 9XC đã qua tôi theo hai phương pháp là cắt khô và cắt có bôi trơn tối thiểu.

Chế độ cắt khi tiện khô và tiện có bôi trơn tối thiểu được giữ nguyên.

Tốc độ cắt:  $V = 383$  mm/phút

Tốc độ chạy dao:  $S = 0,1$  mm/vòng

Chiều sâu cắt:  $t = 0,15$  mm

Áp suất khí:  $P = 4$  KG/cm<sup>2</sup>

Lưu lượng tưới: 0,22 ml/phút

### 3. Kết quả và bàn luận

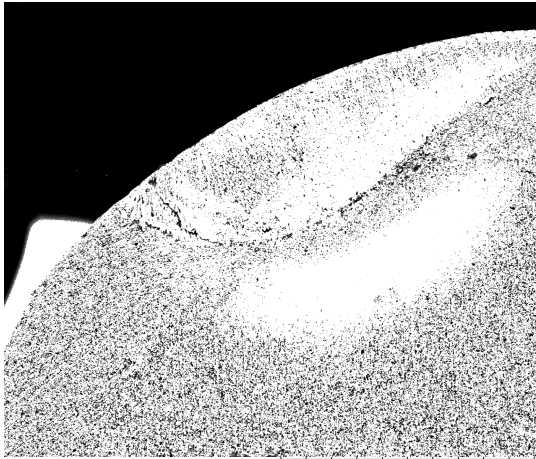
#### a) Cơ chế mòn của dụng cụ cắt

Kết quả quan sát các mảnh dao sau khi tiện tinh trên kính hiển vi điện tử cho thấy các mảnh dao khi gia công khô và gia công có bôi trơn tối thiểu đều bị mòn cả mặt trước và mặt sau.

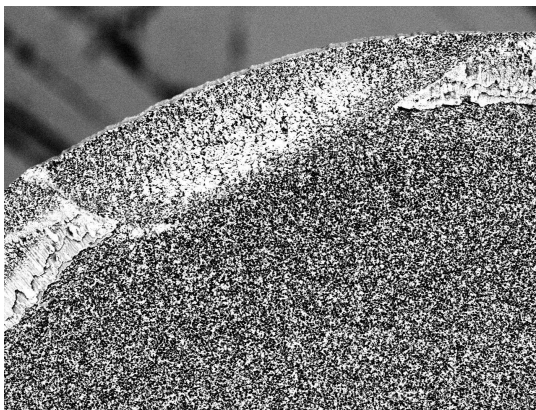
#### + Mòn mặt trước dụng cụ

Từ ảnh chụp mặt trước của dao cho thấy, mòn xảy ra trên mặt trước của dụng cụ đối với cả hai phương pháp gia công khô và bôi trơn tối

thiếu có thể chia ra thành 3 vùng rõ rệt theo phương thoát phoi thông qua mức độ bám dính của vật liệu dụng cụ cắt với mặt trước. Vùng 1 là vùng ngay sát lưỡi cắt với những vết biến dạng dẻo do các hạt cứng gây nên; vùng 2 tiếp theo với sự dính nhẹ của vật liệu gia công lên mặt trước, vùng 3 là vùng phoi thoát ra khỏi mặt trước. Quan sát ảnh chụp mảnh dao khi tiện ở 16,25 và 48,75 phút gia công (hình 2, hình 3) đều cho thấy vật liệu gia công dính tập trung ở vùng phoi thoát ra khỏi mặt trước của dụng cụ cắt chứ không phải ở vùng gần lưỡi cắt. Chiều dài tiếp xúc phoi và mặt trước tăng dần từ mũi dao đến vùng tiếp xúc giữa bề mặt tự do của phoi với mặt trước đối với cả gia công khô và bôi trơn tối thiểu.

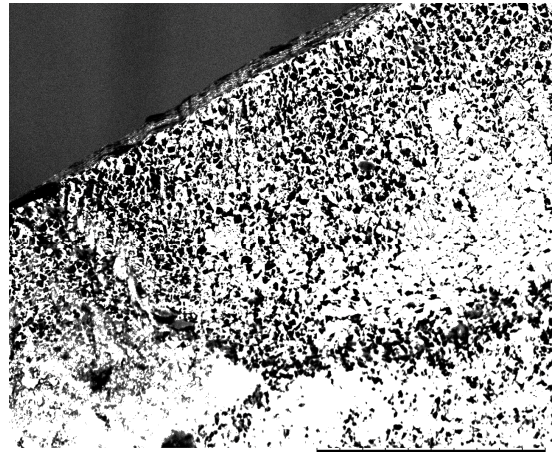


TM-1000\_0016 2009/03/18 15:23 300 um

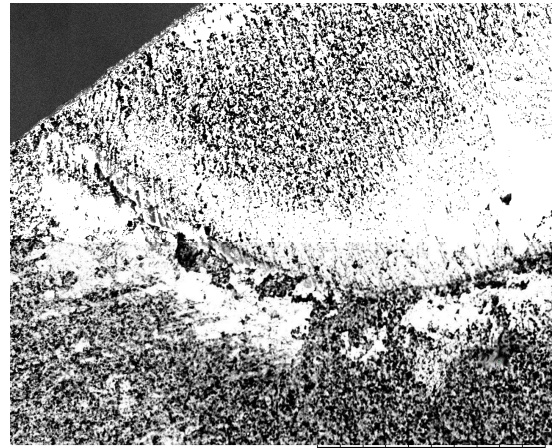


TM-1000\_0031 2009/03/18 16:29 300 um

**Hình 2.** Hình ảnh mặt trước dao PCBN sau khi tiện 16,25 phút  
a) Bôi trơn tối thiểu; b) Gia công khô



TM-1000\_0038 2009/03/18 16:51 100 um



TM-1000\_0023 2009/03/18 15:59 100 um

**Hình 3.** Hình ảnh mặt trước dao PCBN sau khi tiện 48,75 phút  
a) Bôi trơn tối thiểu; b) Gia công khô

Vùng 1 ngay sát lưỡi cắt là vùng mà lớp vật liệu gia công sát mặt trước dính và dẹt trên mặt trước tạo nên vùng biến dạng thứ 2 trên phoi. Quan sát hình ảnh cho thấy vùng này mòn đã tạo nên một mặt trước phụ với góc trước phụ âm. Qua hình ảnh chụp mòn mặt trước cho thấy chiều rộng của vùng này đối với gia công khô và bôi trơn tối thiểu là khác nhau. Cả thời gian khi tiện ở 16,25 và 48,75 phút đều cho thấy chiều rộng của vùng 1 khi gia công có bôi trơn tối thiểu bé hơn nhiều so với khi gia công khô. Điều này có nghĩa là vùng 2 khi gia công có bôi trơn tối thiểu tiến sát về lưỡi cắt hơn khi gia công khô. Việc tạo ra góc trước phụ âm ở vùng 1 ngay sát lưỡi khi gia công là kết quả không mong muốn vì điều này sẽ làm cho phoi bị trượt ngược lại

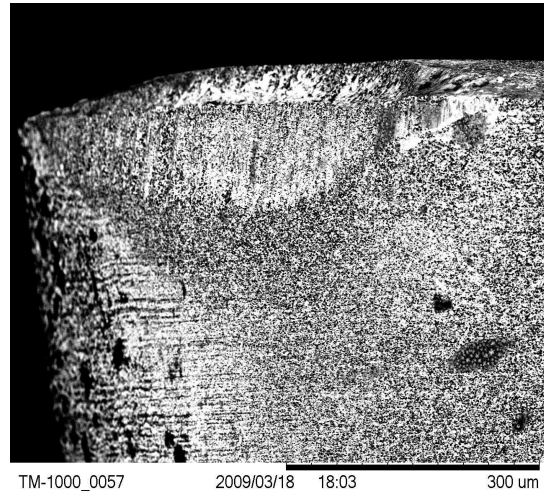
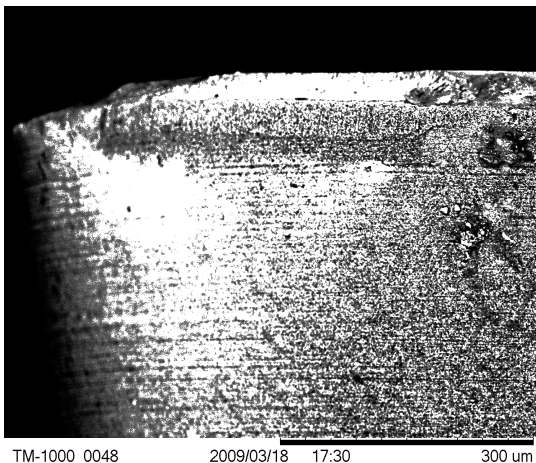
tạo nên lớp biến trắng trên bề mặt gia công. Có thể giải thích hiện tượng này là do khi bôi trơn tối thiểu, dung dịch bôi trơn được phun trực tiếp vào vùng cắt làm giảm ma sát giữa mặt trước của dao với phoi làm cho phoi trượt dễ dàng hơn trên mặt trước, hơn nữa áp lực khí nén cũng giúp nâng cánh phoi làm cho vùng 2 tiến sát hơn vào phía lưỡi cắt.

Quan sát trên toàn bộ chiều dài lưỡi cắt ở vùng sát lưỡi cắt (vùng 1) cho thấy khi bôi trơn tối thiểu các rãnh biến dạng dẻo do cào xước của các hạt cứng trên bề mặt ở vùng này ít hơn so với khi gia công khô thể hiện rõ trên hình 2. Điều này chứng tỏ dung dịch bôi trơn đã thâm nhập vào vùng cắt và tạo nên màng dầu bôi trơn giữa phoi và mặt trước dao và ma sát giữa các hạt cứng với lưỡi cắt giúp chúng dễ dàng trượt ra khỏi bề mặt gia công. Vùng 2 là vùng dính của vật liệu gia công, vùng này phát triển từ mũi dao và tăng dần về phía vùng phoi thoát ra khỏi mặt trước, diện tích vùng này đối với cả gia công khô và bôi trơn tối thiểu là tương đương nhau. Vùng 3 là vùng vật liệu gia công dính nhiều trên mặt trước với các vết trượt của phoi ở cả gia công khô và bôi trơn tối thiểu là giống nhau.

**+ Mòn mặt sau dụng cụ cắt:**

Ma sát giữa mặt sau của dụng cụ cắt và bề mặt gia công là ma sát thông thường kèm theo sự bám dính của vật liệu gia công và các vết cào xước trên bề mặt sau của dụng cụ.

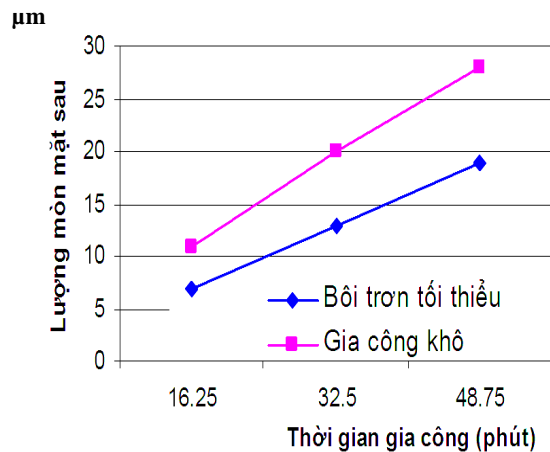
Quan sát hình 4, cho thấy bề rộng của vết mòn theo mặt sau khi gia công có bôi trơn tối thiểu (a) bé hơn so với khi gia công khô (b). Do cách bố trí đầu phun trực tiếp vào mặt sau của dao đã làm giảm đáng kể ma sát giữa mặt sau của dao với bề mặt chi tiết gia công.



**Hình 4.** Hình ảnh mặt sau dao PCBN sau khi tiện 32,5 phút.  
a) Bôi trơn tối thiểu; b) Gia công khô

**b) Lượng mòn mặt sau.**

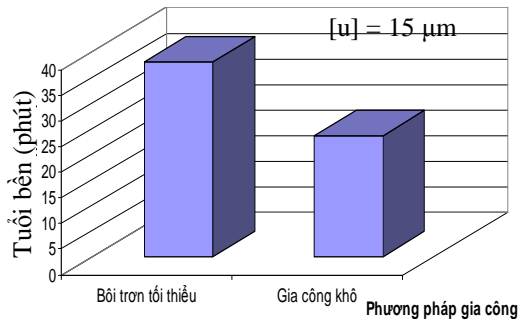
Từ ảnh chụp trên kính hiển vi điện tử TM-1000 Hitachi, Nhật Bản đo được lượng mòn mặt sau của dao. Biểu đồ về mòn mặt sau như hình 5.



**Hình 5.** Quan hệ giữa lượng mòn mặt sau u và thời gian cắt khi gia công khô và gia công có sử dụng bôi trơn tối thiểu.

S=0,1mm/vòng; V=383mm/ph; t=0,15mm  
Vật liệu gia công: thép 9CrSi qua tôi

Qua biểu đồ về lượng mòn mặt sau của dao cho thấy lượng mòn đo được ở các thời điểm sau khi tiện 16,25; 32,5 và 48,75 phút khi bôi trơn tối thiểu nhỏ hơn khi gia công khô điều này cũng phù hợp với kết quả nghiên cứu của Ronan Autret [1], [2], [5].



**Hình 6.** Biểu đồ so sánh tuổi bền của dao theo lượng mòn cho phép [u]

Từ ảnh chụp về cơ chế mòn và những nhận xét ở trên cho thấy dầu bôi trơn đã được phun trực tiếp vào vùng cắt và tạo nên màng dầu làm giảm ma sát giữa mặt sau của dao với chi tiết gia công và giữa mặt trước của dao với bề mặt phoi. Từ đó làm lượng mòn mặt sau của dao theo phương hướng kính cũng giảm đi.

Nhìn vào biểu đồ cũng cho thấy lượng mòn mặt sau theo phương hướng kính khi gia công khô có xu hướng tăng nhanh hơn so với khi bôi trơn tối thiểu. Nếu lấy lượng mòn cho phép là  $[u] = 15 \mu\text{m}$ , ta xác định được tuổi bền của dao, biểu đồ về tuổi bền của dao theo lượng mòn cho phép như (hình 6).

So sánh kết quả về tuổi bền của dao theo lượng mòn cho phép thì, với  $[u] = 15 \mu\text{m}$ , tuổi bền của dao khi gia công khô là 23,5 phút, còn khi gia công có bôi trơn tối thiểu là 37,9 phút (tăng 162 %).

### c) Nhám bề mặt

Biểu đồ nhám bề mặt khi gia công khô và gia công có bôi trơn tối thiểu như hình 7.

Nhám bề mặt khi bôi trơn tối thiểu thấp hơn khi gia công khô là do khi gia công có bôi trơn tối thiểu thì ma sát giữa bề mặt sau dụng

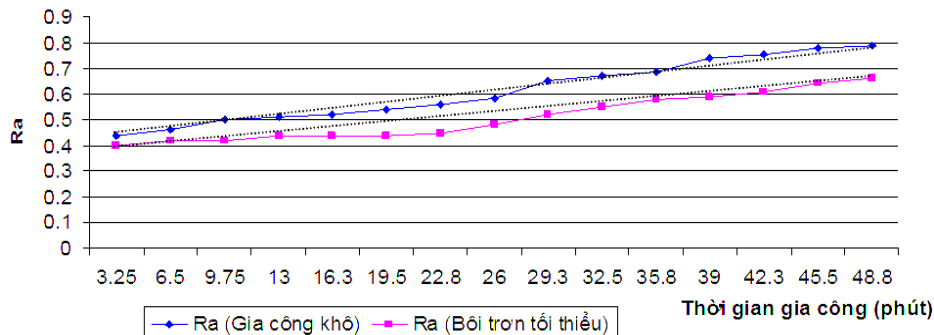
cụ cắt và bề mặt chi tiết gia công, ma sát giữa phoi và mặt trước dao giảm đi nên lượng mòn dao cũng giảm theo, dẫn đến nhám bề mặt khi bôi trơn tối thiểu sẽ thấp hơn khi gia công khô. Quan sát biểu đồ cho thấy nhám bề mặt khi gia công khô tăng nhanh hơn so với khi gia công có bôi trơn tối thiểu, điều này cũng phù hợp với diễn biến mòn mặt sau của hai phương pháp gia công này.

### KẾT LUẬN

+ Với sự phát triển của công nghệ vật liệu cũng như vật liệu dụng cụ cắt thì tiện cứng đang ngày càng được áp dụng nhiều hơn vào trong sản xuất nhằm thay thế cho nguyên công mài do chi phí cho mài là khá lớn. Tiện khô tốc độ cao ảnh hưởng lớn tới tuổi bền của dụng cụ cắt và chất lượng bề mặt của chi tiết. Với mục đích nâng cao hiệu quả kinh tế - kỹ thuật của công nghệ bôi trơn tối thiểu, đặc biệt là phương pháp này cũng không ảnh hưởng tới người lao động và thân thiện với môi trường.

+ Qua nghiên cứu này tác giả đã chứng minh được ưu điểm của phương pháp bôi trơn tối thiểu so với gia công khô khi áp dụng vào quá trình tiện cứng qua các chỉ số về mòn dao, nhám bề mặt và cơ chế mòn.

+ Đã chứng minh được khả năng bôi trơn của dầu thực vật sẵn có ở Việt Nam. Với lưu lượng sử dụng trong quá trình bôi trơn là rất ít, loại dầu thực vật này vừa có tác dụng bôi trơn tốt, vừa không độc hại, thân thiện với môi trường lại sẵn có và rẻ tiền nên việc áp dụng công nghệ này vào quá trình tiện cứng là khả thi.



**Hình 7.** Quan hệ giữa nhám bề mặt Ra và thời gian cắt khi gia công khô và gia công có sử dụng bôi trơn tối thiểu  $S = 0,1\text{mm/vòng}$ ;  $V = 383 \text{ mm/phút}$ ;  $t = 0,15 \text{ mm}$ ; Vật liệu gia công: thép 9CrSi qua tôi

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Ronan Autret, *Minimum Quantity Lubrication in Finish Hard Turning*. Georgia Institute of Technology, Atlanta.
- [2]. Nikhil Ranjan Dhar, *Effect of Minimum Quantity Lubricant (MQL) on Tool Wear, Surface Roughness and Dimensional Deviation in Turning AISI-4340 Steel*. Bangladesh University of Engineering and Technology.
- [3]. Andrea Bareggi, *Green Cutting using Supersonic Air Jets as Coolant and Lubricant*

during Turning, Mechanical & Manufacturing Engineering, Trinity College Dublin, Ireland.

- [4]. Prof.Dr.-Ing. M. Schneider, *Grinding with Internal Cooling Lubricant Supply*, Institute of Production and Machining Technology, University of Applied Sciences, Giessen-Friedberg, Germany.

[5]. TS. Trần Minh Đức, *Nghiên cứu ứng dụng công nghệ bôi trơn-làm nguội tối thiểu trong gia công cắt gọt*, Khoa cơ khí, trường ĐHKT Công nghiệp, ĐH Thái Nguyên.

## ABSTRACT

**EFFECTS OF MINIMUM QUANTITY LUBRICANT TO CUTTING TOOL WEAR AND SURFACE ROUGHNESS IN HARD-TURNING 9CRSI TEMPERED STEEL"**

**Hoang Xuan Tu\***, Ngo Ngoc Vu

*Thainguyen University of Technology - TNU*

In the process of machining, cutting tool wear is the cause of destruction of cutting tools. To increase the life of cutting tools people use lubricant. The effects of lubricant are reducing friction in the cutting area, transfer heat out of cutting area, reduce the negative effects of high temperature on cutting tools, ensure the temperature of cutting area low and stable, transport the cutting chip easily. However, the use of lubricant during processing today showed its disadvantage is cause of environmental pollution and harmful to workers. Therefore, the research and apply technology of lubrication minimum (Minimum Quantity Lubricant - MQL) for processing should be developed. On that basis, we researched the topic "*Effects of minimum quantity lubricant to cutting tool wear and surface roughness in hard-turning 9CrSi tempered steel*", which reviews the advantages and disadvantages of Minimum lubrication cooling compared to dry turning by the mechanisms of wear, surface roughness and cutting tool wear on the back.

**Keywords:** *Hard-turning, MQL (Minimum Quantity Lubricant), Surface roughness, Tool wear*

---

\* Email: [hxt\\_dhktcn@yahoo.com](mailto:hxt_dhktcn@yahoo.com)