

**ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP**

**BÁO CÁO TỔNG KẾT**  
**ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP TRƯỜNG**

**TÊN ĐỀ TÀI**

**Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ tới mòn dụng  
cụ và nhám bề mặt khi tiện cứng các bề mặt gián đoạn**

**Mã số: T2019-B38**

**Xác nhận của tổ chức chủ trì**

**KT. HIỆU TRƯỞNG**

**PHÓ HIỆU TRƯỞNG**



**PGS.TS. Vũ Ngọc Pi**

**Chủ nhiệm đề tài**

*(ký, họ tên)*

*Ngô Minh Tuấn*

**Thái Nguyên, tháng 6/ 2021**

## **DANH SÁCH THÀNH VIÊN THAM GIA NGHIÊN CỨU ĐỀ TÀI**

1. PGS.TS Hoàng Vị – Trường ĐH Kỹ thuật Công nghiệp – ĐH Thái Nguyên
2. ThS Đinh Trọng Hải – Trường ĐH Kỹ thuật Công nghiệp – ĐH Thái Nguyên
3. ThS Chu Mạnh Cường – Trường ĐH Kỹ thuật Công nghiệp – ĐH Thái Nguyên

## MỤC LỤC

MỤC LỤC .....	4
DANH MỤC HÌNH VẼ .....	6
DANH MỤC BẢNG BIỂU .....	8
DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT .....	9
THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU .....	10
PHẦN MỞ ĐẦU .....	16
1. Tính cấp thiết .....	16
2. Mục đích nghiên cứu .....	16
4. Phương pháp nghiên cứu .....	17
5. Ý nghĩa khoa học, ý nghĩa thực tiễn .....	17
<b>CHƯƠNG 1- TỔNG QUAN VỀ CÔNG NGHỆ TIỆN CỨNG VÀ TIỆN CỨNG CÁC BỀ MẶT GIÁN ĐOẠN .....</b>	<b>18</b>
1.1 Giới thiệu .....	18
1.2 Vật liệu dụng cụ khi tiện cứng .....	20
1.2.1 Cacbit .....	20
1.3.2 Ceramic .....	21
1.3.3 CBN .....	22
1.4 Ảnh hưởng của các thông số công nghệ trong quá trình tiện cứng .....	23
1.4.1 Lực cắt .....	24
1.4.2 Nhiệt độ cắt .....	25
1.4.3 Nhám bề mặt .....	26
1.4.4 Mòn dụng cụ cắt .....	27
<b>CHƯƠNG 2. NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA THÔNG SỐ CÔNG NGHỆ TỚI NHÁM BỀ MẶT KHI TIỆN CỨNG BỀ MẶT GIÁN ĐOẠN .....</b>	<b>28</b>
2.1 Hệ thống thí nghiệm .....	28
2.1.1. Máy thí nghiệm .....	28

2.1.2. Dụng cụ cắt.....	28
2.1.3. Phôi thí nghiệm.....	29
2.1.4. Thiết bị đo.....	29
2.2. Phân tích ảnh-hưởng của các thông số công nghệ tới nhám bề mặt và mòn dụng cụ bằng mô hình thí nghiệm hai mức.....	30
2.2.1 Thiết kế thí nghiệm.....	30
2.2.2. Lựa chọn bộ thông số khảo sát và kết quả thí nghiệm.....	32
2.2.3. Kết quả và thảo luận.....	32
2.3 Kết luận chương 2.....	38
<b>CHƯƠNG 3. TỐI ƯU HÓA CHẾ ĐỘ CÔNG NGHỆ KHI TIỆN CỨNG BỀ MẶT GIÁN ĐOẠN BẰNG PHƯƠNG PHÁP BỀ MẶT CHỈ TIÊU.....</b>	<b>39</b>
3.1 Phương pháp nghiên cứu.....	39
3.2. Tối ưu hóa đơn mục tiêu.....	41
3.2.1. Tối ưu hóa sử dụng phương pháp bề mặt chỉ tiêu.....	41
3.2.2 Tối ưu hóa nhám bề mặt.....	42
3.2.3 Tối ưu hóa mòn mặt sau.....	48
3.3 Tối ưu hóa đa mục tiêu.....	52
3.3.1 Xác định bộ thông số tối ưu.....	52
3.3.2 Thí nghiệm kiểm chứng.....	55
<b>KẾT LUẬN CHUNG.....</b>	<b>58</b>
<b>HƯỚNG NGHIÊN CỨU TIẾP THEO.....</b>	<b>59</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO.....</b>	<b>60</b>

## DANH MỤC HÌNH VẼ

<i>Hình 1. 1. Sự biến thiên của lực cắt khi thay đổi vận tốc cắt, lượng chạy dao và chiều sâu cắt khi tiện cứng.....</i>	19
<i>Hình 1. 2 Các chi tiết có bề mặt gián đoạn.....</i>	19
<i>Hình 1. 3 Các thành phần lực cắt theo thời gian .....</i>	24
<i>Hình 1. 4 Giá trị độ nhám bề mặt khi tiện cứng bề mặt gián đoạn.....</i>	26
<i>Hình 2. 1 Trung tâm tiện CNC QTS200 (Mazak) .....</i>	28
<i>Hình 2. 2 Mảnh dao tiện CBN .....</i>	28
<i>Hình 2. 3 Phôi thí nghiệm.....</i>	29
<i>Hình 2. 4 Máy đo nhám Mitutoyo SJ-210 – Nhật bản .....</i>	29
<i>Hình 2. 5 Kính hiển vi điện tử WHX7500 của Keyence .....</i>	30
<i>Hình 2. 6 Kính hiển vi điện tử quét JEOL JSM-7600F.....</i>	30
<i>Hình 2. 7 Sơ đồ thí nghiệm 2 mức với 3 thông số khảo sát.....</i>	32
<i>Hình 2. 8 Ảnh hưởng chính của các thông số tới nhám bề mặt .....</i>	35
<i>Hình 2. 9 Ảnh hưởng tương tác của các thông số khảo sát tới nhám bề mặt .....</i>	35
<i>Hình 2. 10 Ảnh hưởng của các thông số khảo sát tới lượng mòn mặt sau .....</i>	37
<i>Hình 2. 11 Ảnh hưởng tương tác của các thông số khảo sát tới lượng mòn mặt sau ..</i>	38
<i>Hình 3. 1 Sơ đồ thí nghiệm FCCD với 3 thông số khảo sát.....</i>	40
<i>Hình 3. 2 Biểu đồ Pareto cho nhám bề mặt .....</i>	42
<i>Hình 3. 3 Ảnh hưởng chính của các yếu tố khảo sát tới nhám bề mặt .....</i>	44
<i>Hình 3. 4 Biểu đồ đồng mức của nhám bề mặt khi cố định chiều sâu cắt 0.15 mm. ....</i>	45
<i>Hình 3. 5 Ảnh hưởng tương tác giữa các thông số tới nhám bề mặt khi tiện cứng bề mặt gián đoạn sử dụng mảnh CBN.....</i>	45
<i>Hình 3. 6 Chế độ cắt tối ưu cho nhám bề mặt nhỏ nhất .....</i>	47

<i>Hình 3. 7 Đo nhám bề mặt trong thí nghiệm kiểm chứng bằng kính hiển vi điện tử WHX-7000 tại công ty Keyence .....</i>	<i>47</i>
<i>Hình 3. 8 Biểu đồ Pareto cho mòn mặt sau của mảnh CBN .....</i>	<i>49</i>
<i>Hình 3. 9 Ảnh hưởng chính của thông số cắt tới mòn mặt sau .....</i>	<i>49</i>
<i>Hình 3. 10 Ảnh hưởng tương tác của thông số cắt tới mòn mặt sau .....</i>	<i>50</i>
<i>Hình 3. 11 Biểu đồ đường đồng mức của lượng mòn mặt sau.....</i>	<i>51</i>
<i>Hình 3. 12 Chế độ cắt tối ưu cho lượng mòn mặt sau nhỏ nhất.....</i>	<i>51</i>
<i>Hình 3. 13 Chế độ cắt tối ưu trong bài toán đa mục tiêu .....</i>	<i>54</i>
<i>Hình 3. 14 Biểu đồ đồng mức cho giá trị kỳ vọng tổng hợp .....</i>	<i>54</i>
<i>Hình 3. 15. Ảnh chụp SEM vết mòn dụng cụ cắt .....</i>	<i>56</i>
<i>Hình 3. 16. Phân tích quang phổ EDX.....</i>	<i>57</i>

O  
 T  
 Đ  
 Y  
 V  
 T

## DANH MỤC BẢNG BIỂU

<i>Bảng 2. 1 Thành phần hóa học của thép SKD11.....</i>	<i>29</i>
<i>Bảng 2. 2 Ma trận thí nghiệm 2 mức với ba thông số khảo sát.....</i>	<i>31</i>
<i>Bảng 2. 3 Thông số đầu vào các mức giá trị.....</i>	<i>32</i>
<i>Bảng 2. 4 Kết quả thí nghiệm trong mô hình thí nghiệm hai mức.....</i>	<i>33</i>
<i>Bảng 2. 5 Phân tích phương sai cho nhám bề mặt với mô hình thí nghiệm hai mức... </i>	<i>34</i>
<i>Bảng 2. 6 Phân tích phương sai cho giá trị mòn mặt sau trong thí nghiệm 2k .....</i>	<i>36</i>
<i>Bảng 3. 1 Ma trận thí nghiệm FCCD với ba thông số khảo sát.....</i>	<i>40</i>
<i>Bảng 3. 2 Kết quả thí nghiệm trong mô hình thí nghiệm FCCD.....</i>	<i>41</i>
<i>Bảng 3. 3 Kết quả phân tích phương sai cho nhám bề mặt sử dụng mô hình thí nghiệm RSM-FCCD.....</i>	<i>43</i>
<i>Bảng 3. 4 Phân tích mô hình dự đoán nhám bề mặt.....</i>	<i>46</i>
<i>Bảng 3. 5 Phân tích phương sai cho mòn mặt sau .....</i>	<i>48</i>
<i>Bảng 3. 6 Ma trận thí nghiệm và giá trị kỳ vọng của hàm mục tiêu tổng hợp.....</i>	<i>55</i>
<i>Bảng 3. 7 Thông số thí nghiệm kiểm chứng và kết quả .....</i>	<i>56</i>

## DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT

PVD - Physical vapor depositio

CVD - Chemical vapor deposition

PCBN - Polycrystalline Cubic Boron Nitride

CBN - Cubic Boron Nitride

ANOVA - Phân tích phương sai

RSM - Bề mặt chỉ tiêu

FCCD - Hỗn hợp tâm mặt

11/10/2011



# TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP

Đơn vị: Khoa Cơ khí

## THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

### 1. Thông tin chung:

- Tên đề tài: **Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ tới mòn dụng cụ và nhám bề mặt khi tiện cứng các bề mặt gián đoạn**

- Mã số: T2019-B38

- Chủ nhiệm đề tài: TS. Ngô Minh Tuấn

- Cơ quan chủ trì: Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp – Đại học Thái Nguyên

- Thời gian thực hiện: 12 tháng (Từ tháng 07 năm 2019 đến tháng 07 năm 2020)

### 2. Mục tiêu:

Đề tài này được thực hiện nhằm đạt các mục tiêu sau đây:

- Đánh giá ảnh hưởng của thông số công nghệ tới cơ chế mòn, lượng mòn của dụng cụ và nhám bề mặt khi tiện cứng các bề mặt gián đoạn.

- Đưa ra một số chỉ dẫn công nghệ hợp lý về công nghệ tiện cứng các bề mặt gián đoạn;

- Công bố quốc tế các kết quả nghiên cứu nhằm nâng cao vị thế cơ sở giáo dục;

### 3. Kết quả nghiên cứu:

- Phương pháp quy hoạch thực nghiệm bề mặt chỉ tiêu và phân tích ANOVA nhằm đánh giá ảnh hưởng của các biến số khảo sát đến kết hàm mục tiêu để từ đó có định hướng lựa chọn các thông số khảo sát có ảnh hưởng đáng kể để triển khai các bước nghiên cứu tiếp theo.

- Nghiên cứu đã khảo sát ảnh hưởng của các thông số công nghệ của quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn thép SKD11 sử dụng mảnh CBN gồm chiều sâu cắt, vận tốc cắt và lượng chạy dao tới lượng mòn mặt sau và trị số nhám  $R_a$ . Kết quả thực nghiệm cho thấy các thông số này có ảnh hưởng đáng kể đến các thông số kết quả đầu ra lượng mòn mặt sau và nhám  $R_a$ .

- Nghiên cứu đã phân tích được mức độ ảnh hưởng của các thông số và tương tác giữa chúng tới nhám bề mặt và lượng mòn mặt sau trong quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn SKD11 sử dụng mảnh CBN. Lượng chạy dao là thông số ảnh hưởng

nhất tới nhám bề mặt, vận tốc cắt là yếu tố ảnh hưởng tiếp theo tới nhám bề mặt và chiều sâu cắt rất ít ảnh hưởng tới nhám bề mặt.

- Nghiên cứu đã tiến hành tối ưu hóa với từng mục tiêu là giá trị độ nhám bề mặt và lượng mòn mặt sau khi tiện cứng bề mặt gián đoạn thép SKD11 với mảnh CBN bằng mô hình thí nghiệm bề mặt chỉ tiêu hỗn hợp tâm mặt (RSM-FCCD). Kết quả nghiên cứu đã đưa ra được mô hình dự đoán nhám bề mặt và đưa ra được bộ thông số công nghệ đảm bảo nhám bề mặt là nhỏ nhất. Đồng thời nghiên cứu cũng đề xuất được bộ thông số công nghệ tối ưu cho lượng mòn mặt sau, đảm bảo giá trị lượng mòn mặt sau là nhỏ nhất.

- Nghiên cứu đã xác định được bộ thông số công nghệ tối ưu đảm bảo đồng thời hai mục tiêu là nhám bề mặt và lượng mòn mặt sau là nhỏ nhất bằng cách sử dụng modul tối ưu hóa đa mục tiêu trên mô hình thí nghiệm RSM-FCCD. Bằng cách phân tích ảnh hưởng của các thông số công nghệ tới hệ số kỳ vọng tổng hợp, có thể lựa chọn được bộ thông số công nghệ hợp lý cho quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn.

#### **4. Sản phẩm:**

Đã đăng được 02 bài báo trong đó:

+ 01 bài báo khoa học đăng trên tạp chí nước ngoài có chỉ số ISSN:

+ 01 bài báo khoa học đăng trên tạp chí nước ngoài thuộc danh mục ISI/SCOPUS, Q3

- Bài báo quốc tế có chỉ số ISSN: Vi Hoang, Minh Tuan Ngo, Quang Minh Do. Investigating the Effect of Cutting Parameters on Surface Roughness and Flank Wear in the Interrupted Hard Turning of Hardened SKD 11 Steel using High CBN Inserts. International Journal of Advanced Engineering Research and Applications (IJA-ERA), Volume – 6, Issue – 3, July – 2020, pp. 48-54.

- Bài báo quốc tế thuộc danh mục ISI/SCOPUS, Q3: Minh Tuan Ngo, Vi Hoang. Analysis and prediction of surface roughness in fully interrupted hard turning skd11 steel using high cbn inserts, International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD), Vol. 10, Issue 3, Jun 2020, 5425-5436, pp. 5425-5435.

#### **5. Hiệu quả:**

##### **5.1. Đối với lĩnh vực giáo dục và đào tạo**

- Nâng cao trình độ về NCKH, về chuyên môn cho giảng viên

##### **5.2. Đối với lĩnh vực khoa học và công nghệ có liên quan**



- Kỹ thuật: Khi sử dụng bộ thông số công nghệ này để tiện cứng các bề mặt gián đoạn có thể nâng cao chất lượng bề mặt và giảm mòn dụng cụ cắt.

- Kinh tế: Do thay thế một phần cho mài nên góp phần làm giảm được giá thành; Ứng dụng bộ thông số công nghệ này có thể giảm lượng mòn dụng cụ, từ đó nâng cao tuổi bền của dụng cụ CBN khi tiện cứng các bề mặt gián đoạn.

### 5.3. Đối với phát triển kinh tế - xã hội

- Đưa ra giải pháp gia công phù hợp với điều kiện sản xuất tại Việt Nam.

### 5.4. Đối với tổ chức chủ trì và các cơ sở ứng dụng kết quả nghiên cứu

- Đối với tổ chức chủ trì: Nâng cao được năng lực nghiên cứu khoa học và chuyển giao công nghệ đối với những công nghệ gia công mới

- Đối với cơ sở ứng dụng kết quả nghiên cứu: Nâng cao năng suất gia công, tiết kiệm chi phí, hạ giá thành sản phẩm để tăng tính cạnh tranh. Mở rộng được năng lực gia công, sản xuất.

## 6. Khả năng áp dụng và phương thức chuyển giao kết quả nghiên cứu:

Ngày tháng năm

Cơ quan chủ trì

KT.HIỆU TRƯỞNG

KT.HIỆU TRƯỞNG



TS. Vũ Ngọc Pi

Chủ nhiệm đề tài

Ngô Minh Tuấn

## INFORMATION ON RESEARCH RESULTS

### 1. General information:

Project title: Study influence of cutting parameters on surface roughness and tool wear in hard turning process of interrupted hardened steel surfaces

Code number: **T2019-B38**

Coordinator: Doctor Ngo Minh Tuan

Implementing institution: Thai Nguyen University of Technology

Duration: from July, 2019 to July, 2020

### 2. Objective(s):

- Evaluate the effect of cutting parameters on the wear mechanism, the flank wear and surface roughness when hard turning interrupted surfaces.

- Give some reasonable technological instructions on technology for hard turning of interrupted surfaces;

- International publication of research results to enhance the status of educational institutions;

### 3. Research results:

- The method of experimental planning of the indicator surface and ANOVA analysis is aimed at assessing the effects of survey variables on the objective function in order to have the orientation of selecting survey parameters that have a significant impact. implementation of the next research steps.

- The study investigated the effects of cutting parameters of the SKD11 steel intermittent surface hardening process using CBN inserts including cutting depth, cutting speed and feed rate on the flank wear and surface roughness. Experimental results show that these parameters have a significant effect on the output parameters of the flank wear and surface roughness Ra.

- The study analyzed the influence of cutting parameters and their interactions on surface texture and flank wear during SKD11 intermittent surface hard turning using CBN inserts. The feed rate is the parameter that most influences on the surface roughness, the cutting speed is the next factor that affects the surface roughness and the depth of cut has little effect on the surface roughness.

- Optimized with surface roughness value and flank wear amount after turning hardened SKD11 steel intermittent surface with CBN inserts using the surface center composite index surface experiment model (RSM-FCCD). Research determined a model to predict surface roughness and give a set of cutting parameters to ensure that surface roughness is minimal. At the same time, the study also proposed the optimal set of cutting parameters for the flank wear, ensuring the smallest value of flank wear.

- The study has identified an optimal set of cutting parameters to ensure that the surface roughness and the flank wear are minimized simultaneously by using the multi- optimization module on the RSM experimental model (FCCD). By analyzing the influence of the cutting parameters on the aggregate expected coefficient, a reasonable set of cutting parameters can be selected for the hard turning interrupted surface process.

#### **4. Products:**

Published 02 international papers:

+ 01 paper having ISSN index:

+ 01 paper belonging ISI/SCOPUS, Q3

- The paper having ISSN index: Tran Minh Duc, Tran The Long, Tran Quyet Chien. Investigating the Effect of Cutting Parameters on Surface Roughness and Flank Wear in the Interrupted Hard Turning of Hardened SKD 11 Steel using High CBN Inserts. International Journal of Advanced Engineering Research and Applications (IJA-ERA), Volume – 6, Issue – 3, July – 2020, pp. 48-54.

- The paper belonging ISI/SCOPUS, Q3: Minh Tuan Ngo, Vi Hoang. Analysis and prediction of surface roughness in fully interrupted hard turning skd11 steel using high cbn inserts, International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD), Vol. 10, Issue 3, Jun 2020, 5425-5436, pp. 5425-5435.

#### **5. Effects:**

##### **5.1. Education and training**

- Improve the ability of doing scientific research and knowledge of lecturers

##### **5.2. Technology and science**

- Technical aspect: Using this technology parameter to harden interrupted surfaces can improve surface quality and reduce cutting tool wear.

- Economic aspect: The manufacturing cost can be reduced because many grinding processes can be replaced. Application of this technology parameter can reduce the amount of tool wear, thereby improving the durability of CBN tools when turning interrupted surfaces.

### **5.3. Economic and social development**

- Offer processing solutions suitable with the production conditions in Vietnam.

### **5.4. Implementing institution and the places applying the research results**

- Implementing institution: The research ability and technology transfer of new manufacturing technologies are improved.

- The productivity improves and the manufacturing and product costs reduce to enhance the competitiveness. The machining capability can be enlarged.

### **6. Transfer alternatives of research results and applicability:**

## PHẦN MỞ ĐẦU

### 1. Tính cấp thiết

Tiện cứng là một quá trình gia công kim loại với độ cứng từ 45-70HRC. Các vật liệu thường dùng trong gia công cứng bao gồm: thép hợp kim, thép dụng cụ, thép cứng phủ crom, thép thấm nito và thép được xử lý nhiệt bằng các phương pháp khác. Trước kia, quá trình mài thường được sử dụng rộng rãi để gia công vật liệu có độ cứng trên 45 HRC. Tuy nhiên quá trình này có nhiều nhược điểm, do đó nhu cầu tiện cứng càng tăng cao. Hiện nay quá trình tiện cứng được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp do nhiều ưu điểm so với quá trình mài như: cải thiện tính toàn vẹn của lớp bề mặt gia công, giảm thời gian vận hành và ít ảnh hưởng tới môi trường và tăng được năng suất. Khi tiện cứng dụng cụ thường bị mòn nhanh do lực cắt và nhiệt cắt sinh ra trong quá trình tiện rất lớn. Mòn dụng cụ ảnh hưởng trực tiếp hoặc gián tiếp tới chất lượng và giá thành chi tiết sau khi gia công. Do đó đã có nhiều nhà khoa học trong và ngoài nước nghiên cứu về mòn dụng cụ và nhám bề mặt khi tiện cứng. Tuy nhiên các nghiên cứu tối ưu hóa thông số công nghệ của quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn còn ít. Đặc biệt, ở Việt Nam các nghiên cứu về quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn chưa được các nhà nghiên cứu quan tâm.

Vì vậy tác giả đề xuất hướng nghiên cứu với tên đề tài: “Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ tới mòn dụng cụ và nhám bề mặt khi tiện cứng các bề mặt gián đoạn”.

### 2. Mục đích nghiên cứu

Đánh giá ảnh hưởng của thông số công nghệ tới nhám bề mặt và mòn dụng cụ khi tiện cứng các bề mặt gián đoạn. Từ đó có định hướng triển khai ứng dụng vào thực tiễn sản xuất tại Việt Nam.

### 3. Nội dung nghiên cứu, đối tượng nghiên cứu

- Nội dung nghiên cứu:

Nghiên cứu các lý thuyết liên quan đến quá trình tiện cứng và tiện cứng các bề mặt gián đoạn; Nghiên cứu thực nghiệm: Nghiên cứu, thiết kế và xây dựng hệ thống thí nghiệm; Nghiên cứu thực nghiệm, xử lý kết quả cho quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn; Phân tích kết quả, viết báo cáo, công bố kết quả.

- Đối tượng nghiên cứu:

Nhám bề mặt và lượng mòn dụng cụ cắt khi tiện cứng các bề mặt gián đoạn

- Phạm vi nghiên cứu:

Ảnh hưởng của các thông số công nghệ bao gồm vận tốc cắt, lượng chạy dao và chiều sâu cắt tới lượng mòn dụng cụ và nhám bề mặt khi tiện các bề mặt gián đoạn

#### **4. Phương pháp nghiên cứu**

Nghiên cứu lý thuyết kết hợp với nghiên cứu thực nghiệm, trong đó chủ yếu là nghiên cứu thực nghiệm.

#### **5. Ý nghĩa khoa học, ý nghĩa thực tiễn**

- Kỹ thuật: Khi sử dụng bộ thông số công nghệ này để tiện cứng các bề mặt gián đoạn có thể nâng cao chất lượng bề mặt và giảm mòn dụng cụ cắt.

- Kinh tế: Do thay thế một phần cho mài nên góp phần làm giảm được giá thành; Ứng dụng bộ thông số công nghệ này có thể giảm lượng mòn dụng cụ, từ đó nâng cao tuổi bền của dụng cụ CBN khi tiện cứng các bề mặt gián đoạn.

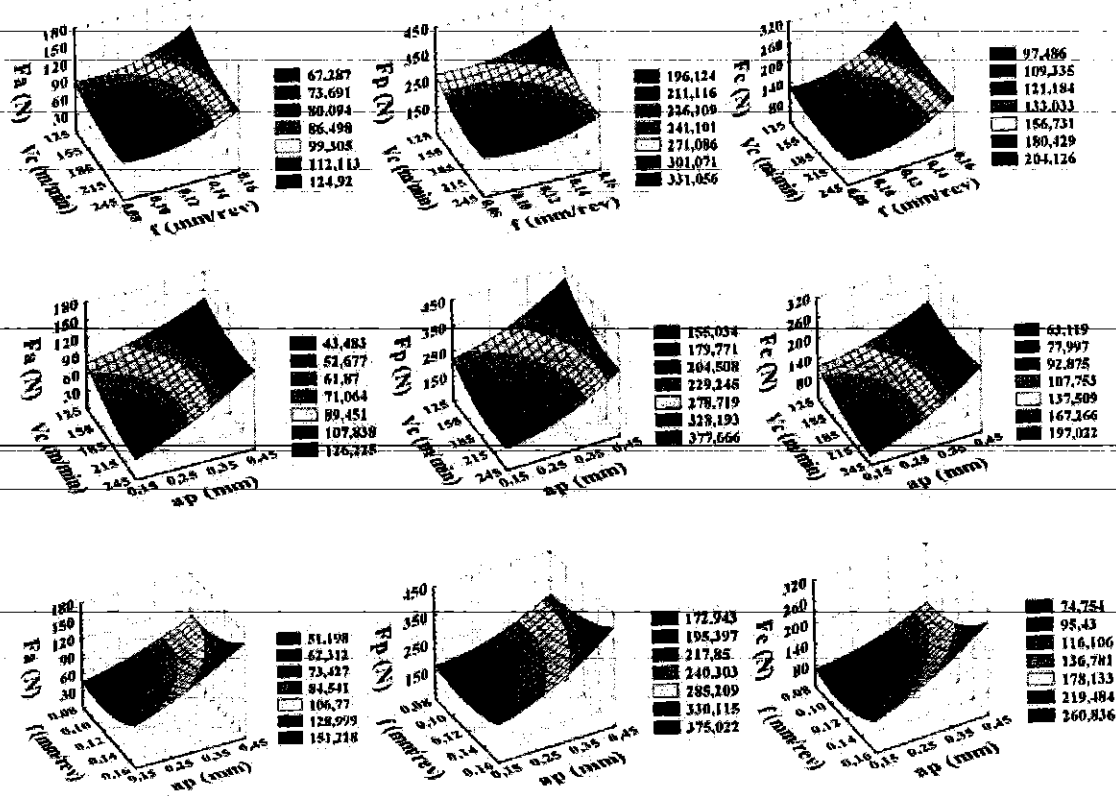


# CHƯƠNG 1- TỔNG QUAN VỀ CÔNG NGHỆ TIỆN CỨNG VÀ TIỆN CỨNG CÁC BỀ MẶT GIÁN ĐOẠN

## 1.1 Giới thiệu

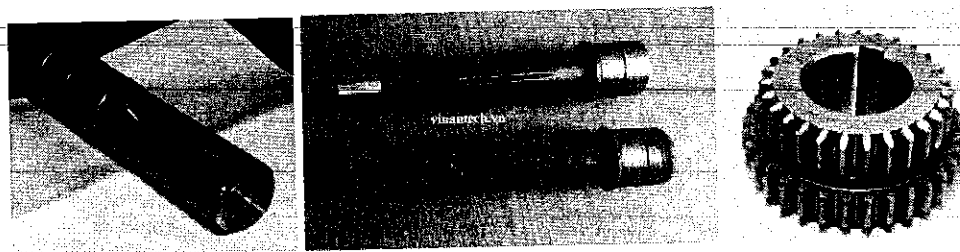
Tiện cứng là một trong những phương pháp trong công nghệ gia công cứng, sử dụng dụng cụ cắt có hình dáng xác định để gia công trực tiếp vật liệu có độ cứng HRC =45-70 [1]. Công nghệ tiện cứng được giới thiệu từ những năm 1980 cùng với sự phát triển của máy công cụ, vật liệu dụng cụ cắt và thiết kế thân dao cũng như mảnh dao. Giải pháp truyền thống cho gia công tinh vật liệu sau nhiệt luyện là mài, tuy nhiên phương pháp tiện cứng được phát triển và ứng dụng đã cho thấy hiệu quả và trong thực tiễn sản xuất, tiện cứng đã được sử dụng để thay thế một phần hoặc sử dụng phối hợp với nguyên công mài. Công nghệ tiện cứng đã cho thấy hiệu quả trong việc nâng cao năng suất, độ chính xác gia công, chất lượng bề mặt, và góp phần giảm giá thành gia công, bởi vậy công nghệ này ngày càng được ứng dụng rộng rãi.

Trong tiện cứng, dạng phoi tạo thành là dạng phoi xếp do độ dẻo của vật liệu thấp [1]. Do lực cắt và nhiệt cắt trong tiện cứng cao, do đó làm cho quá trình mòn dao xảy ra rất nhanh và lực cắt tăng, đặc biệt là lực đẩy dao. Dạng mòn chủ yếu là mòn do cào xước. Bởi vậy, các loại mảnh chất lượng cao như hợp kim cứng phủ, gốm, CBN, PCBN, kim cương nhân tạo thường được yêu cầu sử dụng trong gia công cứng. Ngoài ra, vì vật liệu có độ cứng cao có tỷ số độ cứng/môđul đàn hồi cao nên biến dạng đàn hồi gây bởi lực đẩy dao gây sai số kích thước. Chất lượng bề mặt cũng như độ chính xác về kích thước của chi tiết sau tiện cứng cao, tuy nhiên việc hình thành nên lớp biến trắng (white layer) trong công nghệ tiện cứng là một trong những vấn đề đã được rất nhiều tác giả quan tâm và nghiên cứu [2]. Lớp biến trắng là kết quả của sự thay đổi cấu trúc tế vi của vật liệu, có cấu trúc martensit không qua nhiệt luyện, có độ cứng cao hơn lớp vật liệu trung gian và lớp vật liệu nền. Cơ chế hình thành lớp biến trắng là do biến dạng dẻo lớn và/hoặc sự thay đổi nhiệt độ nhanh. Chiều dày lớp biến trắng tăng khi tăng chế độ cắt và lượng mòn mặt sau tăng. Do có những vết nứt tế vi trên lớp biến trắng, và sự lan truyền của các vết nứt dẫn đến sự bong tróc của lớp biến trắng nên khả năng chịu mài mòn của chi tiết giảm khi có lớp biến trắng trên bề mặt [3]. Giá trị nhám bề mặt chịu ảnh hưởng chính bởi lượng chạy dao và tốc độ cắt. Lực đẩy dao là thành phần lực lớn nhất và thay đổi cùng với sự thay đổi độ cứng của chi tiết gia công, giá trị âm của góc trước và tốc độ mòn của dao. Chiều sâu cắt có ảnh hưởng lớn nhất tới lực cắt so với lượng chạy dao và tốc độ cắt [4]. Khi tăng vận tốc cắt từ 125 m/phút lên 245 m/phút, lực cắt có xu hướng giảm như hình 1.



Hình 1. 1. Sự biến thiên của lực cắt khi thay đổi vận tốc cắt, lượng chạy dao và chiều sâu cắt khi tiện cứng

Trong sản xuất, một số lượng lớn các chi tiết, bộ phận máy được tổ hợp từ các bề mặt gián đoạn, như các trục có then, lỗ, các bánh răng, như hình 1.2. Quá trình tiện cứng các bề mặt gián đoạn này là một quá trình cắt phức tạp với lực cắt, nhiệt cắt cao, đồng thời xảy ra va đập và rung đập mạnh trong quá trình cắt. Những điều kiện khắc nghiệt này làm cho bề mặt chi tiết máy khó được đảm bảo đồng thời dụng cụ mòn nhanh. Do đó việc nghiên cứu quá trình tiện cứng các bề mặt gián đoạn đã và đang được quan tâm bởi nhiều nhà nghiên cứu.



Hình 1. 2 Các chi tiết có bề mặt gián đoạn

## 1.2 Vật liệu dụng cụ khi tiện cứng

Trong quá trình tiện cứng, việc lựa chọn vật liệu dụng cụ cắt ảnh hưởng rất lớn đến năng suất, chất lượng và chi phí của quá trình cắt. Hơn nữa, quá trình tiện cứng có lực cắt cao và lực cắt cao, vì vậy vật liệu dụng cụ cắt phải có độ kết dính cao, độ bền cao, không phản ứng với vật liệu gia công, có thành phần hóa học ổn định, có khả năng chống oxy hóa, khuếch tán và có độ bền và độ bền nhiệt lớn. Với sự phát triển của công nghệ vật liệu dụng cụ cắt, có nhiều loại vật liệu dụng cụ cắt có thể được sử dụng trong quy trình tiện cứng thép hợp kim sau khi nhiệt luyện như carbide, gốm và CBN. Các nghiên cứu về quá trình tiện cứng sử dụng vật liệu cắt khác nhau sẽ được tóm tắt trong phần này.

### 1.2.1 Cacbit

Cacbit được tạo ra bằng cách trộn TiC với Cobalt và sau đó được nung nóng trong môi trường nhiệt độ và áp suất cao. Tia có độ cứng cao (khoảng 3200 Kg / mm<sup>2</sup>) và chịu được nhiệt độ cao (khoảng 3000 độ C) do đó các bit thông thường được sử dụng để gia công cứng và tốc độ cao ([1]).

Anthony Xavier (2014) đã nghiên cứu độ mòn của dụng cụ, độ nhám bề mặt, nhiệt độ vùng cắt, thời gian gia công và tốc độ loại bỏ kim loại trong quá trình tiện cứng của các vật liệu phôi khác nhau như AISI 304, AISI 52100 và AISI D2 bằng cách sử dụng vật liệu cacbit, gốm kim loại và ceramic [5]. Kết quả nghiên cứu của Anthony chỉ ra rằng vật liệu gia công ảnh hưởng đáng kể đến tất cả các thông số đầu ra ngoại trừ độ nhám bề mặt và vật liệu dụng cụ chỉ ảnh hưởng hợp lý tới độ mòn mặt sau của dao. Nhiệt độ trong gia công khi tiện cứng AISI 52100 và AISI D2 gần như bằng nhau và cao hơn nhiệt độ khi tiện AISI 304. Hơn nữa, thời gian gia công giảm khi tốc độ gia công, tốc độ cắt và chiều sâu cắt tăng lên, trong khi năng suất cắt tăng khi các thông số cắt được tăng lên.

A. Srithar và cộng sự [6] đã kiểm tra chất lượng bề mặt khi tiện cứng thép SKD11 sau khi tôi có độ cứng 66 HRC bằng cách sử dụng vật liệu cacbit có phủ với sự thay đổi vận tốc cắt, lượng chạy dao và chiều sâu cắt. Các kết quả nghiên cứu đã xem xét rằng độ nhám bề mặt giảm, khi tăng vận tốc cắt và giảm lượng chạy dao và chiều sâu cắt.

Vào năm 2015, Anthony đã phân tích lực cắt và hình thái phoi trong quá trình tiện cứng thép AISI D2 đã tôi bằng cacbit phủ nhiều lớp, gốm kim loại và ceramic. Phoi có dạng răng cưa với các điều kiện cắt khác nhau vì phôi có độ cứng cao [7]. Khi vận tốc cắt tăng, chiều dày phoi và chiều dài của phoi giảm. Khi vận tốc cắt tăng cũng

làm lực cắt tăng. Do đó có thể thấy lực cắt ảnh hưởng mạnh tới hình dạng và kích thước của phoi. Kết quả cũng cho thấy mối quan hệ giữa thông số cắt với hình dạng và kích thước của phoi trong quá trình tiện cứng thép SKD11.

Junaid và wani (2017) đã nghiên cứu đánh giá hiệu suất của PCBN, cacbit phủ và Ceramic trong quá trình tiện cứng thép AISI D2 có độ cứng 45 HRC [8]. Nghiên cứu này chỉ ra rằng cơ chế mòn chính của các dụng cụ cacbit phủ là mài mòn cơ học, mài mòn và tạo vết ở tốc độ cắt thấp nhất. Và mài mòn, bám dính cùng với nứt mẻ là nguyên nhân gây hỏng dụng cụ ở tốc độ cắt vừa phải và cao nhất trong quá trình tiện cứng thép AISI D2. Pay Jun Liew và cộng sự (2017) đã nghiên cứu ảnh hưởng của các điều kiện cắt đối với độ nhám bề mặt và độ mòn của dụng cụ trong quá trình tiện cứng thép AISI D2 bằng cách sử dụng nanofluid với dụng cụ cắt cacbit có phủ [9]. Năm 2018, việc nghiên cứu lượng mòn mặt sau, độ nhám bề mặt và nhiệt độ cắt trong quá trình tiện cứng thép AISI D2 bằng cách sử dụng vật liệu cacbit phủ CVD đã được nghiên cứu bởi Ramanuj và et.al [10]. Độ mài mòn và khuếch tán là các cơ chế chính gây ra mòn mặt sau và tốc độ cắt là yếu tố ảnh hưởng lớn nhất tới mòn mặt sau. López-Luiz và et al (2018) đã phân tích độ mòn mặt sau và độ nhám bề mặt khi tiện cứng thép AISI D2 sử dụng mảnh cacbit có phủ PVD bằng phương pháp Taguchi [11].

Như vậy, vật liệu carbide được sử dụng rộng rãi trong quá trình tiện cứng thép sau khi nhiệt luyện. Tuy nhiên, trong điều kiện gia công khô vật liệu carbide không được phù hợp để gia công các bề mặt gián đoạn thép sau nhiệt luyện.

### **1.2.2 Ceramic**

Ceramic là vật liệu rất cứng và chịu nhiệt, chịu được hơn 1500 ° C mà không bị phân hủy hóa học. Các tính năng này khuyến nghị sử dụng chúng để gia công kim loại ở tốc độ cắt cao và trong điều kiện gia công khô. Các loại Ceramic chủ yếu dựa trên alumina ( $Al_2O_3$ ), silicon nitride ( $Si_3N_4$ ) và sialon (sự kết hợp của Si, Al, O và N). Các ceramic alumina có thể chứa các oxit titan, magiê, crom hoặc zirconium phân phối đồng nhất trên nền alumina để cải thiện độ dẻo dai (Davim, 2011). Một số nghiên cứu đã được thực hiện để nghiên cứu ảnh hưởng của việc tiện cứng sử dụng các loại ceramic khác nhau.

Junfeng Yuan và cộng sự [12] trong nghiên cứu của họ đã đưa ra một chiến lược mới để tăng cường hiệu quả của các quy trình gia công trong các điều kiện khắc nghiệt khi tiện cứng thép AISI D2 bằng cách sử dụng mảnh Ceramic không phủ (alumina hỗn hợp và TiCN). Sarmad Ali Khan và cộng sự (2018) đã phân tích ảnh hưởng của các thông số như tốc độ cắt, độ cứng của phôi và hình dạng lưỡi cắt của dụng cụ tới các yếu tố đánh giá hiệu quả của quá trình gia công như năng suất cắt, độ

nhám bề mặt và độ mòn của dụng cụ trong quá trình tiện thép AISI D2 sau nhiệt luyện bằng mảnh ceramic alumina có phủ TiN [13]. Gaitond và cộng sự (2009) phân tích ảnh hưởng của chiều sâu cắt và thời gian gia công đến các yếu tố của quá trình gia công như lực cắt, công suất cắt, lực cắt đơn vị, độ nhám bề mặt và độ mài mòn của dụng cụ bằng cách sử dụng mô hình toán học bậc hai trong suốt quá trình tiện cứng thép AISI [14].

Tugrul và et al (2007) đã chỉ ra ảnh hưởng của các thông số cắt đến lực cắt, độ nhám bề mặt và độ mòn mặt sau khi tiện cứng thép AISI D2 sử dụng mảnh ceramic có lưỡi cắt Wiper [15]. Muhammad Aftab Ahmad và et al (2018) đã phân tích ảnh hưởng của bán kính mũi và lượng tiến dao đến độ nhám bề mặt trong quá trình tiện cứng thép AISI D2 bằng cách sử dụng mảnh Ceramic TiN alumina hỗn hợp [16]. Ramon và cộng sự (2008) đã nghiên cứu hai mô hình đã được điều chỉnh để dự đoán lượng mòn dụng cụ khi tiện cứng thép D2 cứng bằng cách sử dụng dụng cụ ceramic với sự thay đổi của tốc độ cắt, lượng tiến dao và thời gian gia công [17]. Gaitonde và cộng sự (2009) đã sử dụng mô hình toán học dựa trên phương pháp phản ứng bề mặt để phân tích ảnh hưởng của các tham số cắt đến khả năng gia công trong quá trình tiện cứng thép dụng cụ gia công nguội AISI D2 bằng mảnh wiper ceramic [18]. Sarmad Ali Khan và cộng sự đã phân tích độ mòn / tuổi bền của dụng cụ, năng suất cắt và độ nhám bề mặt phôi trong quá trình tiện cứng thép D2 sử dụng mảnh ceramic có phủ TiN [19].

Ceramic là vật liệu dụng cụ cắt có độ cứng cao phù hợp cho gia công cứng, nhưng còn nhiều hạn chế khi gia công cứng các bề mặt gián đoạn, đặc biệt là các bề mặt có mức độ gián đoạn cao.

### **1.2.3 CBN**

CBN đa tinh thể boron nitride, CBN, là vật liệu dụng cụ cắt có độ cứng nóng tuyệt vời có thể được sử dụng ở tốc độ cắt rất cao. Nó cũng thể hiện độ dẻo dai tốt và khả năng chống sốc nhiệt. Các lớp CBN hiện đại là vật liệu tổng hợp gồm có hàm lượng CBN từ 40-65%. Chất kết dính gồm làm tăng khả năng chống mài mòn cho CBN, mặt khác để bị hao mòn hóa học. Một nhóm các lớp khác là các lớp CBN nội dung cao, với 85% đến gần 100% CBN. Những lớp này có thể có một chất kết dính kim loại để cải thiện độ dẻo dai của chúng. CBN được hàn vào hợp kim cứng để tạo thành mảnh dao. Các lớp CBN được sử dụng chủ yếu để gia công vật liệu cứng, với độ cứng trên 45 HRC. Trên 55 HRC, CBN là công cụ cắt duy nhất có thể thay thế các phương pháp mài truyền thống được sử dụng. Với thép mềm hơn, dưới 45 HRC, chứa một lượng ferrite cao hơn, có tác động tiêu cực đến khả năng chống mài mòn của

CBN. CBN cũng có thể được sử dụng để gia công thô tốc độ cao với gang xám trong cả quá trình tiện và phay.

Linhu Tang và cộng sự đã nghiên cứu và chỉ ra rằng các cơ chế mòn trong mài mòn mặt sau của mảnh dụng cụ PCBN là mài mòn trong trường hợp 40-55 HRC và mài mòn trong trường hợp 60 HRC do tăng đột ngột của ma sát tại các công cụ - giao diện phôi, trong khi mòn khuếch tán là nguyên tắc hao mòn trong mặt trước của mảnh PCBN [20]. Sarnobat đã nghiên cứu ảnh hưởng của các hình dạng mảnh dụng cụ cắt khác nhau và các tham số công nghệ của quá trình gia công thép AISI D2 sau nhiệt luyện sử dụng mảnh CBN đến ứng suất dư bề mặt ba trục, độ nhám bề mặt và năng suất gia công cứng trong khu vực bị ảnh hưởng [21]. Nghiên cứu của Dosbaeva và cộng sự (2015) cho rằng những lớp phủ ngày càng trở nên không hiệu quả, khi tăng tốc độ cắt lên 175 m / phút, và do nhiệt độ cắt lên hơn 1100<sup>0</sup>C trong quá trình tiện cứng của thép AISI D2 bằng các mảnh PCBN [22]. Kết quả nghiên cứu này đã dẫn đến kết luận rằng mòn do dính và mòn hóa học có thể được coi là cơ chế mài mòn chính trong công cụ cắt PCBN đã sử dụng. Sarnobat và cộng sự (2018) đã phân tích ảnh hưởng của các điều kiện cắt đối với độ rung của dụng cụ cắt và đề xuất mô hình độ nhám bề mặt dự đoán khi tiện cứng thép AISI D2 bằng cách sử dụng mảnh CBN thông thường và dạng Wiper [23].

Các nghiên cứu cho thấy CBN phù hợp cho cả quá trình tiện cứng và tiện cứng bề mặt gián đoạn. Tuy nhiên với mỗi loại máy vật liệu CBN lại phù hợp với vật liệu phôi và có chế độ cắt khác nhau, do đó cần có các nghiên cứu xác định điều kiện cắt hợp lý.

### 1.3 Ảnh hưởng của các thông số công nghệ trong quá trình tiện cứng

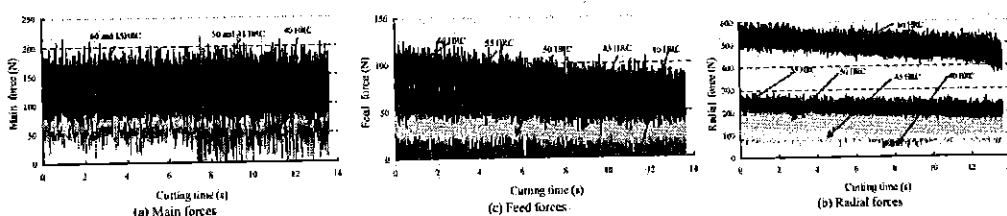
Các thông số công nghệ trong quá trình gia công như vận tốc cắt, chiều sâu cắt và lượng chạy dao ảnh hưởng đến chi phí sản xuất và chất lượng sản phẩm. Do đó, điều quan trọng là sử dụng kỹ thuật tối ưu hóa để xác định mức tối ưu của các tham số này để giảm chi phí sản xuất và đồng thời đạt được chất lượng sản phẩm mong muốn. Một trong những mục tiêu chính trong việc tối ưu hóa quá trình tiện là giảm thiểu chi phí sản xuất và tối đa hóa tỷ lệ sản xuất trong khi vẫn giữ được chất lượng của các chi tiết gia công theo thông số kỹ thuật thiết kế. Chi phí gia công liên quan chặt chẽ đến tốc độ bóc tách vật liệu. Tốc độ bóc tách vật liệu trong quá trình tiện được đưa ra bằng sản phẩm của các thông số cắt (tốc độ cắt (Vc), lượng chạy dao (f) và chiều sâu cắt (d)). Do đó, nếu muốn tăng năng suất thì cần tăng ba tham số cắt này. Nhưng, có những giới hạn đối với các thông số cắt này vì chúng cũng có ảnh hưởng đến tuổi thọ dao, độ mòn dụng cụ, chất lượng bề mặt, lực cắt, nhiệt độ cắt, v.v. Theo quan điểm

này, nhiều nhà nghiên cứu đã nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số này liên quan đến khó xoay chuyển. Các phần sau đây trình bày những phát hiện của một số nghiên cứu liên quan đến các thông số này có liên quan đến quá trình tiện cứng.

### 1.3.1 Lực cắt

Lực cắt là một thông số quan trọng trong quá trình gia công nói chung và quá trình tiện cứng nói riêng. Kiến thức về lực cắt là cần thiết để ước tính các yêu cầu năng lượng, thông số để thiết kế máy công cụ, dụng cụ phụ và đồ gá gia công. Nhiều thiết bị đo lực đã được phát triển có khả năng đo lực sinh ra trong quá trình gia công với độ chính xác ngày càng tăng. Năng lượng tiêu thụ trong quá trình gia công cắt gọt kim loại phần lớn được chuyển thành nhiệt trong vùng gần lưỡi cắt của dụng cụ và nhiều vấn đề kinh tế và kỹ thuật của quá trình gia công được gây ra trực tiếp hoặc gián tiếp bởi nhiệt cắt và lực cắt [24]. Bằng cách đo các thành phần lực cắt, các nhà nghiên cứu có thể hiểu được cơ chế cắt như ảnh hưởng của các thông số công nghệ trong quá trình cắt đến lực cắt, khả năng gia công của phôi, quá trình hình thành phoi, cơ chế mòn và lượng mòn dụng cụ. Lực cắt trong điều kiện trạng thái không ổn định thậm chí bị ảnh hưởng bởi nhiều tham số và sự biến đổi của cắt lực với thời gian có một đặc tính điển hình. Lực cắt có thể được giải quyết thành ba các thành phần, tức là lực đẩy xuyên tâm ( $F_x$ ), lực dọc trục ( $F_y$ ) và lực cắt tiếp tuyến ( $F_z$ ). Thông thường, lực cắt tiếp tuyến là lớn nhất trong ba thành phần, mặc dù cuối cùng, lực đẩy xuyên tâm thường lớn hơn, trong khi lực nạp là tối thiểu. Những phát hiện của một số nghiên cứu liên quan đến ảnh hưởng của các thông số cắt đối với lực cắt được trình bày dưới đây. Các thành phần lực cắt tăng mạnh khi gia công vật liệu có độ cứng cao hơn khoảng 45 HRC (Davim, 2011).

Linhu Tang và et al (2019) đã sử dụng cảm biến đo 3 thành phần của hãng Kistler để đo các thành phần lực cắt và xác định lực ma sát trong quá trình tiện cứng thép AISI D2 [20]. Kết quả chỉ ra rằng khi độ cứng tăng thì lực cắt tăng nhanh. Lực đẩy xuyên tâm thay đổi rất ít theo thời gian cắt, trong khi thành phần lực dọc trục và lực tiếp tuyến giảm dần theo thời gian cắt, như hình 1.3.



Hình 1. 3 Các thành phần lực cắt theo thời gian

Gaitonde (2009) đã phát triển mô hình toán học cho các thành phần lực cắt khi tiện cứng thép AISI D2 với các vật liệu dụng cụ khác nhau [14]. Nghiên cứu này đã nghiên cứu ảnh hưởng của độ sâu cắt, hình học cắt và thời gian gia công đến lực cắt, công suất và các thành phần lực cắt của quá trình gia công. A.Srithar (2015) đã xem xét ảnh hưởng của vận tốc cắt, lượng chạy dao và chiều sâu cắt tới lực cắt trong quá trình tiện cứng thép AISI D2 sử dụng mảnh PCBN [25]. Davim (2007) đã nghiên cứu ảnh hưởng của các mảnh dụng cụ có lưỡi cắt Wiper khi so sánh với các mảnh dao thông thường với các thông số gia công (lực cắt, độ nhám bề mặt và độ mòn của dụng cụ) thu được khi tiện cứng thép AISI D2 [26].

### **1.3.2 Nhiệt độ cắt**

Hầu hết năng lượng trong quá trình cắt được chuyển thành nhiệt. Nhiệt này được tạo ra bằng biến dạng dẻo và ma sát giữa phoi và dụng cụ cắt và giữa dụng cụ cắt và chi tiết gia công. Sự sinh nhiệt trong quá trình gia công làm tăng nhiệt độ trong quá trình cắt ảnh hưởng đến độ bền, độ cứng, khả năng chống mài mòn và tuổi thọ của dụng cụ cắt và gây khó khăn trong việc kiểm soát độ chính xác kích thước và tính toàn vẹn bề mặt.

Nhiệt cắt cũng gây ảnh hưởng đến tính chất và độ bền của chi tiết gia công. Nhiệt độ trong vùng cắt bị ảnh hưởng chủ yếu bởi các thông số cơ bản của quá trình cắt. Ngoài ra, nó cũng phụ thuộc vào các tính chất của vật liệu phôi, cũng như các tính chất vật lý của công cụ. Do đó, các nhà nghiên cứu chủ yếu tập trung đo và dự đoán nhiệt độ tại vùng tiếp xúc giữa dụng cụ, phoi và chi tiết gia công [15]. Các dụng cụ cắt được sử dụng cho gia công cứng phải có độ cứng nóng thích hợp để chịu được nhiệt độ cao được tạo ra ở điều kiện vận tốc cắt cao. Trong những điều kiện này, hầu hết các vật liệu công cụ nói chung mất độ cứng dẫn đến suy yếu khả năng liên kết giữa các hạt và do đó, hao mòn dụng cụ được tăng tốc theo báo cáo của Ezugwu, Bonney và Yamane [27].

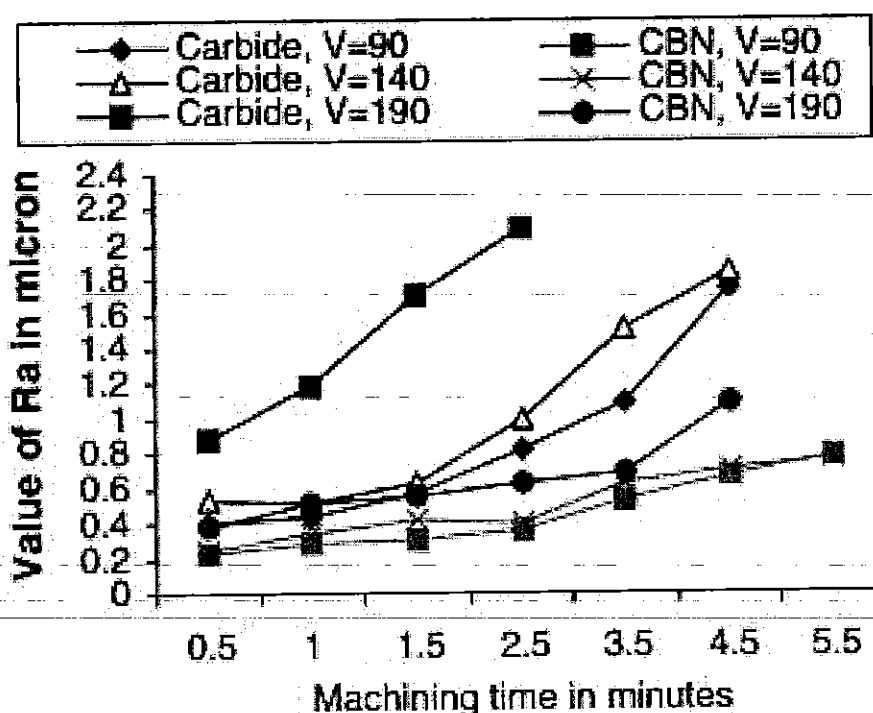
Ramanuj Kumar (2018) đã thực hiện quá trình gia công thép AISI D2 ở nhiều vận tốc cắt khác nhau, lượng chạy dao và chiều sâu cắt bằng cách sử dụng vật liệu cacbua phủ CVD [28]. Nhiệt độ trong vùng tạo phoi (T) được đo trong quá trình gia công bằng cách sử dụng máy Fluke Ti- hồng ngoại 32 cho hình ảnh nhiệt. Kết quả chỉ ra rằng nhiệt độ cắt vùng tạo phoi tăng nhanh theo vận tốc cắt và đây là yếu tố ảnh hưởng chính trong quá trình tiện cứng thép AISI D2.



### 1.3.3 Nhám bề mặt

Nhám bề mặt ảnh hưởng rất lớn đến tính chất sử dụng của chi tiết máy. Nhám bề mặt ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng chống ăn mòn hóa học; chống mài mòn cơ học; đến độ bền mỏi của chi tiết và đến độ chính xác, độ bền của mối ghép, v.v. Việc lựa chọn được các thông số nhám bề mặt hợp lý sẽ góp phần nâng cao tính năng làm việc của chi tiết máy đồng thời góp phần nâng cao năng suất, hạ giá thành sản phẩm.

Trong quá trình tiện cứng cũng như tiện cứng bề mặt gián đoạn thì nhám bề mặt là một trong những thông số quan trọng để đánh giá hiệu quả và chất lượng của quá trình gia công. Nhiều nhà nghiên cứu đã phân tích chất lượng bề mặt và ảnh hưởng của điều kiện cắt tới độ nhám bề mặt trong quá trình tiện cứng và tiện cứng bề mặt gián đoạn. Năm 2012, M Dogral và cộng sự đã phân tích tuổi bền và chất lượng bề mặt khi tiện cứng bề mặt gián đoạn sử dụng mảnh Cacbit có phủ và mảnh CBN [29]. Kết quả nghiên cứu cho thấy, mảnh CBN cho nhám bề mặt nhỏ hơn, phù hợp hơn trong tiện cứng bề mặt gián đoạn, như hình 1.4. Tuy nhiên nghiên cứu mới chỉ đề cập tới nhóm vật liệu có độ cứng 45-50HRC và bề mặt gián đoạn nhẹ.



Hình 1. 4 Giá trị độ nhám bề mặt khi tiện cứng bề mặt gián đoạn

Anselmo Eduardo Diniz và cộng sự đã phân tích mòn và nhám bề mặt khi tiện cứng bề mặt gián đoạn sử dụng mảnh gốm và mảnh CBN [30]. Nghiên cứu đã chỉ ra rằng mảnh CBN hiệu quả hơn mảnh gốm trong quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn.

Tuy nhiên, nghiên cứu mới chỉ dừng lại ở mức so sánh giữa các vật liệu dụng cụ khác nhau.

#### **1.3.4 Mòn dụng cụ cắt**

Mòn là một tiêu chí phổ biến dùng để đánh giá hiệu suất của dụng cụ cắt, khả năng gia công vật liệu và là một trong những chỉ tiêu quan trọng và được quan tâm nhất khi nghiên cứu lựa chọn dụng cụ cắt và điều kiện gia công. Đã có một số nhà nghiên cứu quan tâm đến mòn dụng cụ cắt khi tiện cứng bề mặt gián đoạn. Năm 2009, Oliveira và cộng sự [31] đã phân tích so sánh vết mòn dụng cụ cắt khi tiện cứng và tiện cứng bề mặt gián đoạn dùng mảnh PCBN và mảnh gốm với sự thay đổi của vận tốc cắt (150-195 m/phút). Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy mảnh PCBN hiệu quả hơn so với mảnh gốm trong quá trình tiện cứng gián đoạn. Năm 2010, Vitor Augusto đã nghiên cứu quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn sử dụng mảnh CBN và gốm. Suresh và cộng sự cũng đã phân tích mòn và lực cắt trong quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn sử dụng mảnh carbide có phủ [32]. Nghiên cứu đã chỉ ra cơ chế mòn khi tiện cứng gián đoạn với mảnh carbide. Năm 2019 Manoj Nayak đã xây dựng mô hình thí nghiệm nghiên cứu mòn dụng cụ khi tiện cứng và tiện cứng bề mặt gián đoạn thép AISI D6 sử dụng mảnh CBN thấp [33]. Nghiên cứu đã phân tích được cơ chế mòn và xây dựng được mô hình toán dự đoán tuổi bền của dụng cụ khi tiện cứng và tiện cứng bề mặt gián đoạn.

#### **1.4 Kết luận chương 1**

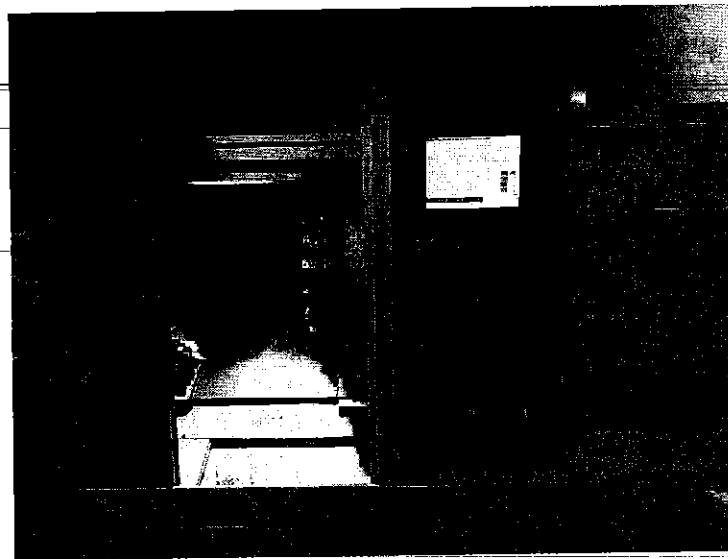
Sau khi nghiên cứu tổng quan về quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn, phân tích các vật liệu dụng cụ cắt và các yếu tố đánh giá quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn, nhóm nghiên cứu đã giới hạn lại phạm vi nghiên cứu là: Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ tới nhám bề mặt và lượng mòn mặt sau khi tiện cứng bề mặt gián đoạn thép SKD11 sau khi sử dụng mảnh CBN trong điều kiện gia công khô.

## CHƯƠNG 2. NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA THÔNG SỐ CÔNG NGHỆ TỚI NHÁM BỀ MẶT KHI TIỆN CỨNG BỀ MẶT GIÁN ĐOẠN

### 2.1 Hệ thống thí nghiệm

#### 2.1.1. Máy thí nghiệm

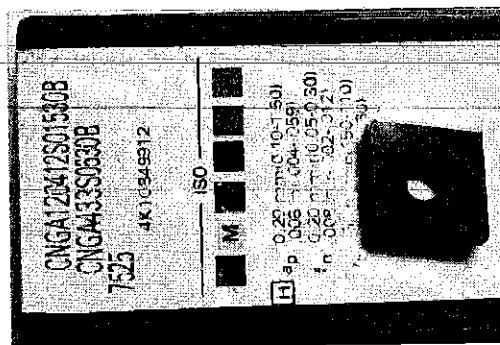
Quá trình thí nghiệm được thực hiện trên trung tâm tiện CNC QTS200 của hãng mazak tại phòng thí nghiệm CAD/CAM-CNC của trường đại học kỹ thuật công nghiệp (như hình 2.1).



Hình 2. 1 Trung tâm tiện CNC QTS200 (Mazak)

#### 2.1.2. Dụng cụ cắt

Dụng cụ cắt được sử dụng là mảnh CBN 7525 của hãng Sandvik sản xuất, với mã số theo iso CNGA120412S01530B, như hình 2.2. Mảnh dao CBN 7525 có chứa 90% CBN dạng mịn trên nền Ceramic, được dùng phổ biến trong gia công gang xám và gia công các bề mặt gián đoạn.



Hình 2. 2 Mảnh dao tiện CBN

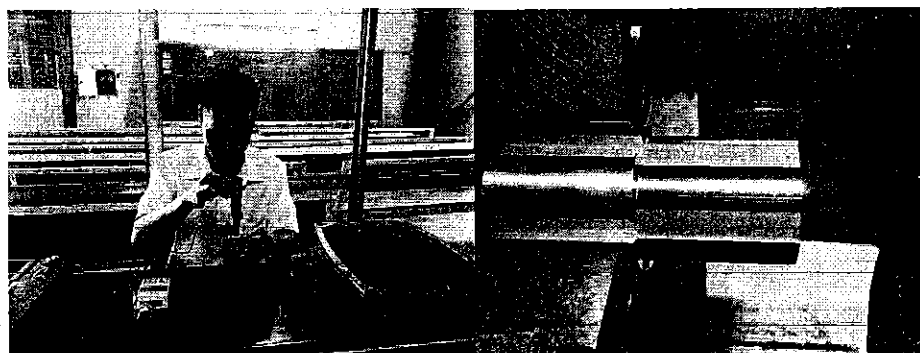
### 2.1.3. Phôi thí nghiệm

Trong nghiên cứu sử dụng thép SKD11 có thành phần hóa học như bảng 2.1, đây là mác thép theo tiêu chuẩn JIS của Nhật Bản, được sử dụng phổ biến trong các chi tiết chịu mài mòn cao. Thép SKD 11 có nhiều đặc tính tốt như bề mặt gia công mịn, có khả năng chống mài mòn cao, có độ thấm tôi tốt và ứng suất tôi thấp. Quá trình thí nghiệm sử dụng thép SKD11 dạng trụ 60mm x100mm được nhiệt luyện đạt độ cứng 60-62 HRC và được cắt xẻ 6 rãnh trên bề mặt trụ như hình 2.3.

Chuẩn bị phôi thí nghiệm: Phôi thép → Tiện thô → tiện tinh → nhiệt luyện đạt 60-62HRC → Tiện cứng → cắt dây (6 rãnh cách đều trên mặt trụ)

*Bảng 2. 1 Thành phần hóa học của thép SKD11*

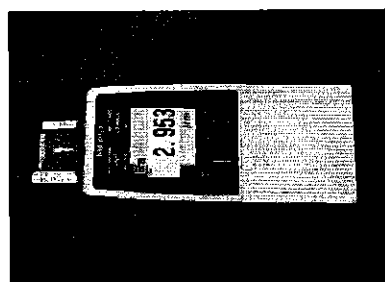
C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Fe
1.63	0.25	0.45	11.89	0.89	0.37	Balance



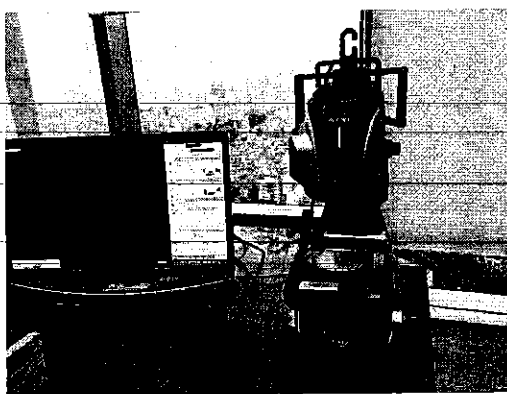
*Hình 2. 3 Phôi thí nghiệm*

### 2.1.4. Thiết bị đo

Trong quá trình gia công, nhám bề mặt được đo bằng máy đo nhám Mitutoyo SJ-210 – Nhật bản (như hình 2.4); Sau khi gia công cùng một chiều dài cắt 200m, dụng cụ được kiểm tra mòn bề mặt trên kính hiển vi điện tử WHX7500 của Keyence, như hình 2.5.

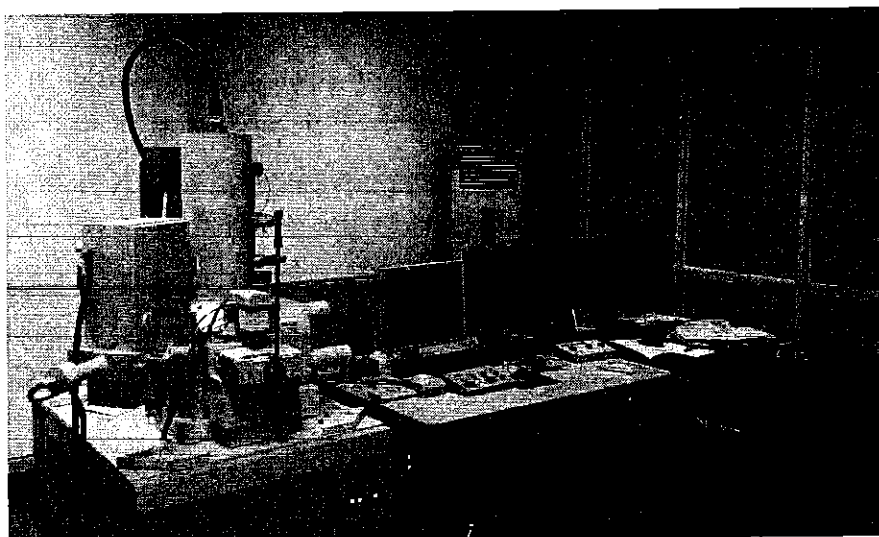


*Hình 2. 4 Máy đo nhám Mitutoyo SJ-210 – Nhật bản*



*Hình 2. 5 Kính hiển vi điện tử WHX7500 của Keyence*

Sau đó vết mòn của dụng cụ được chụp và kiểm tra tỷ lệ các nguyên tố trên vết mòn bằng kính hiển vi điện tử quét phát xạ trường (FE-SEM) tích hợp với phổ kế tán sắc năng lượng tia x (EDS) và đầu dò huỳnh quang catốt (CL) (JEOL JSM-7600F do Mỹ sản xuất) tại phòng thí nghiệm vi điện tử và hiển vi phân tích của viện tiên tiến khoa học và công nghệ, Đại học Bách khoa Hà Nội, như hình 2.6.



*Hình 2. 6 Kính hiển vi điện tử quét JEOL JSM-7600F*

## **2.2. Phân tích ảnh hưởng của các thông số công nghệ tới nhám bề mặt và mòn dụng cụ bằng mô hình thí nghiệm hai mức**

### **2.2.1 Thiết kế thí nghiệm**

Nhiều công trình nghiên cứu khoa học công nghệ thường đưa đến giải bài toán cực trị, tìm điều kiện tối ưu để tiến hành các quá trình hoặc lựa chọn thành phần tối ưu để tiến hành các quá trình hoặc lựa chọn thành phần tối ưu của hệ nhiều phần tử. Những bài toán này thường giải quyết ở các mức độ nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng

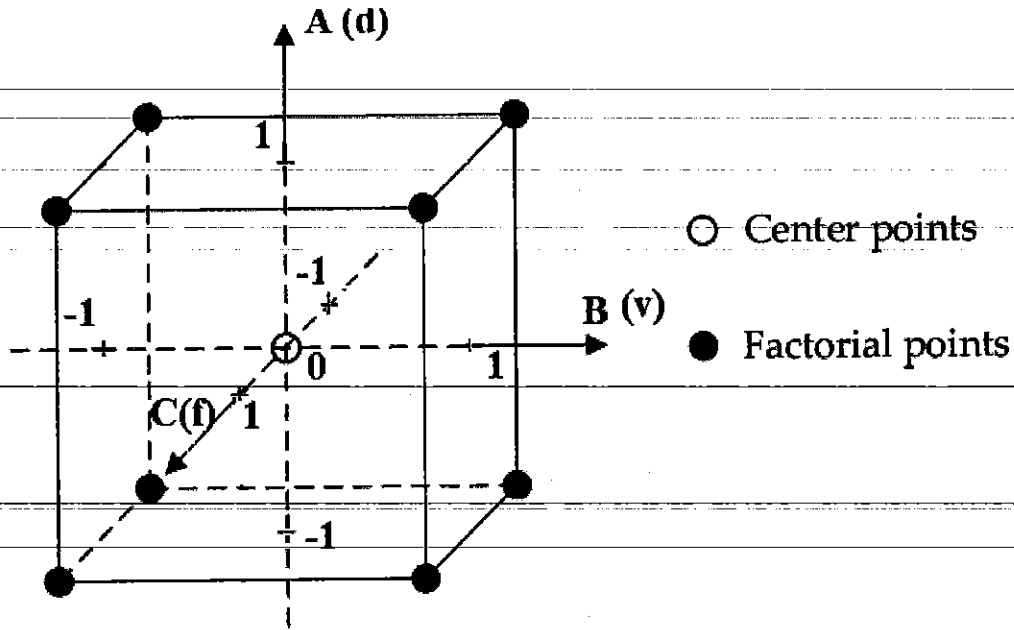
đến hệ, lập mô hình biểu diễn mối phụ thuộc giữa các yếu tố khảo sát, điều khiển các thông số công nghệ theo mục đích cho trước, hoặc đưa về trạng thái tối ưu theo những chỉ tiêu đánh giá đã chọn. Một thiết kế thực nghiệm tốt là thiết kế chỉ ra được các thông số chính ảnh hưởng đến các kết quả đầu ra với số lượng các thí nghiệm hợp lý, các mức của mỗi thông số được thiết lập cụ thể. Trong khi các thí nghiệm truyền thống thường yêu cầu các mức của một thông số có số bước giống nhau để dễ dàng trong việc lựa chọn bảng quy hoạch thực nghiệm. Do đó, việc đánh giá khả năng cắt của mảnh CBN khi tiện cứng bề mặt gián đoạn nếu thực nghiệm theo phương pháp truyền thống thì cần một số lượng thí nghiệm rất lớn.

Các thí nghiệm hai mức là các thí nghiệm trong đó mỗi biến thí nghiệm chỉ được khảo sát ở hai mức giá trị. Tổ hợp giá trị của các biến phản ánh xác lập đầu vào đã gây nên giá trị ứng xử tương ứng của hệ thống. Mỗi cách xác lập này tương ứng với một lần tiến hành thí nghiệm. Thí nghiệm hai mức được chia thành hai nhóm chính: + Thí nghiệm hai mức đầy đủ, + Thí nghiệm hai mức riêng phần.

Trong phạm vi của nghiên cứu, thí nghiệm hai mức đầy đủ được tiến hành để khảo sát ảnh hưởng ban đầu của thông số đầu vào của quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn đến hai thông số đặc trưng là nhám bề mặt và mòn dụng cụ. Nghiên cứu đã lựa chọn 3 thông số đầu vào là vận tốc cắt, lượng chạy dao và chiều sâu cắt như sơ đồ hình 2.7, với 8 thí nghiệm ở góc và 1 thí nghiệm ở tâm. Sau khi sử dụng phần mềm Minitab, thu được ma trận thí nghiệm như bảng 2.2. Với thứ tự thí nghiệm đã được sắp xếp ngẫu nhiên.

*Bảng 2. 2 Ma trận thí nghiệm 2 mức với ba thông số khảo sát*

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A - d (mm)	B - V (m/min)	C - f (mm/rev)
9	1	0	1	0	0	0
4	2	1	1	1	1	-1
5	3	1	1	-1	-1	1
2	4	1	1	1	-1	-1
7	5	1	1	-1	1	1
6	6	1	1	1	-1	1
1	7	1	1	-1	-1	-1
3	8	1	1	-1	1	-1
10	9	0	1	0	140	0



Hình 2. 7 Sơ đồ thí nghiệm 2 mức với 3 thông số khảo sát

### 2.2.2. Lựa chọn bộ thông số khảo sát và kết quả thí nghiệm

Căn cứ đề xuất của nhà cung cấp dụng cụ cắt và kết quả của các công bố trước, nghiên cứu đã lựa chọn bộ thông số khảo sát ban đầu như bảng 2.3.

Bảng 2. 3 Thông số đầu vào các mức giá trị

Thông số	Đơn vị	Mức giá trị		
		-1	0	1
Chiều sâu cắt (d)	mm	0.1	0.15	0.2
Vận tốc cắt (V)	m/min	120	140	160
Lượng chạy dao (f)	mm/rev	0.08	0.12	0.16

### 2.2.3. Kết quả và thảo luận

#### a, Kết quả thí nghiệm

Quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn bằng mảnh CBN được thực hiện trên đoạn trụ xẻ rãnh có đường kính 60mm và dài 100 mm. Nhám bề mặt được đo bằng máy đo SJ210 sau mỗi lát cắt và lượng mòn mặt sau được đo trên kính hiển vi điện tử WHX7500 của Keyence sau khi cắt được chiều dài cắt 200m. Kết quả đo nhám và mòn mặt sau được thể hiện ở bảng 2.4.

*Bảng 2. 4 Kết quả thí nghiệm trong mô hình thí nghiệm hai mức*

Std	Run	d (mm)	V (m/min)	f (mm /rev)	Ra ( $\mu\text{m}$ )	VB ( $\mu\text{m}$ )
9	1	0.15	140	0.12	0.623	172
4	2	0.2	160	0.08	0.643	340
5	3	0.1	120	0.16	0.807	225.3
2	4	0.2	120	0.08	0.502	212.1
7	5	0.1	160	0.16	1.543	251.2
6	6	0.2	120	0.16	1.758	279.1
1	7	0.1	120	0.08	0.405	292.2
3	8	0.1	160	0.08	0.613	323.5
10	9	0.15	140	0.12	0.617	167
8	10	0.2	160	0.16	1.758	279.1

***b, Ảnh hưởng của các thông số công nghệ tới nhám bề mặt***

Phân tích phương sai (ANOVA) cho nhám bề mặt được xác định bằng phần mềm minitab với mức ý nghĩa 0.05. Kết quả phân tích ANOVA được thể hiện trong bảng 2.5. Kết quả phân tích cho thấy tất cả các thông số và tương tác giữa chúng đều ảnh hưởng đáng kể tới nhám bề mặt khi tiện cứng các bề mặt gián đoạn. Trong đó, lượng chạy dao là thông số ảnh hưởng mạnh nhất (đóng góp 72,6%), chiều sâu cắt và vận tốc cắt cũng ảnh hưởng khá lớn tới nhám bề mặt nhưng chỉ đóng góp dưới 10%. Tương tác giữa lượng chạy dao và chiều sâu cắt ảnh hưởng lớn nhất tới nhám bề mặt. Ngoài ra, kết quả phân tích cũng cho thấy mô hình đường cong nên được xem xét để xét ảnh hưởng của các thông số công nghệ tới nhám bề mặt.

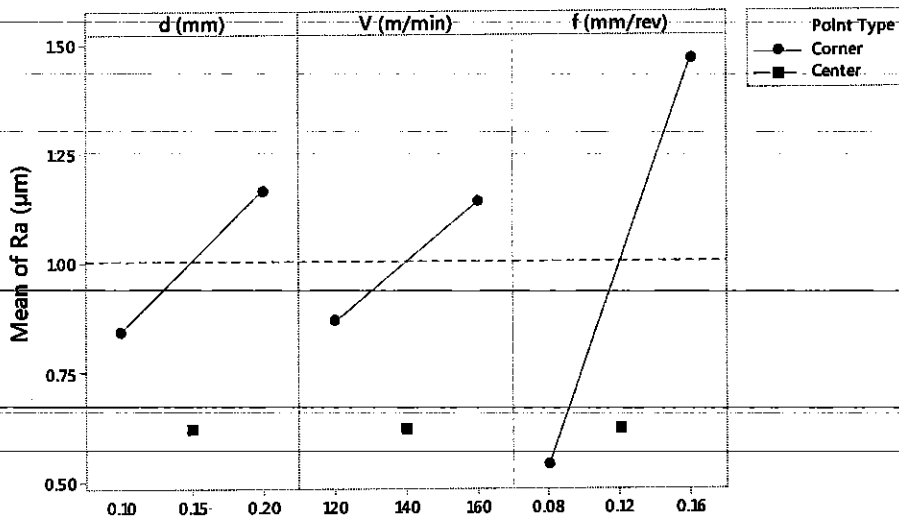
Ảnh hưởng chính của các thông số công nghệ trong quá trình tiện cứng các bề mặt gián đoạn được thể hiện trong hình 2.8. Kết quả cho thấy nhám bề mặt tăng nhanh khi lượng chạy dao tăng từ 0.08 mm/vòng đến 0.16 mm/vòng. Nhưng khi tăng vận tốc cắt và chiều sâu cắt thì nhám bề mặt giảm. Ngoài ra, nhám bề mặt tại các điểm thí nghiệm ở trung tâm không nằm trên đường thẳng nên có thể thấy mô hình đường cong cần được xem xét khi nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ tới nhám bề mặt trong quá trình tiện cứng các bề mặt gián đoạn.



Bảng 2. 5 Phân tích phương sai cho nhóm bề mặt với mô hình thí nghiệm hai mức

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	C%
Model	8	2.59584	0.32448	18026.65	0.006	
Linear	3	2.07016	0.69005	38336.3	0.004	
d	1	0.20898	0.20898	11610.06	0.006	8.9
V	1	0.14715	0.14715	8175.17	0.007	6.2
f	1	1.71403	1.71403	95223.67	0.002	72.6
2-Way Int.	3	0.23426	0.07809	4338.19	0.011	
d*V	1	0.0806	0.0806	4477.84	0.01	3.4
d*f	1	0.13494	0.13494	7496.67	0.007	5.7
V*f	1	0.01872	0.01872	1040.06	0.02	0.8
3-Way Int.	1	0.05595	0.05595	3108.06	0.011	
d*V*f	1	0.05595	0.05595	3108.06	0.011	2.4
Curvature	1	0.23547	0.23547	13081.61	0.006	
Error	1	0.00002	0.00002			
Total	9	2.59585				

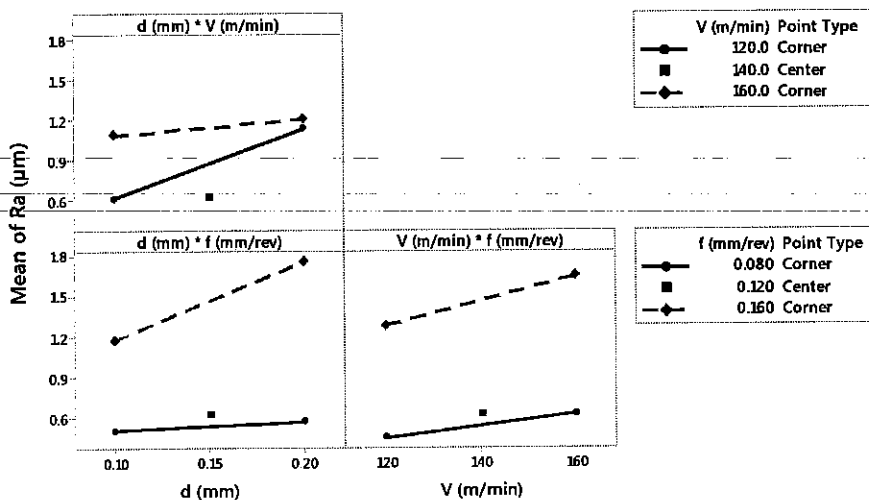
**Main Effects Plot for Ra ( $\mu\text{m}$ )**  
Fitted Means



*Hình 2. 8 Ảnh hưởng chính của các thông số tới nhám bề mặt*

Ảnh hưởng tương tác giữa các thông số khảo sát trong quá trình gia công đến độ nhám bề mặt trong quá trình tiện cứng các bề mặt gián đoạn được mô tả trong hình 2.9. Tương tác  $d \cdot f$  ảnh hưởng mạnh đến độ nhám bề mặt. Với tốc độ tiến dao lớn (0,16 mm / vòng), độ nhám bề mặt gần như tăng nhanh với chiều sâu cắt từ 0,1 mm đến 0,2 mm. Tương tự, chiều sâu cắt ảnh hưởng mạnh đến độ nhám bề mặt khi gia công ở vận tốc cắt thấp hơn 120 m/phút, nhưng chiều sâu cắt lại ảnh hưởng yếu đến độ nhám bề mặt khi tiện ở tốc độ cắt cao khoảng 160 m/phút.

**Interaction Plot for Ra ( $\mu\text{m}$ )**  
Fitted Means



*Hình 2. 9 Ảnh hưởng tương tác của các thông số khảo sát tới nhám bề mặt*

**c, Ảnh hưởng của các thông số công nghệ tới lượng mòn mặt sau**

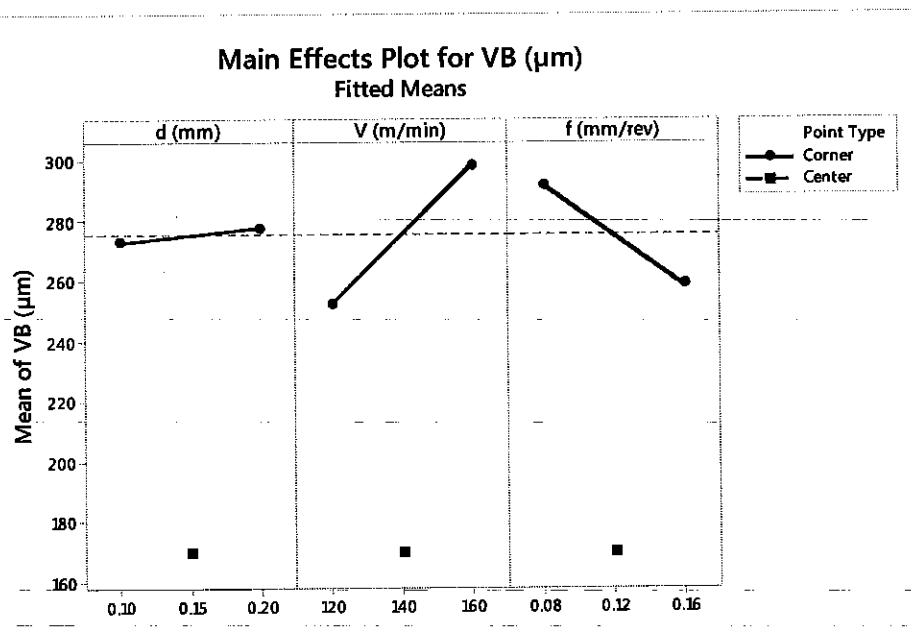
Lượng mòn mặt sau của dao là một tiêu chí quan trọng để đánh giá hiệu quả của quá trình gia công. Trong nghiên cứu này, Lượng mòn mặt sau của dao trong các thí nghiệm được đo sau khi cắt chiều dài cắt 500m trên kính hiển vi điện tử. Phân tích phương sai (ANOVA) cho lượng mòn mặt sau của dụng cụ cắt trong quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn được thực hiện trên phần mềm minitab với mức ý nghĩa 0.05. Kết quả phân tích ANOVA được thể hiện trong bảng 2.6.

*Bảng 2. 6 Phân tích phương sai cho giá trị mòn mặt sau trong thí nghiệm 2k*

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	8	31812.9	3976.6	318.13	0.043
Linear	3	6538.2	2179.4	174.35	0.056
d (mm)	1	41.0	41.0	3.28	0.321
V (m/min)	1	4282.8	4282.8	342.62	0.034
f (mm/rev)	1	2214.5	2214.5	177.16	0.048
2-Way Interactions	3	5484.9	1828.3	146.26	0.061
d (mm)*V (m/min)	1	624.8	624.8	49.98	0.089
d (mm)*f (mm/rev)	1	2639.0	2639.0	211.12	0.044
V (m/min)*f (mm/rev)	1	2221.1	2221.1	177.69	0.048
3-Way Interactions	1	1875.8	1875.8	150.06	0.052
d (mm)*V (m/min)*f (mm/rev)	1	1875.8	1875.8	150.06	0.052
Curvature	1	17914.1	17914.1	1433.12	0.017
Error	1	12.5	12.5		
Total	9	31825.4			

Kết quả phân tích phương sai cho lượng mòn mặt sau cho thấy vận tốc cắt và lượng chạy dao là những thông số ảnh hưởng lớn tới giá trị mòn mặt sau của dao do có giá trị P nhỏ hơn 0.05. Kết quả phân tích cũng cho thấy trong vùng khảo sát mô hình đường cong cũng nên được xem xét để mô tả ảnh hưởng của các thông số khảo sát tới mòn mặt sau do có  $P=0.017$ .

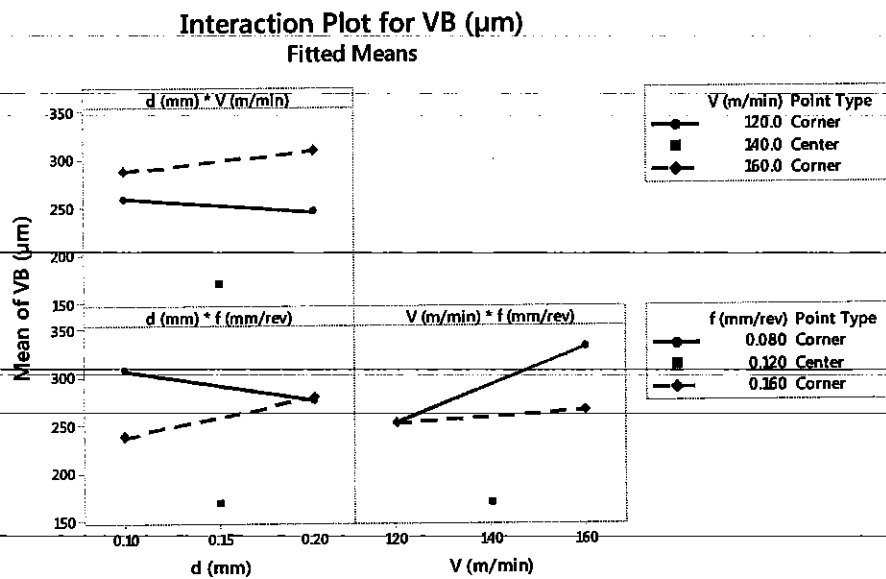
Ảnh hưởng của các thông số công nghệ (vận tốc cắt, chiều sâu cắt và lượng chạy dao) tới lượng mòn mặt sau của mảnh CBN khi tiện bề mặt gián đoạn thép SKD11 (60HRC) được thể hiện trong hình 2.10. Kết quả cũng cho thấy vận tốc cắt ảnh hưởng lớn nhất tới mòn mặt sau, lượng mòn mặt sau tăng nhanh khi vận tốc cắt tăng. Lượng mòn mặt sau tăng chậm hơn khi tăng chiều sâu cắt. Trong khi lượng mòn mặt sau lại giảm khi tăng lượng chạy dao. Ngoài ra, trong nghiên cứu có bổ sung các điểm thí nghiệm ở tâm, kết quả đo mòn mặt sau cho thấy điểm thí nghiệm ở tâm không nằm trên đường thẳng. Điều đó có nghĩa là nên xem xét khả năng sử dụng mô hình bậc cao hơn để khảo sát ảnh hưởng của các thông số công nghệ tới lượng mòn mặt sau của dao trong quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn thép SKD11.



Hình 2. 10 Ảnh hưởng của các thông số khảo sát tới lượng mòn mặt sau

Ảnh hưởng tương tác giữa các thông số khảo sát tới lượng mòn mặt sau được thể hiện trong hình 2.11. Kết quả cho thấy tương tác V&F và D&F ảnh hưởng mạnh tới lượng mòn mặt sau trong quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn. Với vận tốc 120 m/ph, lượng mòn mặt sau gần như không thay đổi khi tăng lượng chạy dao và chiều sâu cắt. Tuy nhiên, với vận tốc cắt 160 m/ph thì lượng mòn mặt sau tăng khi giảm

lượng chạy dao và giảm khi giảm chiều sâu cắt. Với chiều sâu cắt nhỏ, lượng mòn mặt sau tăng nhanh khi giảm lượng chạy dao.



Hình 2. 11 Ảnh hưởng tương tác của các thông số khảo sát tới lượng mòn mặt sau

### 2.3 Kết luận chương 2

Nghiên cứu đã sử dụng mô hình thí nghiệm 2k với 2 điểm thí nghiệm ở tâm để phân tích ảnh hưởng của thông số công nghệ tới nhám bề mặt và lượng mòn mặt sau trong quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn thép SKD11 sử dụng mảnh CBN. Bước đầu đạt được một số kết quả như sau:

- Lượng mòn mặt sau là thông số ảnh hưởng mạnh nhất tới nhám bề mặt, nhám bề mặt tăng khi lượng chạy dao tăng.
- Vận tốc cắt ảnh hưởng mạnh tới lượng mòn mặt sau, lượng mòn mặt sau tăng nhanh khi tăng vận tốc cắt.
- Mô hình bậc nhất chưa thực sự phù hợp để khảo sát ảnh hưởng của các thông số công nghệ tới nhám bề mặt và lượng mòn mặt sau. Nên xem xét sử dụng phương pháp bề mặt chỉ tiêu để phân tích ảnh hưởng của các thông số công nghệ tới nhám bề mặt và lượng mòn mặt sau.

## CHƯƠNG 3. TỐI ƯU HÓA CHẾ ĐỘ CÔNG NGHỆ KHI TIỆN CỨNG BỀ MẶT GIÁN ĐOẠN BẰNG PHƯƠNG PHÁP BỀ MẶT CHỈ TIÊU

### 3.1 Phương pháp nghiên cứu

Mục tiêu chính của các nghiên cứu thực nghiệm là tìm giá trị cực trị hoặc vùng tối ưu cho một quá trình hay các điều kiện tối ưu để vận hành một hệ thống. Có nhiều phương pháp được sử dụng trong các bài toán tối ưu hóa, trong đó tối ưu hóa sử dụng phương pháp bề mặt chỉ tiêu được sử dụng phổ biến.

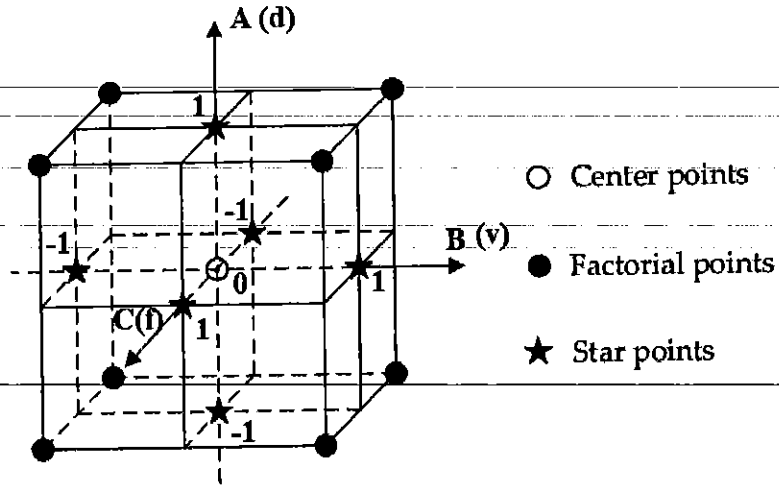
Khi mô hình thí nghiệm 2 mức không đáp ứng được, thì mô hình thí nghiệm bề mặt chỉ tiêu được sử dụng để mô tả chính xác quan hệ giữa hàm mục tiêu và các thông số thí nghiệm. Mô hình thí nghiệm này được phát triển từ mô hình thí nghiệm 2 mức bằng cách bổ sung vào các thí nghiệm nhằm xây dựng mô hình bậc 2 mô tả hàm mục tiêu.

Phương pháp bề mặt chỉ tiêu rất hiệu quả trong việc phát triển và nâng cao hiệu quả của các quá trình gia công. Nội dung chính của phương pháp bề mặt chỉ tiêu là sử dụng một chuỗi các thí nghiệm với các mục đích sau:

- Chỉ ra một tập hợp các biến đầu vào sao cho tạo ra ứng xử của đối tượng nghiên cứu là tốt nhất.
- Xác định các biến đầu vào nhằm đạt được các yêu cầu cụ thể về ứng xử của đối tượng nghiên cứu.
- Xác định các điều kiện vận hành mới đảm bảo cải thiện chất lượng hoạt động của đối tượng so với tình trạng hiện tại.
- Mô hình hóa quan hệ giữa biến đầu vào với ứng xử của đối tượng nghiên cứu làm cơ sở để dự đoán hay điều khiển quá trình hay hệ thống.

Để đạt được mục đích trên phương pháp bề mặt chỉ tiêu thực hiện việc xây dựng hàm mô tả bề mặt chỉ tiêu phụ thuộc vào các thông số đầu vào.

Trong nghiên cứu sử dụng phương pháp thiết kế thí nghiệm hỗn hợp tâm mặt (FCCD) với 3 thông số khảo sát (vận tốc cắt, lượng chạy dao và chiều sâu cắt), được phát triển từ mô hình thí nghiệm 2 mức bằng cách bổ sung 6 thí nghiệm ở tâm các mặt và 5 thí nghiệm ở tâm, như sơ đồ hình 3.1. Các mức giá trị của các thông số khảo sát được lấy giống thí nghiệm của chương 2.



Hình 3. 1 Sơ đồ thí nghiệm FCCD với 3 thông số khảo sát

Sử dụng modul thiết kế bề mặt chỉ tiêu trong phần mềm Minitab, xây dựng được ma trận thí nghiệm như bảng 3.1.

Bảng 3. 1 Ma trận thí nghiệm FCCD với ba thông số khảo sát

Thứ tự tiêu chuẩn	Thứ tự thí nghiệm	A (chiều sâu cắt)	B (Vận tốc cắt)	C (lượng chạy dao)
19	1	0	0	0
17	2	0	0	0
7	3	-1	1	1
2	4	1	0	-1
18	5	0	0	0
8	6	1	1	1
6	7	1	-1	1
12	8	0	1	0
13	9	0	0	-1
4	10	1	1	-1
15	11	0	0	0
16	12	0	0	0
10	13	-1	0	0
11	14	0	-1	0
9	15	-1	0	0
1	16	-1	-1	-1
5	17	-1	-1	1
20	18	0	0	0
3	19	-1	1	-1
14	20	0	0	1

### 3.2. Tối ưu hóa đơn mục tiêu

#### 3.2.1. Tối ưu hóa sử dụng phương pháp bề mặt chỉ tiêu

Bài toán tối ưu hóa một chỉ tiêu nào đó của đối tượng nghiên cứu được gọi là bài toán đơn mục tiêu. Trong trường hợp này, tiến hành xây dựng một mô hình hồi quy cho hàm mục tiêu. Hai chỉ tiêu giá trị nhám bề mặt và lượng mòn mặt sau được lựa chọn để đánh giá hiệu quả của quá trình tiện cứng có bề mặt gián đoạn với mảnh CBN.

Tiến hành 10 thí nghiệm bổ sung, đo nhám bề mặt và lượng mòn mặt sau của mảnh dao và thu được kết quả thể hiện trong bảng 3.2.

Bảng 3. 2 Kết quả thí nghiệm trong mô hình thí nghiệm FCCD

Std Order	Run Order	d (mm)	V (m/min)	f (mm/rev)	Ra ( $\mu\text{m}$ )	VB ( $\mu\text{m}$ )
19	1	0,15	140	0,12	0,617	167
17	2	0,15	140	0,12	0,623	172
7	3	0,1	160	0,16	1,543	251,2
2	4	0,2	120	0,08	0,502	212,1
18	5	0,15	140	0,12	0,651	159
8	6	0,2	160	0,16	1,758	279,1
6	7	0,2	120	0,16	0,859	137,1
12	8	0,15	160	0,12	0,432	172,7
13	9	0,15	140	0,08	0,231	210
4	10	0,2	160	0,08	0,643	340
15	11	0,15	140	0,12	0,625	162,3
16	12	0,15	140	0,12	0,627	160,8
10	13	0,2	140	0,12	0,687	225,7
11	14	0,15	120	0,12	0,645	153,7
9	15	0,1	140	0,12	0,751	192
1	16	0,1	120	0,08	0,405	292,2

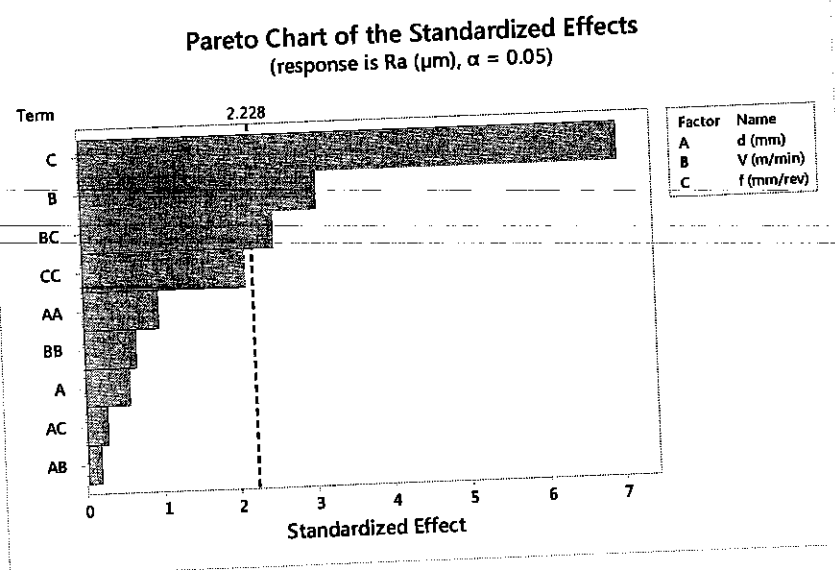


5	17	0,1	120	0,16	0,807	225,3
20	18	0,15	140	0,12	0,622	168,1
3	19	0,1	160	0,08	0,613	323,5
14	20	0,15	140	0,16	1,46	170,3

### 3.2.2 Tối ưu hóa nhám bề mặt

#### a, Phân tích ảnh hưởng của thông số công nghệ tới nhám bề mặt

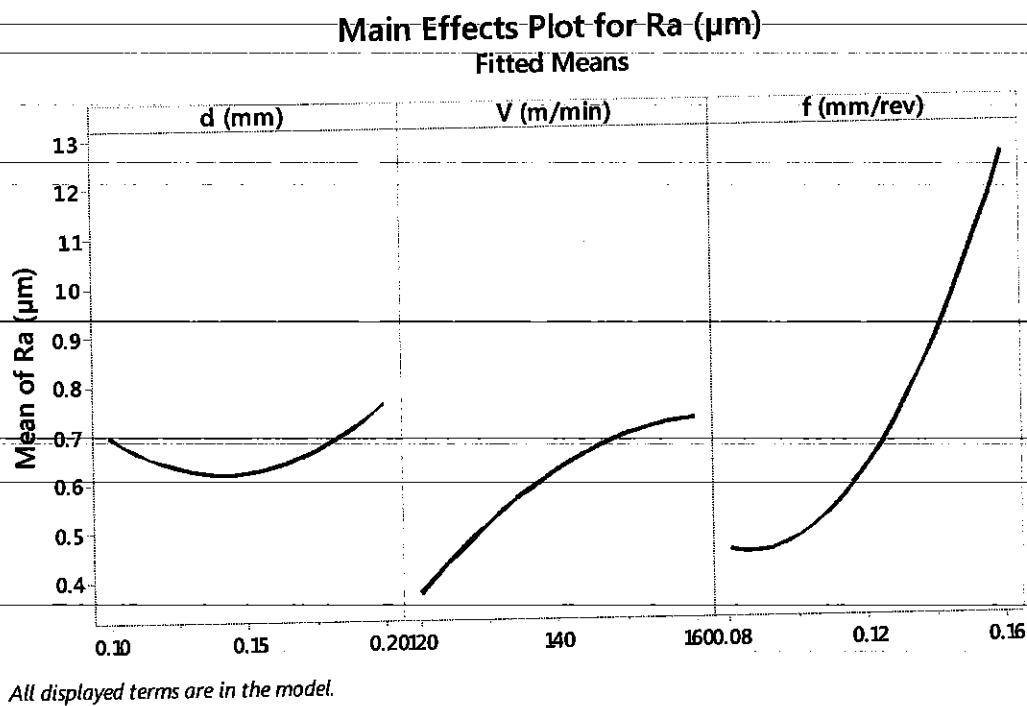
Phân tích phương sai ANOVA cho nhám bề mặt với mô hình thí nghiệm bề mặt chỉ tiêu được thực hiện trên phần mềm Minitab 18 với mức ý nghĩa 0.05. Kết quả phân tích ANOVA được thể hiện trong bảng 3.3. Giá trị hệ số F lớn hơn cho thấy các thông số đầu vào hoặc mô hình đề xuất bị ảnh hưởng đáng kể các thông số đầu ra. Đồng thời các yếu tố đầu cũng có ảnh hưởng đáng kể tới các yếu tố đầu ra khi giá trị P nhỏ hơn mức ý nghĩa  $\alpha=0.05$ . Do đó, trong phạm vi khảo sát, lượng tiến dao, tốc độ cắt và tương tác giữa chúng ảnh hưởng mạnh tới nhám bề mặt. Trong đó lượng chạy dao ảnh hưởng mạnh nhất tới nhám bề mặt do có giá trị P rất nhỏ, đóng góp 62.54%. Vận tốc cắt là thông số ảnh hưởng mạnh tiếp theo đến nhám bề mặt với  $P=0.012$  và đóng góp 12.06%. Tương tác giữa vận tốc cắt và lượng chạy dao cũng ảnh hưởng đáng kể tới nhám bề mặt với mức đóng góp 7,95% ( $P=0.032$ ). Trong khi chiều sâu cắt và các tương tác giữa các yếu tố khác ảnh hưởng yếu tới nhám bề mặt. Kết quả này cũng thể hiện rõ trong biểu đồ Pareto hình 3.2. Biểu đồ cho thấy hệ số ảnh hưởng của lượng chạy dao, vận tốc cắt và tương tác giữa chúng đều lớn hơn hệ số ảnh hưởng trung bình (2.228).



Hình 3. 2 Biểu đồ Pareto cho nhám bề mặt

Bảng 3. 3 Kết quả phân tích phương sai cho nhám bề mặt sử dụng mô hình thí nghiệm RSM-FCCD

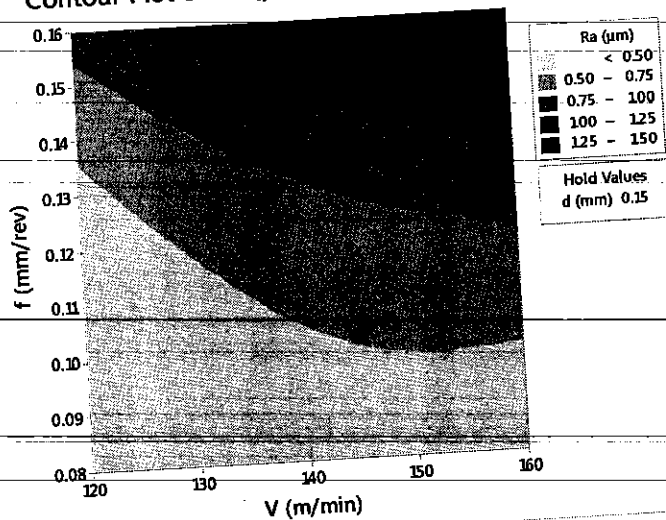
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	C%
Model	9	2.51932	0.27992	8.45	0.001	
Linear	3	1.95104	0.65035	19.63	0.000	
d (mm)	1	0.01089	0.01089	0.33	0.579	0.42
V (m/min)	1	0.31364	0.31364	9.47	0.012	12.06
f (mm/rev)	1	1.62651	1.62651	49.10	0.000	62.54
Square	3	0.35795	0.11932	3.60	0.054	
d (mm)*d (mm)	1	0.03162	0.03162	0.95	0.352	1.22
V (m/min)*V (m/min)	1	0.01476	0.01476	0.45	0.520	0.57
f (mm/rev)*f (mm/rev)	1	0.15023	0.15023	4.53	0.059	5.78
2-Way Interaction	3	0.21033	0.07011	2.12	0.162	
d (mm)*V (m/min)	1	0.00115	0.00115	0.03	0.856	0.04
d (mm)*f (mm/rev)	1	0.00245	0.00245	0.07	0.791	0.09
V (m/min)*f (mm/rev)	1	0.20672	0.20672	6.24	0.032	7.95
Error	10	0.08130	0.08130			3.13
Pure Error	5	0.00072	0.00014			
Total	19	2.60062				



Hình 3. 3 Ảnh hưởng chính của các yếu tố khảo sát tới nhám bề mặt

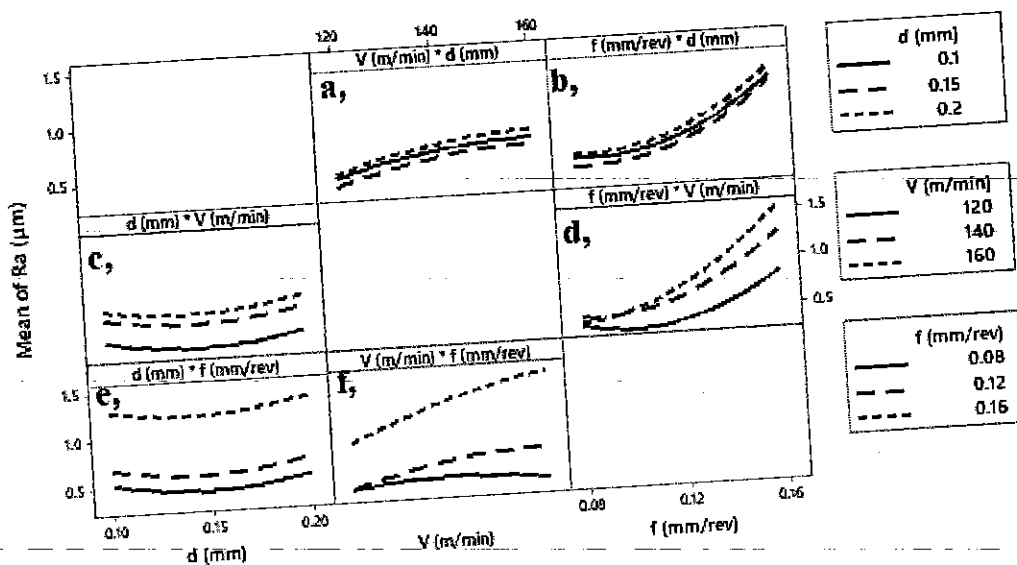
Hình 3.3 miêu tả ảnh hưởng của thông số công nghệ đến độ nhám bề mặt với mô hình thí nghiệm RSM-FCCD. Kết quả cho thấy trong vùng khảo sát độ nhám bề mặt chịu ảnh hưởng nhiều nhất bởi lượng chạy dao. Trong đó, nhám bề mặt tăng chậm khi lượng chạy dao tăng từ 0.08 mm/ vòng đến 0.12 mm/vòng (nhám bề mặt đạt khoảng 0.6-0.7  $\mu\text{m}$ ), và nhám bề mặt tăng nhanh khi lượng chạy dao tăng từ 0.12 đến 0.16 mm/vòng. Ngoài ra, trong vùng khảo sát vận tốc cắt cũng ảnh hưởng mạnh tới nhám bề mặt. Khi tiện cứng bề mặt gián đoạn, nhám bề mặt tăng khi tăng vận tốc cắt từ 120 m/ph đến 160 m/ph. Trong khi, chiều sâu cắt ảnh hưởng nhỏ tới nhám bề mặt. Do đó chiều sâu cắt được cố định  $d=0.15$  mm để phân tích kỹ hơn ảnh hưởng của vận tốc cắt và lượng chạy dao như biểu đồ đồng mức hình 3.4. Vùng màu nhạt hơn cho thấy độ nhám bề mặt nhỏ hơn. Kết quả cho thấy với vận tốc cắt nhỏ hơn 130 m/ph thì độ nhám bề mặt nhỏ hơn 0.5  $\mu\text{m}$  khi lượng chạy dao nhỏ hơn 0.12 mm/vòng. Trong trường hợp vận tốc cắt lớn hơn 130 m/ph, để đạt nhám bề mặt nhỏ hơn 0.5  $\mu\text{m}$  thì lượng chạy dao phải chọn nhỏ hơn 0.1 mm/vòng.

Contour Plot of Ra ( $\mu\text{m}$ ) vs f (mm/rev), V (m/min)



Hình 3. 4 Biểu đồ đồng mức của nhám bề mặt khi cố định chiều sâu cắt 0.15 mm.

Interaction Plot for Ra ( $\mu\text{m}$ )  
Fitted Means



All displayed terms are in the model.

Hình 3. 5 Ảnh hưởng tương tác giữa các thông số tới nhám bề mặt khi tiện cứng bề mặt gián đoạn sử dụng mảnh CBN

Hình 3.5 miêu tả ảnh hưởng tương tác giữa các thông số công nghệ tới nhám bề mặt khi tiện cứng thép SKD11 sử dụng mảnh CBN. Kết quả cho thấy tương tác giữa vận tốc cắt và lượng chạy dao ảnh hưởng mạnh tới nhám bề mặt (như hình 3.5d-f). Khi lượng chạy dao nhỏ, giá trị trung bình của nhám bề mặt thay đổi ít khi tăng vận tốc cắt từ 120 m/ph tới 160 m/ph. Với lượng chạy dao lớn hơn, sự biến động vận tốc cắt lớn

ảnh hưởng mạnh tới lực cắt, là nguyên nhân gây ra rung động, từ đó làm cho nhám bề mặt tăng nhanh khi tăng vận tốc cắt.

**b, Tối ưu hóa nhám bề mặt**

Một mô hình bậc hai được xem xét để dự đoán độ nhám bề mặt cho quá trình tiện cứng gián đoạn thép SKD11 bằng mảnh CBN đã được xây dựng thông qua hồi quy bằng cách sử dụng mô hình thí nghiệm RSM-FCCD với độ tin cậy 95%. Kết quả thử nghiệm cho thấy một mô hình thống kê đáng tin cậy và hữu ích dựa trên phân tích ANOVA đã được thiết lập. Phương trình bậc hai của độ nhám bề mặt liên quan đến các thông số của quá trình cắt được mô tả trong phương trình sau:

$$Ra = 1.34 - 14.9*d + 0.0342*V - 54.4*f + 42.9*d^2 - 0.000183*V^2 + 146.1*f^2 + 0.0120*d*V + 8.7*d*f + 0.2009*V*f$$

Trong đó: Ra (µm) là độ nhám bề mặt;

V (m / phút) là vận tốc cắt;

f (mm / vòng) là lượng chạy dao;

d (mm) là chiều sâu cắt.

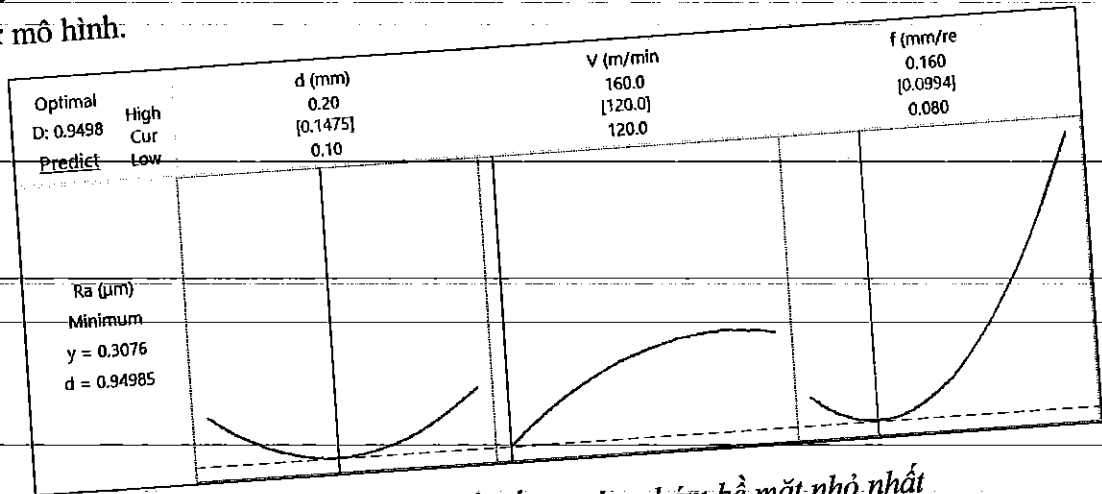
Các kết quả để phân tích sự phù hợp của mô hình được trình bày trong bảng 3.4. Giá trị của bình phương R (R-sq) cho thấy 88.38% sự khác biệt trong các tham số được khảo sát đã được trình bày trong mô hình toán học. Giá trị Rsquare được điều chỉnh được xác định là 77.92%, đây là giá trị điều chỉnh của bình phương R đã được điều chỉnh cho số lượng dự đoán trong mô hình. Do đó, mô hình toán học này phù hợp để dự đoán độ nhám bề mặt trong quá trình tiện cứng gián đoạn thép SKD11 sử dụng mảnh CBN.

*Bảng 3. 4 Phân tích mô hình dự đoán nhám bề mặt*

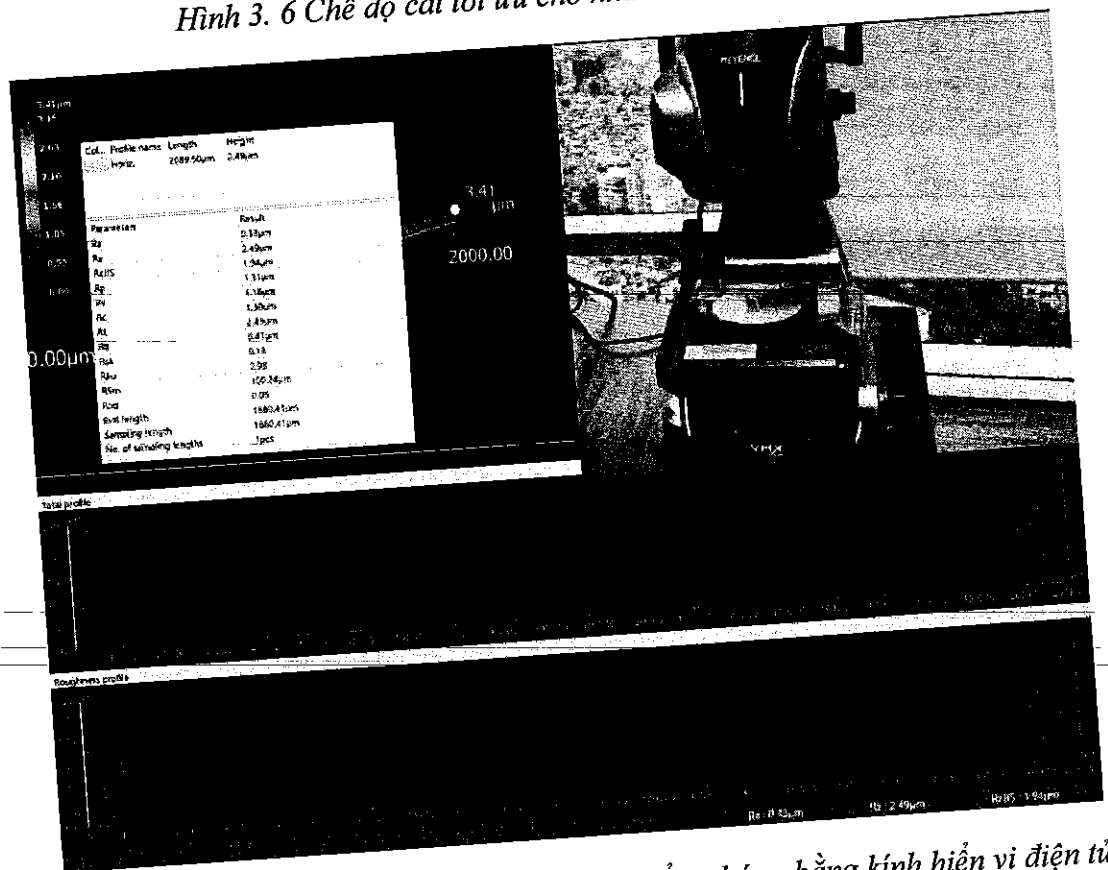
S	R-sq	R-sq(adj)
0.182016	88.38%	77.92%

Tối ưu hóa các tham số chế độ cắt để đạt độ nhám bề mặt nhỏ nhất có thể được xác định bằng mô hình tối ưu hóa sử dụng thiết kế thí nghiệm hỗn hợp tâm mặt RSM-FCCD. Các điều kiện cắt tối ưu đảm bảo nhám bề mặt là nhỏ nhất khi tiện cứng bề mặt gián đoạn thép SKD11 sử dụng mảnh CBN được trình bày trong hình 3.6. Biểu đồ tối ưu hóa cũng cho thấy ảnh hưởng của các thông số cắt khác nhau đến độ nhám bề mặt. Điều kiện cắt tối ưu cho độ nhám bề mặt tối thiểu là vận tốc cắt 120 m/ phút, lượng chạy dao 0,1 mm / phút và chiều sâu cắt 0,15 mm. Độ nhám bề mặt tối thiểu được ước

tính là  $0,3076 \mu\text{m}$  tại điều kiện gia công tối ưu này. Thí nghiệm kiểm chứng được thực hiện với các thông số cắt tối ưu để kiểm tra mức độ phù hợp của kết quả. Độ nhám bề mặt được đo chính xác sau khi gia công bằng kính hiển vi kỹ thuật số VHX-7000 của Kyence với độ nhám bề mặt  $0,33 \mu\text{m}$  (Hình 3.7), sai lệch 7,28% so với giá trị thu được từ mô hình.



Hình 3. 6 Chế độ cắt tối ưu cho nhám bề mặt nhỏ nhất



Hình 3. 7 Đo nhám bề mặt trong thí nghiệm kiểm chứng bằng kính hiển vi điện tử VHX-7000 tại công ty Keyence

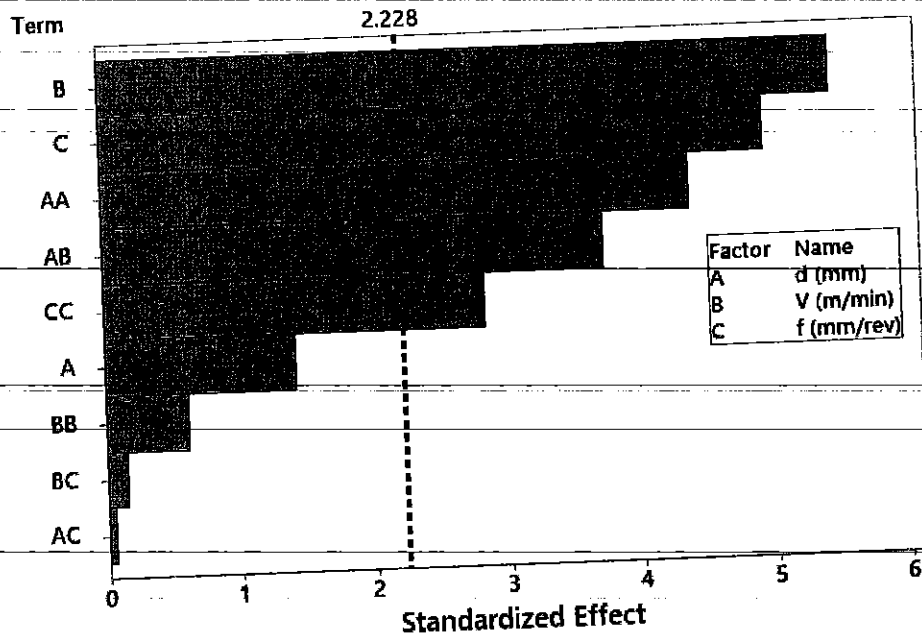
### 3.2.3 Tối ưu hóa mòn mặt sau

Mòn mặt sau của dao được đo bằng kính hiển vi điện tử, sau chiều dài cắt 200m, kết quả hiển thị trên bảng 3.2. Kết quả phân tích ANOVA cho lượng mòn mặt sau khi tiện cứng bề mặt gián đoạn bằng mô hình thí nghiệm bề mặt chỉ tiêu RSM - FCCD được hiển thị trong bảng 3.5. Kết quả chỉ ra rằng vận tốc cắt là yếu tố quan trọng nhất ảnh hưởng đến mòn dụng cụ, tiếp theo là lượng chạy dao và độ sâu cắt. Tương tác  $d \cdot d$ ,  $f \cdot f$  và  $d \cdot V$  ảnh hưởng mạnh tới giá trị lượng mòn của dao. Trong khi các tương tác khác giữa các yếu tố khảo sát ít ảnh hưởng đến mòn dụng cụ. Biểu đồ Pareto trong hình 3.8 cho thấy mức độ ảnh hưởng của yếu tố được khảo sát tới lượng mòn mặt sau thông qua hệ số ảnh hưởng tiêu chuẩn.

Bảng 3. 5 Phân tích phương sai cho mòn mặt sau

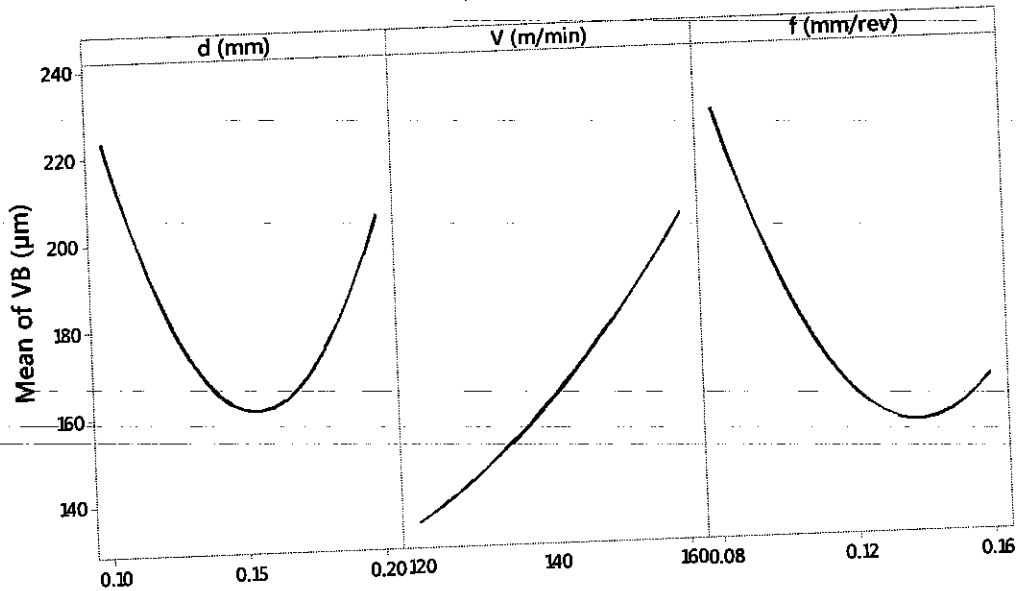
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F- Value	P- Value
Model	9	63550.5	7061.2	17.51	0.000
Linear	3	22702.0	7567.3	18.76	0.000
d (mm)	1	813.6	813.6	2.02	0.186
V (m/min)	1	11978.5	11978.5	29.70	0.000
f (mm/rev)	1	9909.9	9909.9	24.57	0.001
Square	3	35182.4	11727.5	29.08	0.000
d (mm)*d (mm)	1	7756.6	7756.6	19.23	0.001
V (m/min)*V (m/min)	1	153.0	153.0	0.38	0.552
f (mm/rev)*f (mm/rev)	1	3256.0	3256.0	8.07	0.018
2-Way Interaction	3	5666.0	1888.7	4.68	0.027
d (mm)*V (m/min)	1	5655.2	5655.2	14.02	0.004
d (mm)*f (mm/rev)	1	1.4	1.4	0.00	0.955
V (m/min)*f (mm/rev)	1	9.5	9.5	0.02	0.881
Error	10	4033.4	403.3		
Lack-of-Fit	5	3909.9	782.0	31.68	0.001
Pure Error	5	123.4	24.7		

Pareto Chart of the Standardized Effects  
(response is VB ( $\mu\text{m}$ ),  $\alpha = 0.05$ )



Hình 3. 8 Biểu đồ Pareto cho mòn mặt sau của mảnh CBN

Main Effects Plot for VB ( $\mu\text{m}$ )  
Fitted Means



All displayed terms are in the model.

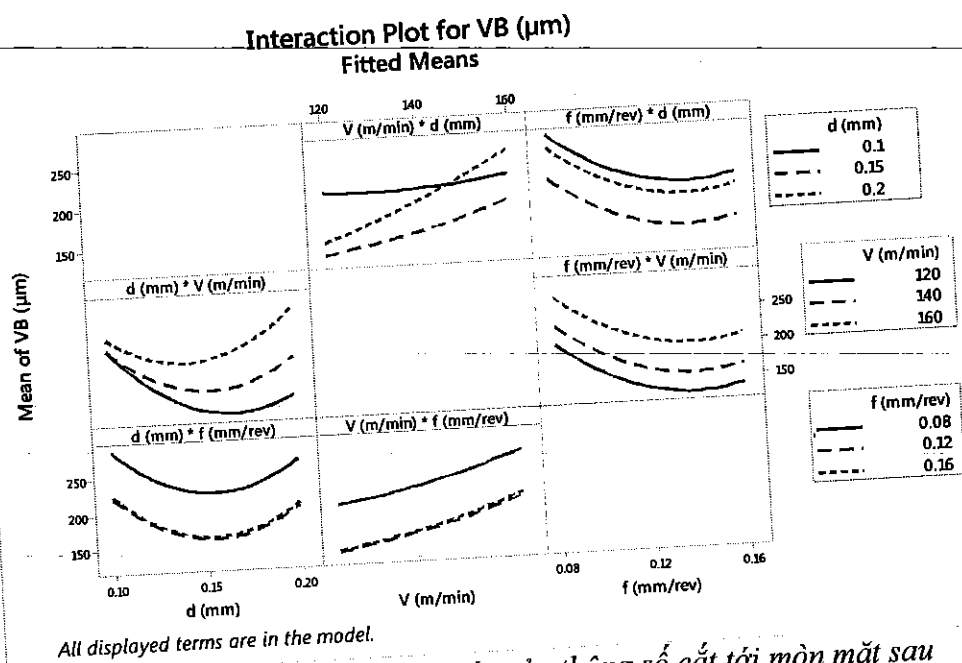
Hình 3. 9 Ảnh hưởng chính của thông số cắt tới mòn mặt sau

Hình 3.9 mô tả ảnh hưởng chính của các thông số công nghệ được khảo sát đến giá trị trung bình của lượng mòn mặt sau khi tiện cứng bề mặt gián đoạn sử dụng mảnh



CBN. Kết quả cho thấy mòn mặt sau tăng nhanh liên tục khi tăng vận tốc cắt. Trong khi lượng mòn mặt sau tăng khi giảm chiều sâu cắt từ 0,15 mm đến 0,1 mm hoặc giảm lượng chạy dao từ 0,12 mm/vòng xuống 0,08 mm/vòng. Điều này có thể giải thích là khi chiều sâu cắt nhỏ hoặc lượng chạy dao nhỏ, chiều dày phoi quá mỏng gây ra hiện tượng trượt lâm dụng cụ mòn nhanh hơn.

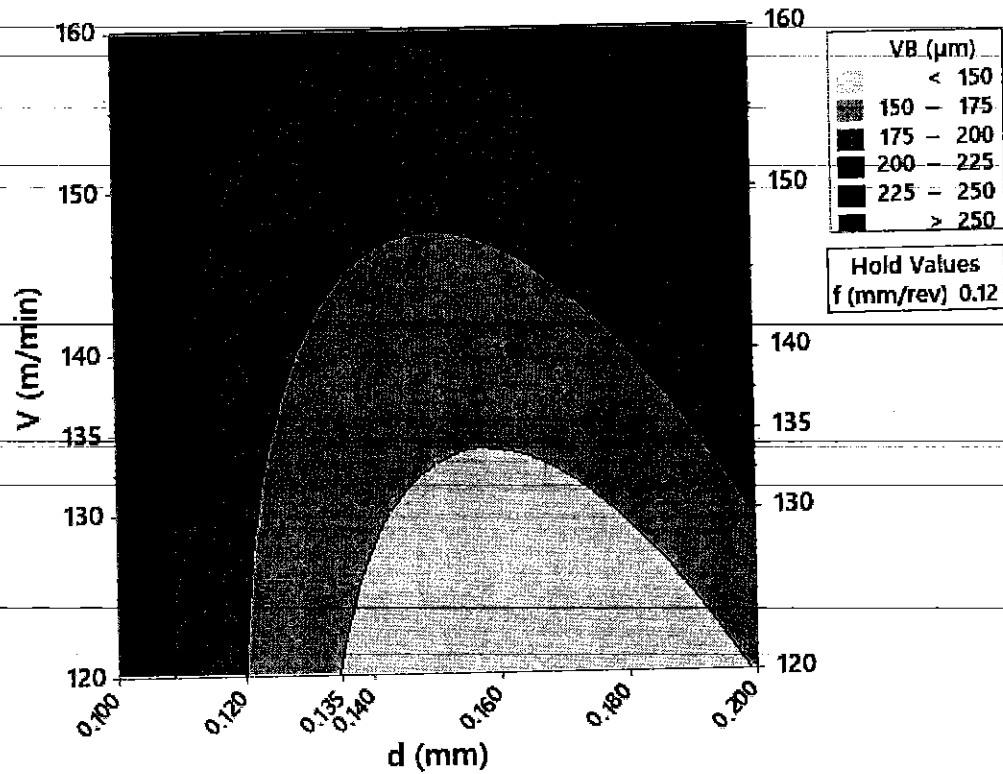
Hình 3.10 mô tả ảnh hưởng tương tác giữa các thông số khảo sát tới lượng mòn mặt sau. Kết quả cho thấy tương tác giữa vận tốc cắt và chiều sâu cắt ảnh hưởng đáng kể tới lượng mòn mặt sau trong quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn sử dụng mảnh CBN. Với chiều sâu cắt nhỏ 0,1 mm, lượng mòn mặt sau tăng chậm khi tăng vận tốc cắt từ 120 m/ph đến 160 m/ph. Trong khi với chiều sâu cắt lớn hơn, lượng mòn mặt sau tăng nhanh khi tăng vận tốc cắt từ 120 m/ph đến 160 m/ph.



Hình 3.10 Ảnh hưởng tương tác của thông số cắt tới mòn mặt sau

Hình 3.11 mô tả biểu đồ đồng mức của lượng mòn mặt sau, biểu diễn ảnh hưởng của vận tốc cắt và chiều sâu cắt với các giá trị lượng chạy dao khác nhau. Kết quả cho thấy lượng mòn mặt sau có thể nhỏ hơn 150  $\mu\text{m}$  với lượng chạy dao 0,12 mm/vòng, vận tốc cắt khoảng 120 - 135 m/ph và chiều sâu cắt từ 0,135mm - 0,2 mm. Khi tăng vận tốc cắt lên tới 160 m/ph thì lượng mòn mặt sau nhỏ nhất có thể đạt được trong khoảng 175-200  $\mu\text{m}$ , với chiều sâu cắt khoảng 0,14 mm. Như vậy với biểu đồ đồng mức, người sử dụng dễ dàng lựa chọn được bộ thông số công nghệ với vùng giá trị lượng mòn mặt sau nhất định.

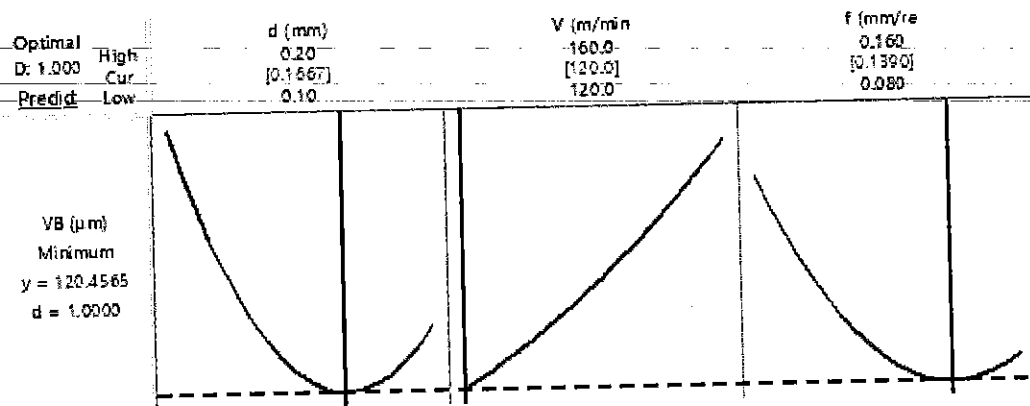
Contour Plot of VB ( $\mu\text{m}$ ) vs V (m/min), d (mm)



Hình 3. 11 Biểu đồ đường đồng mức của lượng mòn mặt sau

### Tối thiểu hóa lượng mòn mặt sau

Các thông số tối ưu cho lượng mòn mặt sau khi tiện cứng bề mặt gián đoạn thép SKD11 với mảnh CBN được xác định bằng cách sử dụng chức năng tối ưu hóa trong Minitab. Mục tiêu tối thiểu hóa được lựa chọn, vì lượng mòn mặt sau nhỏ hơn là tốt hơn. Kết quả tối ưu hóa được thể hiện trong hình 3.12. Lượng mòn mặt sau đạt đến giá trị tối thiểu (120,46  $\mu\text{m}$ ) với chiều sâu cắt 0,167 mm, vận tốc cắt 120 m/phút và lượng chạy dao 0,139 mm / vòng.



Hình 3. 12 Chế độ cắt tối ưu cho lượng mòn mặt sau nhỏ nhất

### 3.3 Tối ưu hóa đa mục tiêu

#### 3.3.1 Xác định bộ thông số tối ưu

Tối ưu hóa đáp ứng rất hữu ích để đánh giá tác động của các thông số cắt lên độ nhám bề mặt hoặc độ mòn của sừn. Tuy nhiên, độ nhám bề mặt và độ mòn của sừn đạt đến giá trị tối thiểu với các thông số cắt khác nhau. Khi có, các thông số cắt kết hợp tốt nhất sẽ tạo ra độ nhám bề mặt tối thiểu và độ mòn của sừn. Các tham số cắt được tối ưu hóa được xác định bằng cách sử dụng phương pháp tối ưu hóa đa phản hồi. Phương pháp này được phát triển bởi Derringer & Suich, 1980 để tối ưu hóa các vấn đề đặc trưng chất lượng trong ngành. Phương pháp này đã sử dụng giá trị đặc tính mong muốn tổng hợp (D) được xác định theo phương trình (1).

$$D = \sqrt{(r_1+r_2+\dots+r_n)} \sqrt{d_1^{r_1} \cdot d_2^{r_2} \cdot d_3^{r_3} \dots d_n^{r_n}} \quad (1)$$

Trong đó:  $d_i$  là giá trị kỳ vọng của các hàm mục tiêu

$r_i$  là mức độ quan trọng của các hàm mục tiêu

$n$  là số lượng mục tiêu của nghiên cứu

Nếu mức độ quan trọng của các mục tiêu là giống nhau, thì giá trị kỳ vọng của hàm mục tiêu tổng quát được xác định theo phương trình (2)

$$D = \sqrt[n]{d_1 \cdot d_2 \dots d_n} \quad (2)$$

Các yếu tố đầu vào với giá trị kỳ vọng tối đa được coi là điều kiện tham số tối ưu. Các hàm kỳ vọng cho mỗi mục tiêu được xác định bằng cách chuyển đổi các giá trị hàm mục tiêu thành các giá trị không có tỷ lệ nằm trong khoảng từ 0 đến 1.

Khi hàm mục tiêu là tối thiểu hóa, giá trị hàm kỳ vọng được xác định theo phương trình (3):

$$d_i = \begin{cases} 1 & \text{if } y_i \leq L_i \\ \left(\frac{U_i - y_i}{U_i - L_i}\right)^{w_i} & \text{if } L_i < y_i < U_i \\ 0 & \text{if } y_i \geq U_i \end{cases} \quad (3)$$

Khi hàm mục tiêu là tối đa hóa, giá trị hàm kỳ vọng được xác định theo phương trình (4):

$$d_i = \begin{cases} 0 & \text{if } y_i \leq L_i \\ \left(\frac{y_i - L_i}{U_i - L_i}\right)^{w_i} & \text{if } L_i < y_i < U_i \\ 1 & \text{if } y_i \geq U_i \end{cases} \quad (4)$$

Khi hàm mục tiêu là giá trị mong muốn cụ thể, giá trị hàm kỳ vọng được xác định theo phương trình (5):

$$d_i = \begin{cases} 0 & \text{if } y_i \leq L_i \\ \left(\frac{y_i - L_i}{T_i - L_i}\right)^{w_i} & \text{if } L_i < y_i < T_i \\ 1 & \text{if } y_i = T_i \\ \left(\frac{U_i - y_i}{U_i - T_i}\right)^{w_i} & \text{if } T_i < y_i < U_i \\ 0 & \text{if } y_i \geq U_i \end{cases} \quad (5)$$

Trong đó:  $d_i$  là giá trị ước tính kỳ vọng của hàm mục tiêu

$W_i$  là trọng số của các hàm mục tiêu

$y_i$  là giá trị đo được của hàm mục tiêu

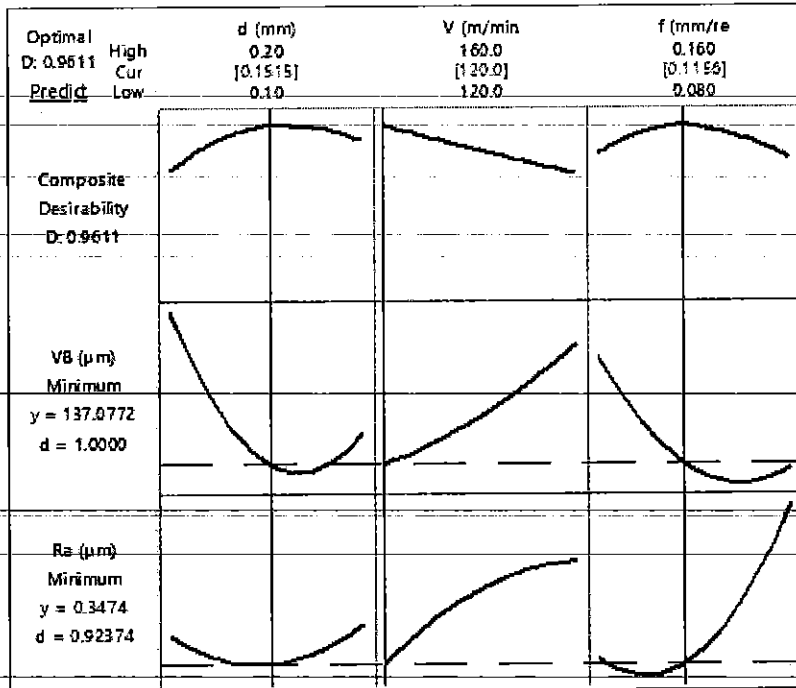
$L_i$  giá trị nhỏ nhất

$U_i$  giá trị lớn nhất

$T_i$  giá trị đạt được

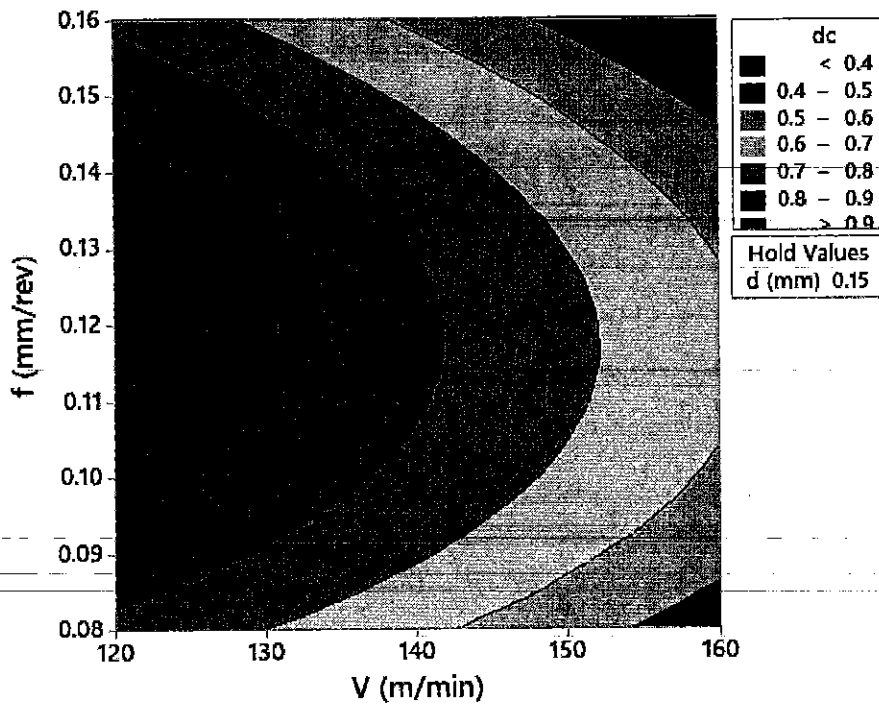
Trong nghiên cứu này, các giá trị ước tính của hàm kỳ vọng cho độ nhám bề mặt và lượng mòn mặt sau được tính theo phương trình (3) bởi vì chúng mong muốn đến giá trị tối thiểu. Trọng số và mức độ quan trọng của chúng được giữ không đổi và bằng 1. Vì vậy, giá trị kỳ vọng tổng hợp được tính theo phương trình (2) và kết quả được thể hiện trong bảng 3.6.

Hình 3.13 biểu thị bộ thông số tối ưu đồng thời cho hai mục tiêu là độ nhám bề mặt và lượng mòn mặt sau. Các đường thẳng đứng bên trong các ô biểu thị các cài đặt tham số tối ưu hiện tại và các đường chấm chấm ngang thể hiện các giá trị phản hồi hiện tại. Giá trị kỳ vọng tổng hợp (D) được lấy là 0,9611. Các cài đặt tham số chế độ cắt tối ưu cho giá trị kỳ vọng tổng hợp lớn nhất là chiều sâu cắt 0,15 mm, vận tốc cắt 120 m / phút và lượng chạy dao 0,115 mm/vòng.



Hình 3. 13 Chế độ cắt tối ưu trong bài toán đa mục tiêu

Contour Plot of dc vs f (mm/rev), V (m/min)



Hình 3. 14 Biểu đồ đồng mức cho giá trị kỳ vọng tổng hợp

Để hiển thị độ nhạy của kết quả, các đường đồng mức cho giá trị kỳ vọng tổng hợp khi thay đổi lượng chạy dao, vận tốc cắt và cố định chiều sâu cắt 0.15mm được vẽ như trong Hình 3.14. Vùng gần tối ưu nằm gần khu vực góc bên trái của ô có giá trị

kỳ vọng tổng hợp cao hơn và nó giảm dần khi di chuyển sang phải và lên trên. Dựa trên sơ đồ đường viền, điều kiện cắt phù hợp với lượng chạy dao 0,11 mm / vòng, vận tốc cắt nhỏ hơn 50 m / phút và chiều sâu cắt nhỏ hơn 0,2 mm có thể được chọn để giá trị kỳ vọng tổng hợp lớn hơn 0,9.

*Bảng 3. 6 Ma trận thí nghiệm và giá trị kỳ vọng của hàm mục tiêu tổng hợp*

Std	Run	d (mm)	V (m/min)	f (mm/rev)	Ra (μm)	VB (μm)	dc
19	1	0,15	140	0,12	0,617	167	0,809923
17	2	0,15	140	0,12	0,623	172	0,809923
7	3	0,1	160	0,16	1,543	251,2	0,244904
2	4	0,2	120	0,08	0,502	212,1	0,711019
18	5	0,15	140	0,12	0,651	159	0,809923
8	6	0,2	160	0,16	1,758	279,1	0,11409
6	7	0,2	120	0,16	0,859	137,1	0,678079
12	8	0,15	160	0,12	0,432	172,7	0,675133
13	9	0,15	140	0,08	0,231	210	0,689935
4	10	0,2	160	0,08	0,643	340	0,080859
15	11	0,15	140	0,12	0,625	162,3	0,809923
16	12	0,15	140	0,12	0,627	160,8	0,809923
10	13	0,2	140	0,12	0,687	225,7	0,658214
11	14	0,15	120	0,12	0,645	153,7	0,953113
9	15	0,1	140	0,12	0,751	192	0,632511
1	16	0,1	120	0,08	0,405	292,2	0,455884
5	17	0,1	120	0,16	0,807	225,3	0,561009
20	18	0,15	140	0,12	0,622	168,1	0,809923
3	19	0,1	160	0,08	0,613	323,5	0,385967
14	20	0,15	140	0,16	1,46	170,3	0,532597

### 3.3.2 Thí nghiệm kiểm chứng

Sau khi sử dụng chức năng tối ưu hóa đa mục tiêu trong phần mềm minitab thu được bộ thông số công nghệ tối ưu đồng thời hai mục tiêu nhám bề mặt và lượng mòn mặt sau (vận tốc cắt 120 m / phút, chiều sâu cắt 0.15mm và lượng chạy dao 0,115 mm/vòng). Khi đó giá trị kỳ vọng tổng hợp (D) thu được là 0,9611 tương ứng với lượng mòn mặt sau 137 (μm) và trị số nhám bề mặt 0.347 (μm). Thực hiện thí nghiệm kiểm chứng với bộ thông số này. Tiến hành gia công với cùng chiều dài cắt (200m),

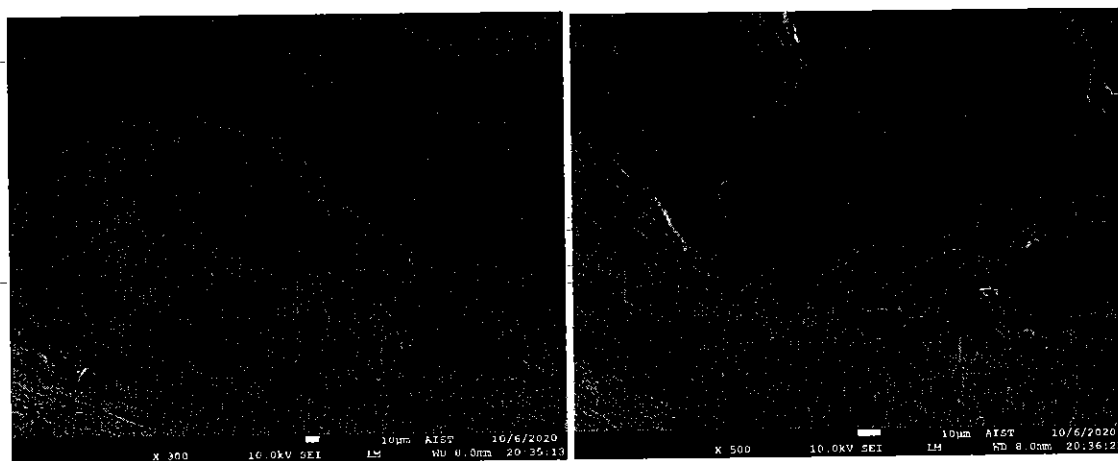
nhám bề mặt, lượng mòn mặt sau, ảnh vết mòn và phân tích quang phổ EDX vết mòn được thực hiện và cho kết quả như bảng 3.7.

Khi tiện với bộ thông số công nghệ tối ưu đồng thời lượng mòn mặt sau và nhám bề mặt thì sai số giữa giá trị nhám bề mặt đo được và giá trị dự đoán bởi mô hình là 5.2% và sai số giữa lượng mòn mặt sau đo được và giá trị dự đoán bởi mô hình là 10.1%.

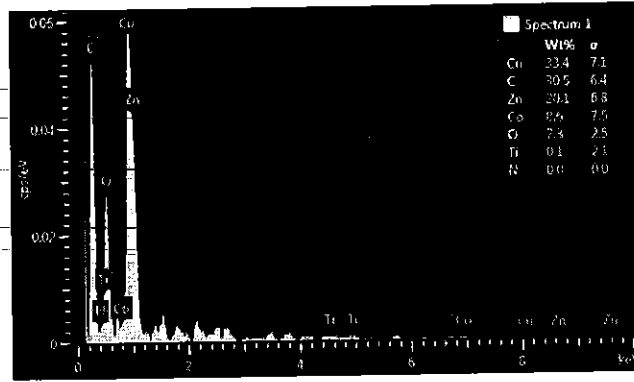
*Bảng 3. 7 Thông số thí nghiệm kiểm chứng và kết quả*

V (m/Ph)	d (mm)	f (mm/vòng)	Dự đoán		Kiểm nghiệm	
			VB ( $\mu\text{m}$ )	Ra ( $\mu\text{m}$ )	VB ( $\mu\text{m}$ )	Ra ( $\mu\text{m}$ )
120	0.15	0.115	137	0.347	150.9	0.365

Vết mòn mặt sau được chụp ảnh SEM và phân tích EDS trên kính hiển vi điện tử quét JEOL JSM-7600F tại trường đại học Bách khoa Hà Nội, hình 3.15 và 3.16. Kết quả cho thấy có hiện tượng mòn do cào xước xảy ra trên vùng mòn, có hiện tượng nứt vỡ lớp phủ và có xuất hiện các vết nứt micro và không xuất hiện các vết sứt mẻ mảnh dụng cụ. Điều này chứng tỏ mảnh CBN đủ cứng đủ để chống lại các lực cắt thay đổi đột ngột xảy ra trong quá trình tiện gián đoạn. Đồng thời xuất hiện thấy các hạt cứng có thể là tinh thể nitrit bo xuất hiện trong các vết nứt. Không quan sát thấy hiện tượng bám dính vật liệu gia công trên lưỡi cắt, điều này cũng thể hiện rõ trong kết quả chụp EDS. Điều này chứng tỏ không xuất hiện cơ chế mòn do dính với chế độ công nghệ này.



*Hình 3. 15. Ảnh chụp SEM vết mòn dụng cụ cắt*



Hình 3. 16. Phân tích quang phổ EDX

### 3.4 Kết luận chương 3

Nghiên cứu đã sử dụng mô hình thí nghiệm bề mặt chỉ tiêu (hỗn hợp tâm mặt) để phân tích ảnh hưởng của thông số công nghệ tối nhám bề mặt và lượng mòn mặt sau trong quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn thép SKD11 sử dụng mảnh CBN. Bước đầu đạt được một số kết quả như sau:

- Xác định được mức độ và xu hướng ảnh hưởng của các biến khảo sát tới hàm mục tiêu nhám bề mặt và lượng mòn mặt sau.
- Đã đề xuất được mô hình dự đoán trị số nhám bề mặt khi tiện cứng bề mặt gián đoạn thép SKD11 sử dụng mảnh CBN.
- Xác định được bộ thông số công nghệ tối ưu cho từng mục tiêu Ra và VB. Đồng thời cũng xác định được bộ thông số công nghệ tối ưu đồng thời cho cả hai mục tiêu Ra và VB.
- Thí nghiệm kiểm chứng được tiến hành và bước đầu phân tích được cơ chế mòn mặt sau khi tiện cứng gián đoạn thép SKD11 sử dụng mảnh CBN.



## KẾT LUẬN CHUNG

- Phương pháp quy hoạch thực nghiệm bề mặt chỉ tiêu và phân tích ANOVA nhằm đánh giá ảnh hưởng của các biến số khảo sát đến kết hàm mục tiêu để từ đó có định hướng lựa chọn các thông số khảo sát có ảnh hưởng đáng kể để triển khai các bước nghiên cứu tiếp theo.

- Nghiên cứu đã khảo sát ảnh hưởng của các thông số công nghệ của quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn thép SKD11 sử dụng mảnh CBN gồm chiều sâu cắt, vận tốc cắt và lượng chạy dao tới lượng mòn mặt sau và trị số nhám  $R_a$ . Kết quả thực nghiệm cho thấy các thông số này có ảnh hưởng đáng kể đến các thông số kết quả đầu ra lượng mòn mặt sau và nhám  $R_a$ .

- Nghiên cứu đã phân tích được mức độ ảnh hưởng của các thông số và tương tác giữa chúng tới nhám bề mặt và lượng mòn mặt sau trong quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn SKD11 sử dụng mảnh CBN. Lượng chạy dao là thông số ảnh hưởng mạnh nhất tới nhám bề mặt, vận tốc cắt là yếu tố ảnh hưởng tiếp theo tới nhám bề mặt và chiều sâu cắt rất ít ảnh hưởng tới nhám bề mặt.

- Nghiên cứu đã tiến hành tối ưu hóa với từng mục tiêu là giá trị độ nhám bề mặt và lượng mòn mặt sau khi tiện cứng bề mặt gián đoạn thép SKD11 với mảnh CBN bằng mô hình thí nghiệm bề mặt chỉ tiêu hỗn hợp tâm mặt (RSM-FCCD). Kết quả nghiên cứu đã đưa ra được mô hình dự đoán nhám bề mặt và đưa ra được bộ thông số công nghệ đảm bảo nhám bề mặt là nhỏ nhất. Đồng thời nghiên cứu cũng đề xuất được bộ thông số công nghệ tối ưu cho lượng mòn mặt sau, đảm bảo giá trị lượng mòn mặt sau là nhỏ nhất.

- Nghiên cứu đã xác định được bộ thông số công nghệ tối ưu đảm bảo đồng thời hai mục tiêu là nhám bề mặt và lượng mòn mặt sau là nhỏ nhất bằng cách sử dụng modul tối ưu hóa đa mục tiêu trên mô hình thí nghiệm RSM-FCCD. Bằng cách phân tích ảnh hưởng của các thông số công nghệ tới hệ số kỳ vọng tổng hợp, có thể lựa chọn được bộ thông số công nghệ hợp lý cho quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn.

## HƯỚNG NGHIÊN CỨU TIẾP THEO

Nghiên cứu cơ chế mòn của các mảnh dụng cụ cắt làm bằng vật liệu khác nhau khi tiện cứng bề mặt gián đoạn.

Nghiên cứu và phân tích rung động khi tiện cứng bề mặt gián đoạn.

Nghiên cứu các phương pháp bổ sung rung động hoặc gia nhiệt khi tiện cứng bề mặt gián đoạn.

Nghiên cứu ứng dụng phương pháp bôi trơn làm nguội tối thiểu vào quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO


- [1] J. P. Davim and V. P. Astakhov, *Machining of Hard Metals*. 2011.
- [2] J. P. Davim, *Surface integrity in machining*. 2010.
- [3] C. S. Kumar and S. K. Patel, "Application of surface modification techniques during hard turning: Present work and future prospects," *Int. J. Refract. Met. Hard Mater.*, vol. 76, no. March, pp. 112–127, 2018, doi: 10.1016/j.ijrmhm.2018.06.003.
- [4] K. Bouacha, M. A. Yallese, T. Mabrouki, and J. F. Rigal, "Statistical analysis of surface roughness and cutting forces using response surface methodology in hard turning of AISI 52100 bearing steel with CBN tool," *Int. J. Refract. Met. Hard Mater.*, vol. 28, no. 3, pp. 349–361, 2010, doi: 10.1016/j.ijrmhm.2009.11.011.
- [5] M. A. Xavier, "Experimental Investigations on the Machinability of Aisi 304, Aisi 52100 and Aisi D2 Steel Materials," *Middle-East J. Sci. Res.*, vol. 21, no. 9, pp. 1550–1560, 2014, doi: 10.5829/idosi.mejsr.2014.21.09.21723.
- [6] A. Srithar, K. Palanikumar, and B. Durgaprasad, "Experimental investigation and surface roughness analysis on hard turning of AISI D2 steel using coated Carbide insert," *Procedia Engineering*, vol. 97, pp. 72–77, 2014, doi: 10.1016/j.proeng.2014.12.226.
- [7] X. M. Anthony, "Analysis of cutting force and chip morphology during hard turning of AISI D2 steel," *J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 10, no. 3, pp. 282–290, 2015.
- [8] M. J. Mir and M. F. Wani, "Performance evaluation of PCBN, coated carbide and mixed ceramic inserts in finish-turning of AISI D2 steel," *J. Tribol.*, vol. 14, no. March, pp. 10–31, 2017.
- [9] P. J. Liew, A. Shaaroni, J. A. Razak, M. S. Kasim, and M. A. Sulaiman, "Optimization of cutting condition in the turning of AISI D2 steel by using carbon nanofiber nanofluid," *Int. J. Appl. Eng. Res.*, vol. 12, no. 10, pp. 2243–2252, 2017.
- [10] R. Kumar, A. K. Sahoo, P. C. Mishra, R. K. Das, and M. Ukamanal, "Experimental investigation on hard turning using mixed ceramic insert under accelerated cooling environment," *Int. J. Ind.-Eng. Comput.*, vol. 9, no. 4, pp. 509–522, 2018, doi: 10.5267/j.ijiec.2017.11.002.
- [11] N. López-Luiz, O. J. Alemán, F. A. Hernández, M. M. Dávila, and V. H. Baltazar-Hernández, "Experimentation on Tool Wear and Surface Roughness in AISI D2 Steel Turning with WC Insert," *Mod. Mech. Eng.*, vol. 08, no. 03, pp. 204–220, 2018, doi: 10.4236/mme.2018.83014.
- [12] J. Yuan, G. S. Fox-Rabinovich, and S. C. Veldhuis, "Control of tribofilm formation in dry machining of hardened AISI D2 steel by tuning the cutting speed," *Wear*, vol. 402–403, no. June 2017, pp. 30–37, 2018, doi: 10.1016/j.wear.2018.01.015.
- [13] S. A. Khan, M. Umar, M. Q. Saleem, N. A. Mufti, and S. F. Raza,

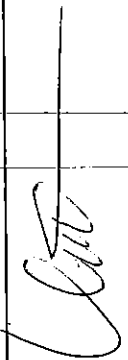
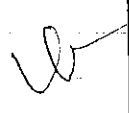
- “Experimental investigations on wiper inserts’ edge preparation, workpiece hardness and operating parameters in hard turning of AISI D2 steel,” *J. Manuf. Process.*, vol. 34, no. June, pp. 187–196, 2018, doi: 10.1016/j.jmapro.2018.06.004.
- [14] V. N. Gaitonde, S. R. Karnik, L. Figueira, and J. Paulo Davim, “Machinability investigations in hard turning of AISI D2 cold work tool steel with conventional and wiper ceramic inserts,” *Int. J. Refract. Met. Hard Mater.*, vol. 27, no. 4, pp. 754–763, 2009, doi: 10.1016/j.ijrmhm.2008.12.007.
- [15] T. Özel, Y. Karpat, L. Figueira, and J. P. Davim, “Modelling of surface finish and tool flank wear in turning of AISI D2 steel with ceramic wiper inserts,” *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 189, no. 1–3, pp. 192–198, 2007, doi: 10.1016/j.jmatprotec.2007.01.021.
- [16] M. A. Ahmad, A. Nazir, M. Mahmood, A. Bhutta, and A. Abdullah, “Influence of Wiper and Conventional Inserts at Profile Geometry During Turning of D2 Tool Steel,” *Eng. Technol. Open Access J.*, vol. 1, no. 5, 2018.
- [17] R. Quiza, L. Figueira, and J. P. Davim, “Comparing statistical models and artificial neural networks on predicting the tool wear in hard machining D2 AISI steel,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 37, no. 7–8, pp. 641–648, 2008, doi: 10.1007/s00170-007-0999-7.
- [18] V. N. Gaitonde, S. R. Karnik, L. Figueira, and J. P. Davim, “Analysis of machinability during hard turning of cold work tool steel (type: AISI D2),” *Mater. Manuf. Process.*, vol. 24, no. 12, pp. 1373–1382, 2009, doi: 10.1080/10426910902997415.
- [19] S. A. Khan, M. A. Ahmad, M. Q. Saleem, Z. Ghulam, and M. A. M. Qureshi, “High-feed turning of AISI D2 tool steel using multi-radii tool inserts: Tool life, material removed, and workpiece surface integrity evaluation,” *Mater. Manuf. Process.*, vol. 32, no. 6, pp. 670–677, 2017, doi: 10.1080/10426914.2016.1232815.
- [20] L. Tang, Y. Sun, B. Li, J. Shen, and G. Meng, “Wear performance and mechanisms of PCBN tool in dry hard turning of AISI D2 hardened steel,” *Tribol. Int.*, vol. 132, pp. 228–236, 2019, doi: 10.1016/j.triboint.2018.12.026.
- [21] S. S. Sarnobat and H. K. Raval, “Experimental investigation and analysis of the influence of tool edge geometry and work piece hardness on surface residual stresses, surface roughness and work-hardening in hard turning of AISI D2 steel,” *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 131, pp. 235–260, 2019, doi: 10.1016/j.measurement.2018.08.048.
- [22] G. K. Dosbaeva, M. A. El Hakim, M. A. Shalaby, J. E. Krzanowski, and S. C. Veldhuis, “Cutting temperature effect on PCBN and CVD coated carbide tools in hard turning of D2 tool steel,” *Int. J. Refract. Met. Hard Mater.*, vol. 50, pp. 1–8, 2015, doi: 10.1016/j.ijrmhm.2014.11.001.
- [23] S. SS and R. HK, “Prediction of Surface Roughness from Cutting Tool Vibrations in Hard Turning of AISI D2 Steel of Different Hardness with Conventional and Wiper Geometry CBN Inserts,” *J. Appl. Mech. Eng.*, vol. 07,

no. 01, pp. 1–7, 2018, doi: 10.4172/2168-9873.1000300.

- [24] M. Dogra, V. S. Sharma, A. Sachdeva, and N. M. Suri, “Finish hard turning of continuous and interrupted surfaces with cubic boron nitride (CBN) and coated carbide tools,” *Mater. Manuf. Process.*, vol. 27, no. 5, pp. 523–530, 2012, doi: 10.1080/10426914.2011.593238.
- [25] A. Srithar, K. Palanikumar, and B. Durgaprasad, “Hard Turning of AISI D2 Steel by Polycrystalline Cubic Boron Nitride (PCBN),” *Appl. Mech. Mater.*, vol. 766–767, pp. 649–654, 2015, doi: 10.4028/www.scientific.net/amm.766-767.649.
- [26] J. Paulo Davim and L. Figueira, “Comparative evaluation of conventional and wiper ceramic tools on cutting forces, surface roughness, and tool wear in hard turning AISI D2 steel,” *Proc. Inst. Mech. Eng. Part B J. Eng. Manuf.*, vol. 221, no. 4, pp. 625–633, 2007, doi: 10.1243/09544054JEM762.
- [27] E. O. Ezugwu, J. Bonney, and Y. Yamane, “An overview of the machinability of aeroengine alloys,” *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 134, no. 2, pp. 233–253, 2003, doi: 10.1016/S0924-0136(02)01042-7.
- [28] R. Kumar, A. K. Sahoo, R. K. Das, A. Panda, and P. C. Mishra, “Modelling of Flank wear, Surface roughness and Cutting Temperature in Sustainable Hard Turning of AISI D2 Steel,” *Procedia Manuf.*, vol. 20, pp. 406–413, 2018, doi: 10.1016/j.promfg.2018.02.059.
- [29] M. Dogra, V. Sharma, A. Sachdeva, and N. M. Suri, “Tool life and surface integrity issues in continuous and interrupted finish hard turning with coated carbide and CBN tools,” *Proc. Inst. Mech. Eng. Part B J. Eng. Manuf.*, vol. 226, no. 3, pp. 431–444, 2012, doi: 10.1177/0954405411418589.
- [30] V. A. A. De Godoy and A. E. Diniz, “Turning of interrupted and continuous hardened steel surfaces using ceramic and CBN cutting tools,” *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 211, no. 6, pp. 1014–1025, 2011, doi: 10.1016/j.jmatprotec.2011.01.002.
- [31] A. J. de Oliveira, A. E. Diniz, and D. J. Ursolino, “Hard turning in continuous and interrupted cut with PCBN and whisker-reinforced cutting tools,” *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 209, no. 12–13, pp. 5262–5270, 2009, doi: 10.1016/j.jmatprotec.2009.03.012.
- [32] R. Suresh and S. Basavarajappa, “Turning of Hardened H13 Steel with Interrupted and Continuous Surfaces using Multilayer-Coated Carbide Tool,” no. Aimtdr, pp. 1–7, 2014.
- [33] M. Nayak and R. Sehgal, “Experiment Modeling of Response Parameters and CBN Tool Wear in Continuous and Interrupted Hard Turning of AISI D6 Steel,” *Indian J. Sci. Technol.*, vol. 12, no. 19, pp. 1–16, 2019, doi: 10.17485/ijst/2019/v12i19/143902.
- [34] G. Derringer and R. Suich, “Simultaneous Optimization of Several Response Variables,” *J. Qual. Technol.*, vol. 12, no. 4, pp. 214–219, 1980, doi: 10.1080/00224065.1980.11980968.

**THUYẾT MINH ĐỀ TÀI**  
**KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP TRƯỜNG**

<b>1. TÊN ĐỀ TÀI:</b> Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ tới mòn dụng cụ và nhám bề mặt khi tiện cứng các bề mặt gián đoạn		<b>2. MÃ SỐ:</b> T2019-B38		
<b>3. LĨNH VỰC NGHIÊN CỨU</b> Khoa học Tự nhiên <input type="checkbox"/> Khoa học KT và CN <input checked="" type="checkbox"/> Khoa học Y, dược <input type="checkbox"/> Khoa học Nông nghiệp <input type="checkbox"/> Khoa học Xã hội <input type="checkbox"/> Khoa học Nhân văn <input type="checkbox"/>		<b>4. LOẠI HÌNH NGHIÊN CỨU</b> Cơ bản <input type="checkbox"/> Ứng dụng <input checked="" type="checkbox"/> Triển khai <input type="checkbox"/>		
<b>5. THỜI GIAN THỰC HIỆN</b> 12 tháng Từ tháng 7 năm 2019 đến tháng 7 năm 2020				
<b>6. CHỦ NHIỆM ĐỀ TÀI</b> Họ và tên: Ngô Minh Tuấn Chức danh khoa học: _____ Học vị: Tiến sĩ Địa chỉ cơ quan: Bộ môn Chế tạo máy- Khoa Cơ khí – Trường Đại học KTCN Năm sinh: 1985 Điện thoại cơ quan: _____ Điện thoại di động: 0984280807 Fax: _____ E-mail: minhluanngo@tnut.edu.vn				
<b>7. NHỮNG THÀNH VIÊN THAM GIA NGHIÊN CỨU ĐỀ TÀI</b>				
TT	Họ và tên	Đơn vị công tác và lĩnh vực chuyên môn	Nội dung nghiên cứu cụ thể được giao	Chữ ký
1	PGS.TS Hoàng Vĩ	Bộ môn chế tạo máy – Cơ khí chế tạo máy	- Nghiên cứu tổng quan về công nghệ tiện cứng nói chung và tiện cứng các bề mặt	

			<p>gián đoạn nói riêng.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Phân tích, đánh giá các ưu nhược của các công nghệ gia công hiện nay trong tiện cứng bề mặt gián đoạn.</li> <li>- Phân tích kết quả, viết báo cáo, công bố kết quả</li> </ul>	
2	ThS Đinh Trọng Hải	Bộ môn chế tạo máy - Cơ khí chế tạo máy	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Phân tích lựa chọn mô hình thí nghiệm, máy và dụng cụ tiện cứng bề mặt gián đoạn.</li> <li>- Nghiên cứu phương pháp và xây dựng mô hình xác định các thông số đánh giá hiệu quả của quá trình tiện cứng (mòn dụng cụ và nhám bề mặt).</li> <li>- Nghiên cứu thực nghiệm, xử lý kết quả cho quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn</li> </ul>	
3	ThS Chu Mạnh Cường	Bộ môn chế tạo máy - Cơ khí chế tạo máy	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nghiên cứu xây dựng mô hình quy hoạch thực nghiệm.</li> <li>- Nghiên cứu thực nghiệm, xử lý kết quả cho quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn</li> <li>- Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số khảo sát tới lượng mòn dụng cụ và nhám bề mặt và xác định bộ thông số tối ưu.</li> </ul>	

## 8. ĐƠN VỊ PHỐI HỢP CHÍNH

Tên đơn vị trong và ngoài nước	Nội dung phối hợp nghiên cứu	Họ và tên người đại diện đơn vị

## 9. TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU THUỘC LĨNH VỰC CỦA ĐỀ TÀI Ở TRONG VÀ NGOÀI NƯỚC

### 9.1. Tổng quan tình hình nghiên cứu thuộc lĩnh vực của đề tài:

Quá trình tiện cứng đang được sử dụng khá phổ biến để gia công các bề mặt chi tiết sau nhiệt luyện để thay thế quá trình mài do nó có nhiều ưu điểm như có độ chính xác và nhám tương đương mài nhưng đầu tư thấp hơn, có khả năng tạo ứng suất dư nén và không cần sử dụng dung dịch bôi trơn làm mát. Dụng cụ cắt sử dụng phổ biến cho quá trình tiện cứng được làm bằng CBN hoặc ceramic có độ cứng và độ ổn định hóa học cao.

Đã có rất nhiều nghiên cứu liên quan tới quá trình tiện cứng. Kevin và đồng nghiệp [1] đã nghiên cứu mòn dụng cụ cắt làm vật liệu CBN khi tiện thép AISI sau khi nhiệt luyện. Kết quả nghiên cứu cho thấy mòn mặt sau tăng tuyến tính với chiều dài cắt, xảy ra hiện tượng mòn do dính. Năm 2004 nghiên cứu của Liu và đồng nghiệp đã chỉ ra rằng mòn xảy ra với tốc độ cao nhất trong khoảng độ cứng của VLGC từ 40 ÷ 50 HRC và thấp hơn trong khoảng độ cứng 60 ÷ 64 HRC khi nghiên cứu quá trình tiện cứng sử dụng mảnh CBN [2]. Phan Quang Thế và Trần Ngọc Giang đã nghiên cứu cơ chế mòn khi tiện tinh thép 09CrSi qua tôi bằng dao gấn mảnh PCBN [3]. Kết quả cho thấy cơ chế mòn trên mặt trước liên quan đến tác dụng cào xước của hạt cứng trong vật liệu gia công (VLGC) và mòn do mài-dính của các lớp bề mặt. Mòn mặt sau của dụng cụ không đơn thuần là sự bong ra của các hạt CBN mà có thể liên quan đến hiện tượng phức tạp của nhiệt, tương tác giữa VLGC và vật liệu dụng cụ (VLDC) kết hợp với hiện tượng oxy hóa. Đồng thời, Phan Quang Thế và Nguyễn Thị Quốc Dung cũng nghiên cứu xây dựng mô hình dự đoán nhám bề mặt và mòn dụng cụ khi tiện cứng bằng dụng cụ PCBN [4]. Kết quả cho thấy giảm vận tốc cắt và lượng chạy dao sẽ cho chất lượng bề mặt tốt hơn và làm giảm mòn dụng cụ. Việc tăng chiều sâu cắt sẽ làm tăng mòn dao song hầu như không làm nhám bề mặt thay đổi. Varaprasad.Bh và đồng nghiệp nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số gia công đến mòn dụng cụ khi tiện cứng thép AISI D3 [5]. Kết quả nghiên cứu đã đưa ra được mô hình dự đoán mòn của dụng cụ khi tiện cứng sử dụng mảnh dao Ceramic. Alaattin Kaçal và



Ferhat Yildirim đã nghiên cứu ảnh hưởng của thông số công nghệ tới mòn dụng cụ cắt và nhám bề mặt trong quá trình tiện cứng sử dụng mảnh CBN [6].

Ngoài những nghiên cứu quá trình tiện cứng bề mặt trụ, trong những năm gần đây đã có một số tác giả nghiên cứu quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn. Các nghiên cứu tập trung vào so sánh mòn dụng cụ khi gia công tiện cứng bề mặt liên tục và gián đoạn [7,8]. Các nghiên cứu cũng cho thấy hai loại mảnh dụng cụ CBN và ceramic phù hợp cho quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn. Năm 2009, Adilson và đồng nghiệp đã phân tích so sánh mòn dụng cụ khi tiện cứng bề mặt trụ trơn và bề mặt gián đoạn bằng mảnh PCBN và ceramic [9]. Kết quả cho thấy mảnh ceramic bền khi tiện bề mặt gián đoạn. Năm 2014 R. Suresh và đồng nghiệp đã nghiên cứu quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn sử dụng mảnh carbide phủ nhiều lớp [10]. Cũng trong năm 2014 Lihai và đồng nghiệp cũng đã nghiên cứu ảnh hưởng của chiều dày phoi tới rung động khi tiện gián đoạn [11]. Năm 2017 XiaobinCui đã nghiên cứu độ tin cậy khi tiện cứng bề mặt gián đoạn và bề mặt trụ trơn thông qua phân tích cơ chế mòn của dụng cụ cắt ceramic.

Như vậy, đã có nhiều nghiên cứu về quá trình tiện cứng nói chung và tiện cứng bề mặt gián đoạn nói riêng. Tuy nhiên các nghiên cứu tối ưu hóa thông số công nghệ của quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn còn ít. Đặc biệt, Ở Việt Nam các nghiên cứu về quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn chưa được các nhà nghiên cứu quan tâm. Vì vậy tác giả đề xuất hướng nghiên cứu với tên đề tài: **“Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ tới mòn dụng cụ và nhám bề mặt khi tiện cứng các bề mặt gián đoạn”**.

## **9.2. Danh mục các công trình đã công bố thuộc lĩnh vực của đề tài của chủ nhiệm và những thành viên tham gia nghiên cứu**

### **a) Của chủ nhiệm đề tài**

1. Minh Tuan Ngo, Vinh Sinh Hoang, Modelling and determining the tooth profile total deviation of the hobbed gears in the CATIA environment, *The 7th AUN/SEED-Net Regional Conference on Mechanical and Manufacturing Engineering*.
2. Ngô Minh Tuấn, Hoàng Vĩnh Sinh (2015), Phương pháp đo sai số profile tổng cộng của bánh răng trụ sử dụng máy đo tọa độ, *Tạp chí Cơ khí Việt Nam*, số 5 năm 2015.
3. Vi Hoang, Minh Tuan Ngo, Long Tran The, *Investigation of Nanofluids as Potential Cutting Fluids in Gear Hobbing Processes of AISI 4118 Steel*, *Journal of Mechanics Engineering and*

Automation 2016.

4. Ngô Minh Tuấn, Hoàng Vi, Hoàng Vĩnh Sinh (2017), Khảo sát sai số profile răng của bánh răng trụ khi phay lăn răng, *Tạp chí Cơ khí Việt Nam*, số 10 năm 2017.

5. Tuan Ngo, Vi Hoang, Sinh Hoang (2017), Research on Applying Nano Cutting Oils in Spur Gear Hobbing Process, *World Journal of Engineering and Technology*, 2017, 5, 286-298. ISSN Online: 2331-4249 ISSN Print: 2331-4222.

6. Minh Tuan Ngo, Vi Hoang, Vinh Sinh Hoang (2017), Optimization Cutting Fluids and Parameters for minimizing cutting force in fly-hobbing, *Journal of Engineering and Applied Sciences* 12 (20), 5212-5218.

7. Vi Hoang, Minh Tuan Ngo, Thuan Nguyen (2018), Research applying spherical gear and ring – rack mechanism to rotary work table, *International Journal of Advanced Engineering Research and Applications (IJA ERA)*, ISSN: 2454-2377, vol 3 – 11, pp304 – 309.

8. Minh Tuan Ngo, Vi Hoang, Vinh Sinh Hoang (2018), Taguchi-fuzzy multi response optimization in fly cutting process and applying in the actual hobbing process, *International journal of Mechanical and materials Engineering*, 2018-13:6.

b) Của các thành viên tham gia nghiên cứu

1. Minh Tuan Ngo, Vinh Sinh Hoang, Modelling and determining the tooth profile total deviation of the hobbed gears in the CATIA environment, *The 7th AUN/SEED-Net Regional Conference on Mechanical and Manufacturing Engineering*.

2. Ngô Minh Tuấn, Hoàng Vĩnh Sinh (2015), Phương pháp đo sai số profile tổng cộng của bánh răng trụ sử dụng máy đo tọa độ, *Tạp chí Cơ khí Việt Nam*, số 5 năm 2015.

3. Vi Hoang, Minh Tuan Ngo, Long Tran The, Investigation of Nanofluids as Potential Cutting Fluids in Gear Hobbing Processes of AISI 4118 Steel, *Journal of Mechanics Engineering and Automation* 2016.

4. Ngô Minh Tuấn, Hoàng Vi, Hoàng Vĩnh Sinh (2017), Khảo sát sai số profile răng của bánh răng trụ khi phay lăn răng, *Tạp chí Cơ khí Việt Nam*, số 10 năm 2017.

5. Tuan Ngo, Vi Hoang, Sinh Hoang (2017), Research on Applying Nano Cutting Oils in Spur

Gear Hobbing Process, *World Journal of Engineering and Technology*, 2017, 5, 286-298. ISSN Online: 2331-4249 ISSN Print: 2331-4222.

6. Minh Tuan Ngo, Vi Hoang, Vinh Sinh Hoang (2017), Optimization Cutting Fluids and Parameters for minimizing cutting force in fly-hobbing, *Journal of Engineering and Applied Sciences* 12 (20), 5212-5218.

7. Vi Hoang, Minh Tuan Ngo, Thuan Nguyen (2018), Research applying spherical gear and ring – rack mechanism to rotary work table, *International Journal of Advanced Engineering Research and Applications (IJA ERA)*, ISSN: 2454-2377, vol 3 – 11, pp304 – 309.

8. Minh Tuan Ngo, Vi Hoang, Vinh Sinh Hoang (2018), Taguchi-fuzzy multi response optimization in fly cutting process and applying in the actual hobbing process, *International journal of Mechanical and materials Engineering*, 2018-13:6.

#### **Tài liệu tham khảo:**

[1] Liu.X.L, Wen.D.H, Li.Z.J, Xiao.L, Yan.F.G. (2002), Cutting Temperature and Tool Wear of Hard Turning Hardened Bearing Steel, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 129, pp. 200-206.

[2] Poulachon.G, Bandyopadhyay.B.P, Jawahir.I.S, Pheulpin.S, Seguin.E. (2004), Wear Behavior of CBN while Turning Various Hardened Steels, *Wear*, Vol. 256, pp.302-310.

[3] Phan Quang Thế, Trần Ngọc Giang (2008), Nghiên cứu cơ chế mòn dao gắn mảnh PCBN sử dụng tiện tinh thép 9CrSi qua tôi, *Tạp chí Khoa học Công nghệ*, số 4 (48) tập 2/2008.

[4] Nguyễn Thị Quốc Dung và Phan Quang Thế (2009), mô hình dự đoán nhám bề mặt và mòn dụng cụ trong tiện cứng chính xác bằng dụng cụ cắt PCBN, *Tạp chí Khoa học Công nghệ*, số 63 (1) 2009.

[5] Varaprasad.Bh, Srinivasa Rao.Ch, P.V. Vinay (2014), Effect of Machining Parameters on Tool Wear in Hard Turning of AISI D3 Steel, *Procedia Engineering* 97 (2014) 338 – 345.

[6] Alaattin Kaçal và Ferhat Yıldırım, High Speed Hard Turning of AISI S1 (60WCrV8) Cold Work Tool Steel, *Acta Polytechnica Hungarica*, vol 10 No. 8, 2013.

[7] Vitor Augusto A. de Godoy, Anselmo Eduardo Diniz, Turning of interrupted and continuous hardened steel surfaces using ceramic and CBN cutting tools, *Journal of Materials Processing Technology* 211 (2011) 1014–1025.

[8] M Dogra, V Sharma, A Sachdeva, and NM Suri, Tool life and surface integrity issues in continuous and interrupted finish hard turning with coated carbide and CBN tools, *P roc. IMechE Vol. 226 Part B: J. Engineering Manufacture*.

[9] Adilson José de Oliveira, Anselmo Eduardo Diniz and Davi Janini Ursolino, Hard turning in continuous and interrupted cut with PCBN and whisker-reinforced cutting tools, *Journal of Materials Processing Technology* 209 (2009) 5262–5270.

[10] R. Suresh and S. Basavarajappa, Turning of Hardened H13 Steel with Interrupted and Continuous Surfaces using Multilayer Coated Carbide Tool, *5th International & 26th All India Manufacturing Technology, Design and Research Conference (AIMTDR 2014)* December 12th –14th, 2014, IIT Guwahati, Assam, India

[11] Lihai Chen, Lianhong Zhang and Jia Man, Effect of Nominal Chip Thickness on Stability of Interrupted Turning, *Hindawi Publishing Corporation, Advances in Mechanical Engineering*.

[12] XiaobinCui, FengJiao, Pingmei Ming and JingxiaGuo, Reliability analysis of ceramic cutting tools in continuous and interrupted hard turning, *Ceramics International*, Volume 43, Issue 13, September 2017, Pages 10109-10122.

## 10. TÍNH CẤP THIẾT CỦA ĐỀ TÀI

Tiện cứng là một quá trình gia công kim loại với độ cứng từ 45-70HRC. Các vật liệu thường dùng trong gia công cứng bao gồm: thép hợp kim, thép dụng cụ, thép cứng phủ crom, thép thấm nito và thép được xử lý nhiệt bằng các phương pháp khác. Trước kia, quá trình mài thường được sử dụng rộng rãi để gia công vật liệu có độ cứng trên 45 HRC. Tuy nhiên quá trình này có nhiều nhược điểm, do đó nhu cầu tiện cứng càng tăng cao. Hiện nay quá trình tiện cứng được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp do nhiều ưu điểm so với quá trình mài như: cải thiện tính toàn vẹn của lớp bề mặt gia công, giảm thời gian vận hành và ít ảnh hưởng tới môi trường và tăng được năng suất. Khi tiện cứng dụng cụ thường bị mòn nhanh do lực cắt và nhiệt cắt sinh ra trong quá trình tiện rất lớn. Mòn dụng cụ ảnh hưởng

trực tiếp hoặc gián tiếp tới chất lượng và giá thành chi tiết sau khi gia công. Do đó đã có nhiều nhà khoa học trong và ngoài nước nghiên cứu về mòn dụng cụ và nhám bề mặt khi tiện cứng. Tuy nhiên các nghiên cứu tối ưu hóa thông số công nghệ của quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn còn ít. Đặc biệt, Ở Việt Nam các nghiên cứu về quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn chưa được các nhà nghiên cứu quan tâm. Vì vậy tác giả đề xuất hướng nghiên cứu với tên đề tài: “Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ tới mòn dụng cụ và nhám bề mặt khi tiện cứng các bề mặt gián đoạn”.

## 11. MỤC TIÊU ĐỀ TÀI

Đề tài này được thực hiện nhằm đạt các mục tiêu sau đây:

- Đánh giá ảnh hưởng của thông số công nghệ tới cơ chế mòn, lượng mòn của dụng cụ và nhám bề mặt khi tiện cứng các bề mặt gián đoạn.
- Đưa ra một số chỉ dẫn công nghệ hợp lý về công nghệ tiện cứng các bề mặt gián đoạn;
- Công bố quốc tế các kết quả nghiên cứu nhằm nâng cao vị thế cơ sở giáo dục;

## 12. ĐỐI TƯỢNG, PHẠM VI NGHIÊN CỨU

### 12.1. Đối tượng nghiên cứu

Nhám bề mặt và lượng mòn dụng cụ cắt khi tiện cứng bề mặt gián đoạn

### 12.2. Phạm vi nghiên cứu

Ảnh hưởng của các thông số công nghệ bao gồm vận tốc cắt, lượng chạy dao và chiều sâu cắt tới lượng mòn dụng cụ và nhám bề mặt khi tiện các bề mặt gián đoạn

## 13. CÁCH TIẾP CẬN, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 13.1. Cách tiếp cận

Từ nhu cầu của thực tiễn, tác giả thấy rằng rất cần có nghiên cứu cơ bản để tìm giải pháp công nghệ có thể đáp ứng được nhu cầu thực tiễn.

Từ quá trình nghiên cứu lý thuyết, tập hợp thông tin khoa học các lĩnh vực liên quan, tác giả đã lựa chọn được vấn đề nghiên cứu.

### 13.2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu lý thuyết kết hợp với nghiên cứu thực nghiệm, trong đó chủ yếu là nghiên cứu thực nghiệm.

## 14. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU VÀ TIẾN ĐỘ THỰC HIỆN

### 14.1. Nội dung nghiên cứu

- Nghiên cứu các lý thuyết liên quan đến quá trình tiện cứng và tiện cứng các bề mặt gián đoạn; Nghiên cứu thực nghiệm: Nghiên cứu, thiết kế và xây dựng hệ thống thí nghiệm; Nghiên cứu thực nghiệm, xử lý kết quả cho quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn; Phân tích kết quả, viết báo cáo, công bố kết quả.

- Báo cáo các bài báo bằng tiếng Anh (là sản phẩm của đề tài sau khi được chấp nhận đăng)

tại hội thảo đơn vị.

- Báo cáo tổng kết đề tài.

### 14.2. Tiến độ thực hiện

STT	Các nội dung, công việc thực hiện	Sản phẩm	Thời gian (bắt đầu-kết thúc)	Người thực hiện
1	Xây dựng thuyết minh	Thuyết minh đề tài	6/2019	TS Ngô Minh Tuấn
2	Nghiên cứu tổng quan về công nghệ tiện cứng nói chung và tiện cứng các bề mặt gián đoạn nói riêng.	Báo cáo	7/2019-8/2019	PGS.TS Hoàng Vị, TS Ngô Minh Tuấn
3	Phân tích, đánh giá các ưu nhược điểm của các công nghệ gia công hiện nay trong tiện cứng bề mặt gián đoạn.	Báo cáo	8/2019-9/2019	PGS.TS Hoàng Vị, TS Ngô Minh Tuấn
4	Phân tích lựa chọn mô hình thí nghiệm, máy và dụng cụ tiện cứng bề mặt gián đoạn.	Báo cáo	9/2019-10/2019	TS Ngô Minh Tuấn, ThS Đinh Trọng Hải

5	Nghiên cứu phương pháp và xây dựng mô hình xác định các thông số đánh giá hiệu quả của quá trình tiện cứng (mòn dụng cụ và nhám bề mặt).	Báo cáo	10/2019- 11/2019	TS Ngô Minh Tuấn, ThS Đinh Trọng Hải
6	Nghiên cứu xây dựng mô hình quy hoạch thực nghiệm.	Ma trận thí nghiệm	11/2019- 12/2019	TS Ngô Minh Tuấn, ThS Chu Mạnh Cường
7	Nghiên cứu thực nghiệm, xử lý kết quả cho quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn	Bộ số liệu NC thực nghiệm	12/2019- 1/2020	TS Ngô Minh Tuấn, ThS Đinh Trọng Hải, ThS Chu Mạnh Cường
8	Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số khảo sát tới lượng mòn dụng cụ và nhám bề mặt và xác định bộ thông số tối ưu.	Bài báo khoa học	1/2020-3/2020	TS Ngô Minh Tuấn, ThS Chu Mạnh Cường
9	Phân tích kết quả, viết báo cáo, công bố kết quả	Bài báo khoa học	3/2020 - 7/2020	PGS.TS Hoàng Vi, TS Ngô Minh Tuấn
10	Xây dựng báo cáo khoa học tổng kết đề tài và Báo cáo tổng kết đề tài	Báo cáo tổng kết	7/2020	TS Ngô Minh Tuấn

#### 15. SẢN PHẨM

STT	Tên sản phẩm	Số lượng	Yêu cầu chất lượng sản phẩm
I	Sản phẩm khoa học (Các công trình khoa học sẽ được công bố: sách, bài báo khoa học, ..)		

1.1	Bài báo khoa học	01	Đăng trên tạp chí nước ngoài có chỉ số ISSN
1.2	Bài báo khoa học	01	Đăng trên tạp chí nước ngoài thuộc hệ thống ISI/SCOPUS
II	Sản phẩm đào tạo (cử nhân, thạc sĩ, tiến sĩ,...)		
...		0	
III	Sản phẩm ứng dụng		
...		0	

## 16. PHƯƠNG THỨC CHUYỂN GIAO KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ ĐỊA CHỈ ỨNG DỤNG

16.1. Phương thức chuyển giao

16.2. Địa chỉ ứng dụng

## 17. TÁC ĐỘNG VÀ LỢI ÍCH MANG LẠI CỦA KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

17.1. Đối với lĩnh vực giáo dục và đào tạo

Nâng cao trình độ về NCKH, về chuyên môn cho giảng viên

17.2. Đối với lĩnh vực khoa học và công nghệ có liên quan

Bổ sung kiến thức chuyên môn sâu về công nghệ tiên tiến các bề mặt gián đoạn.

Đưa ra bộ thông số công nghệ tối ưu cho quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn.

Do thay thế một phần cho mài nên góp phần làm giảm được giá thành

17.3. Đối với phát triển kinh tế-xã hội

Chủ động ứng dụng, triển khai công nghệ tiên tiến trong chế tạo cơ khí chính xác.

Đưa ra giải pháp gia công phù hợp với điều kiện sản xuất tại Việt Nam.

17.4. Đối với tổ chức chủ trì và các cơ sở ứng dụng kết quả nghiên cứu

- Đối với tổ chức chủ trì: Nâng cao được năng lực NCKH và chuyển giao công nghệ đối với những công nghệ gia công mới

Công bố quốc tế các kết quả nghiên cứu nhằm nâng cao vị thế của Trường đại học Kỹ thuật



1.1	Bài báo khoa học	01	Đăng trên tạp chí nước ngoài có chỉ số ISSN
1.2	Bài báo khoa học	01	Đăng trên tạp chí nước ngoài thuộc hệ thống ISI/SCOPUS Q1
II	Sản phẩm đào tạo (cử nhân, thạc sĩ, tiến sĩ,...)		
...		0	
III	Sản phẩm ứng dụng		
...		0	

### **16. PHƯƠNG THỨC CHUYỂN GIAO KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ ĐỊA CHỈ ỨNG DỤNG**

16.1. Phương thức chuyển giao

16.2. Địa chỉ ứng dụng

### **17. TÁC ĐỘNG VÀ LỢI ÍCH MANG LẠI CỦA KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU**

17.1. Đối với lĩnh vực giáo dục và đào tạo

Nâng cao trình độ về NCKH, về chuyên môn cho giảng viên

17.2. Đối với lĩnh vực khoa học và công nghệ có liên quan

Bổ sung kiến thức chuyên môn sâu về công nghệ tiên cứng các bề mặt gián đoạn.

Đưa ra bộ thông số công nghệ tối ưu cho quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn.

Do thay thế một phần cho mài nên góp phần làm giảm được giá thành

17.3. Đối với phát triển kinh tế-xã hội

Chủ động ứng dụng, triển khai công nghệ tiên tiến trong chế tạo cơ khí chính xác.

Đưa ra giải pháp gia công phù hợp với điều kiện sản xuất tại Việt Nam.

17.4. Đối với tổ chức chủ trì và các cơ sở ứng dụng kết quả nghiên cứu

- Đối với tổ chức chủ trì: Nâng cao được năng lực NCKH và chuyển giao công nghệ đối với những công nghệ gia công mới.

Công bố quốc tế các kết quả nghiên cứu nhằm nâng cao vị thế của Trường đại học Kỹ thuật

Công nghiệp - Đại học Thái Nguyên.

- Đối với cơ sở ứng dụng kết quả nghiên cứu: Nâng cao năng suất gia công, tiết kiệm chi phí, hạ giá thành sản phẩm để tăng tính cạnh tranh. Mở rộng được năng lực gia công, sản xuất.

**17. KINH PHÍ THỰC HIỆN ĐỀ TÀI**

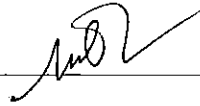
**Tổng kinh phí: 50.000.000 VNĐ**

*Bằng chữ: Năm mươi triệu đồng*

*(Dự toán chi tiết các mục chi đính kèm có xác nhận của các đơn vị liên quan.)*

Ngày 15 tháng 9 năm 2019

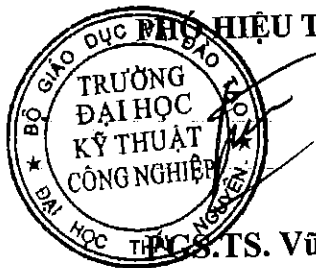
**CHỦ NHIỆM ĐỀ TÀI**



Ngô Minh Tuấn

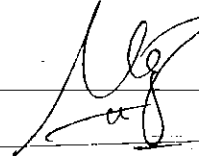
**KT. HIỆU TRƯỞNG**

**PHÓ HIỆU TRƯỞNG**



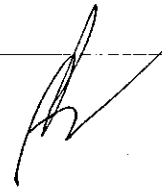
**S.TS. Vũ Ngọc Pi**

**XÁC NHẬN CỦA ĐƠN VỊ**



Hoàng Việt

**TRƯỞNG PHÒNG KHCN&HTQT**



## DỰ TOÁN KINH PHÍ ĐỀ TÀI KH&CN CẤP TRƯỜNG NĂM 2019

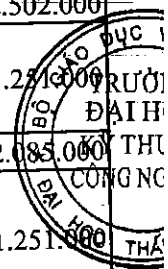
Tên đề tài: Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ tới mòn dụng cụ và nhám bề mặt khi tiện cứng các bề mặt gián đoạn

Chủ nhiệm đề tài: Ngô Minh Tuấn

Thành viên chính: Hoàng Vị, Đinh Trọng Hải, Chu Mạnh Cường

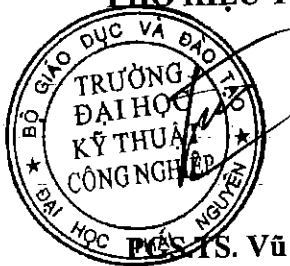
ĐVT: VNĐ

STT	Nội dung	Dự toán			
		Người thực hiện	Số ngày công	Hệ số tiền công theo ngày (2)	Thành tiền
1	<i>Mục chi tiền công lao động tham gia trực tiếp</i>				
1.1	Xây dựng thuyết minh đề tài	Ngô Minh Tuấn	2	0,45	1.251.000
1.2	Nghiên cứu tổng quan về công nghệ tiện cứng nói chung và tiện cứng các bề mặt gián đoạn nói riêng.	Ngô Minh Tuấn	2	0,45	1.251.000
		Hoàng Vị	8	0,3	3.336.000
1.3	Phân tích, đánh giá các ưu nhược điểm của các công nghệ gia công hiện nay trong tiện cứng bề mặt gián đoạn.	Ngô Minh Tuấn	3	0,45	1.876.500
		Hoàng Vị	7	0,3	2.919.000
1.4	Phân tích lựa chọn mô hình thí nghiệm, máy và dụng cụ tiện cứng bề mặt gián đoạn.	Ngô Minh Tuấn	1	0,45	625.500
		Đinh Trọng Hải	5	0,3	2.085.000
		Đinh Trọng Hải	6	0,3	2.502.000
1.5	Nghiên cứu phương pháp và xây dựng mô hình xác định các thông số đánh giá hiệu quả của quá trình tiện cứng (mòn dụng cụ và nhám bề mặt).	Ngô Minh Tuấn	2	0,45	1.251.000
		Chu Mạnh Cường	5	0,3	2.085.000
1.6	Nghiên cứu xây dựng mô hình quy hoạch thực nghiệm.	Ngô Minh Tuấn	2	0,45	1.251.000
		Chu Mạnh Cường	12	0,3	5.004.000
1.7	Nghiên cứu thực nghiệm, xử lý kết quả cho quá trình tiện cứng bề mặt gián đoạn	Đinh Trọng Hải	14	0,3	5.838.000
		Ngô Minh Tuấn	2	0,45	1.251.000
		Ngô Minh Tuấn	5	0,45	3.127.500
1.8	Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số khảo sát tới lượng mòn dụng cụ và nhám bề mặt và xác định bộ thông số tối ưu.	Chu Mạnh Cường	8	0,3	3.336.000
		Ngô Minh Tuấn	4	0,45	2.502.000
1.9	Phân tích kết quả, viết báo, công bố kết quả	Hoàng Vị	10	0,3	4.170.000



1.10	Xây dựng báo cáo khoa học tổng kết đề tài	Ngô Minh Tuấn	1	0,45	625.500
	<b>Tổng 1</b>				<b>46.287.000</b>
2	<i>Chi mua nguyên vật liệu, dịch vụ chuyên môn kỹ thuật</i>	<i>Đơn vị tính</i>	<i>Đơn giá</i>	<i>Số lượng</i>	<i>Thành tiền</i>
	<b>Tổng 2</b>				<b>0</b>
3	<i>Chi phí khác</i>				
3.1	Hội thảo nội bộ của đề tài				<b>0</b>
3.2	Đánh giá, nghiệm thu				<b>700.000</b>
	<i>Chủ tịch</i>		<i>150.000</i>	<i>1</i>	<i>150.000</i>
	<i>Ủy viên hội đồng</i>		<i>100.000</i>	<i>4</i>	<i>400.000</i>
	<i>Ủy viên phản biện</i>		<i>150.000</i>	<i>1</i>	<i>150.000</i>
3.3	Thư ký hành chính				<b>300.000</b>
3.4	Văn phòng phẩm, in ấn				<b>213.000</b>
3.5	Quản lý chung của cơ quan chủ trì (5% tổng kinh phí đề tài)				<b>2.500.000</b>
	<b>Tổng 3</b>				<b>3.713.000</b>
	<b>Tổng 1+2+3</b>				<b>50.000.000</b>

Cơ quan chủ trì  
KT. HIỆU TRƯỞNG  
PHÓ HIỆU TRƯỞNG



PGS.TS. Vũ Ngọc Pi

TRƯỞNG PHÒNG KHCN&HTQT

CHỦ NHIỆM ĐỀ TÀI

Ngô Minh Tuấn

TRƯỞNG PHÒNG KH-TC



# Investigating the Effect of Cutting Parameters on Surface Roughness and Flank Wear in the Interrupted Hard Turning of Hardened SKD 11 Steel using High CBN Inserts

Vi Hoang<sup>1</sup>, Minh Tuan Ngo<sup>2\*</sup>, Quang Minh Do<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Associate professor of Faculty of Mechanical Engineering, Thai Nguyen University of Technology  
Thai Nguyen, Vietnam, E-mail: [vihoang@tmut.edu.vn](mailto:vihoang@tmut.edu.vn)

<sup>2</sup>Lecturer of Faculty of Mechanical Engineering, Thai Nguyen University of Technology  
Thai Nguyen, Vietnam, \*Corresponding Author E-mail: [minhtuanngo@tmut.edu.vn](mailto:minhtuanngo@tmut.edu.vn)

<sup>3</sup>Master Student of Faculty of Mechanical Engineering, Thai Nguyen University of Technology  
Thai Nguyen, Vietnam, E-mail: [quangminhts1@gmail.com](mailto:quangminhts1@gmail.com)

**Abstract:** Hard turning is a potential machining process to replace for grinding process due to large advantages such as material removal rate, good surface integrity, and friendly environment. This process is also used to process discontinuous surface parts. This study focuses on analyzing the effect of cutting parameters on surface roughness and flank wear after interrupted hard turning of SKD11 steel using CBN inserts. The effect of cutting parameters and interacted between them on the surface roughness and the flank wear were analyzed by using the full factorial design having the central trials. The results investigated that the feed rate is the most significant parameter affecting on the surface roughness in the machining process and the cutting speed strongly affects on the flank wear in the interrupted hard turning of SKD11 steel using high CBN inserts. The results of ANOVA analysis for the surface roughness and the flank wear indicated that the need to investigate and use the curve model to describe the effect of the cutting parameters on the surface roughness and the flank wear.

**Keywords:** Hard Turning, SKD11, CBN, Flank Wear, Surface Roughness

## I. INTRODUCTION

With many outstanding advantages, hard turning is a finishing method applied more and more widely in industries. In the hard turning process, the most important thing is the selection of cutting tool material and grade. The hard turning process is commonly applied to machine the hardened alloy steel with high hardness (hardness > 45 HRC). It is used to replace the grinding process because of its preferable features such as having high accuracy, surface roughness, lower investment, creation of compressed residual stress, and not using cooling lubrication (Davim & Astakhov, 2011). Basic knowledge of each cutting tool material and its performance is important when making the correct selection. Recently, with the development of cutting tool materials, some new tool materials have been used in the hard turning process such as CBN, PCBN and ceramic (Smith & Smith, 1993). In where the CBN is the cutting tool material that can be used to machine the parts having the hardness more than 60 HRC or the parts also have irregular surfaces. The study of De Godoy & Diniz (2011) indicated that the cutting tool CBN is more effective than ceramic in the interrupted hard turning process. Oliveira et al. (2009) compared the surface roughness and the tool wear between the continuous and interrupted hard turning using PCBN insert. Other researchers analyzed the surface quality and the effect of cutting condition to the surface roughness in the interrupted hard turning

process using CBN inserts (Dogra et al., 2012; Pavel et al., 2005). Nevertheless, they just investigated the influence of the flank wear on the surface roughness. Also, the effects of the cutting speed and feed rate to the surface roughness and tool wear with workpiece had the hardness of 50 HRC only. However, these researches also used the low CBN, and the light interrupted workpieces. In this study, we adopted the fully interrupted workpieces with high hardness (60-62 HRC) and the high CBN inserts. The effects of all three cutting parameters and interactions between them to the surface roughness and the flank wear in the interrupted hard turning process were analyzed by the full factorial model.

## H. EXPERIMENT AND METHOD

In this research, the experiment is set up as figure 1. All the experiments were performed in the CNC turning centre QTS 200 made by Mazak Company in the Thai Nguyen university of technology's CNC lab. The CBN 7525 inserts of the Sandvik having CNGA120412S0153B-7525 code were used for this study. These inserts were made by CB7525 grade, a very tough grade and contain 90% CBN with fine grains in a ceramic binder, having Negative land and ER treated cutting edge. The workpieces are made by the hardened SKD11 steel (60HRC) and have dimension 60 mm x 110 mm. these workpieces have six axial slots cut before hardening. The chemical composition of SKD11 steel is shown in table 1.

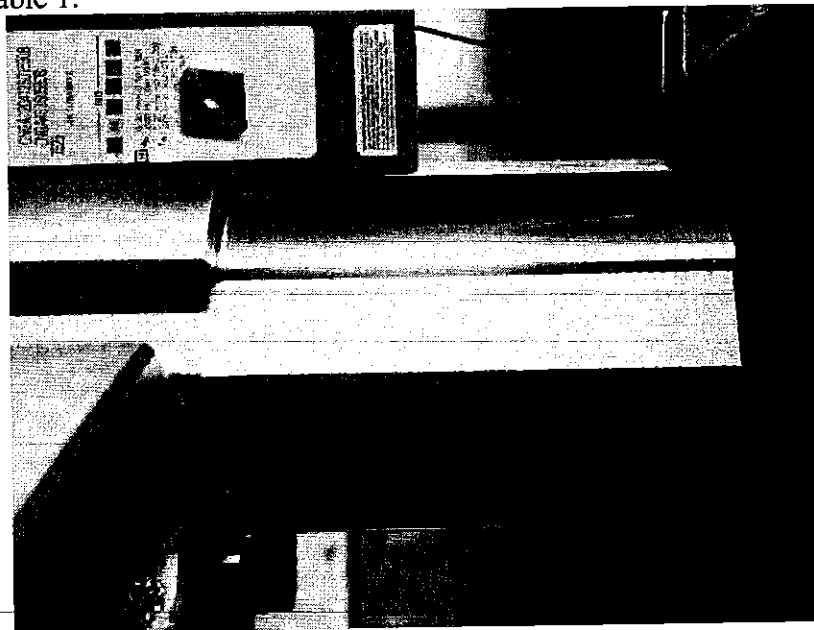


Figure 1. Devices using in the experiments

Table 1. Chemical composition of SKD11 steel

C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Fe
1.63	0.25	0.45	11.89	0.89	0.37	Balance

Minitab 18 Software (Minitab Inc., USA) is applied to build an experimental model for this research. A full factorial model was designed with input parameters and two levels. This experimental model has 10 experiments including 8 factorial points and 2 centre points, as figure 2. The ranges of the input parameters are given in table 2. The experimental matrix and the results of the surface roughness and the flank wear are shown in table 3. The experiments were performed with the same cutting length of 500m. The surface roughness is measured by the Mitutoyo's SJ210 roughness gauge

and the flank wear width is measured by the digital microscope of Keyence company after cutting the cutting length of 200m.

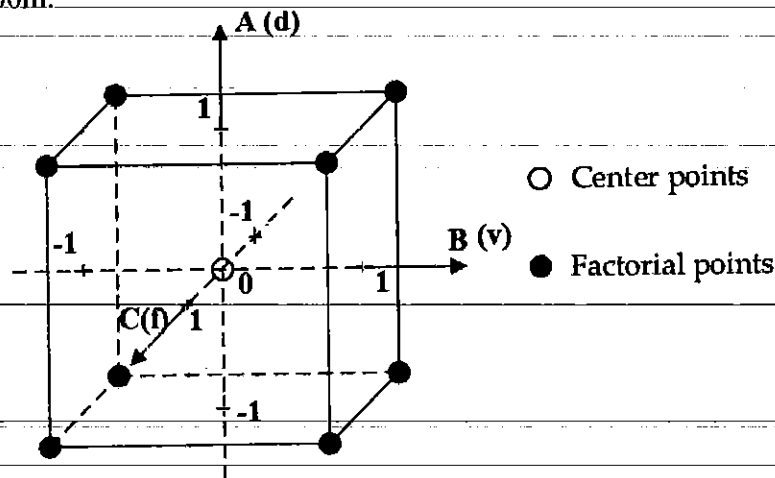


Figure 2. Full factorial design with two levels

Table 2 input parameters and their levels

Parameters	Units	Levels		
		-1	0	1
A – Depth of cut (d)	mm	0.1	0.15	0.2
B - Cutting speed (v)	m/min	120	140	160
C – Feed rate (f)	mm/rev	0.08	0.12	0.16

Table 3. Experimental matrix for full factorial design

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	d (mm)	V (m/min)	f (mm/rev)	Ra (µm)	VB (µm)
9	1	0	1	0.15	140	0.12	0.623	172
4	2	1	1	0.2	160	0.08	0.643	340
5	3	1	1	0.1	120	0.16	0.807	225.3
2	4	1	1	0.2	120	0.08	0.502	212.1
7	5	1	1	0.1	160	0.16	1.543	251.2
6	6	1	1	0.2	120	0.16	1.758	279.1
1	7	1	1	0.1	120	0.08	0.405	292.2
3	8	1	1	0.1	160	0.08	0.613	323.5
10	9	0	1	0.15	140	0.12	0.617	167
8	10	1	1	0.2	160	0.16	1.758	279.1

### III. RESULT AND DISCUSSION

#### Analysis of the effect of the cutting parameter on the surface roughness

The ANOVA analyses for the surface roughness were made with a meaningful level of 0.05 and shown in table 4. The analysis results show that all factors and interactions between them are significantly affected to the surface roughness in the interrupted hard turning process, as Figure 3. The feed rate is the most powerful effect on surface roughness, contributing up to 72.6%. The cutting speed, cutting depth, and interactions also significantly affect to the surface roughness but contribute less than 10%.

The effects of the cutting parameters to the surface roughness are observed in Figure 4. The result shows that the surface roughness increased rapidly with increasing the feed rate from 0.08 to 0.16. But when increasing the cutting speed or cutting depth, the surface roughness increased slower. The interacted effects of the cutting parameters to the surface roughness are described in Figure 5. With

the small feed rate (0.08 mm/rev) the surface roughness almost unchanged when increasing the cutting depth from 0.1 mm to 0.2 mm. However, with a large feed rate of 0.16 mm, the cutting depth affects greatly the surface roughness, the surface roughness increased by 50% when increasing the cutting depth from 0.1 to 0.2 mm. Similarly, the cutting depth affects powerfully the surface roughness when machining at a low cutting speed of 120 m/min, but affects weakly the surface roughness when turning at the high cutting speed of 160 m/min.

Table 3. Analysis of Variance for roughness surface

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	C%
Model	8	2.59584	0.32448	18026.65	0.006	
Linear	3	2.07016	0.69005	38336.3	0.004	
d	1	0.20898	0.20898	11610.06	0.006	8.9
V	1	0.14715	0.14715	8175.17	0.007	6.2
f	1	1.71403	1.71403	95223.67	0.002	72.6
2-Way Int.	3	0.23426	0.07809	4338.19	0.011	
d*V	1	0.0806	0.0806	4477.84	0.01	3.4
d*f	1	0.13494	0.13494	7496.67	0.007	5.7
V*f	1	0.01872	0.01872	1040.06	0.02	0.8
3-Way Int.	1	0.05595	0.05595	3108.06	0.011	
d*V*f	1	0.05595	0.05595	3108.06	0.011	2.4
Curvature	1	0.23547	0.23547	13081.61	0.006	
Error	1	0.00002	0.00002			
Total	9	2.59585				

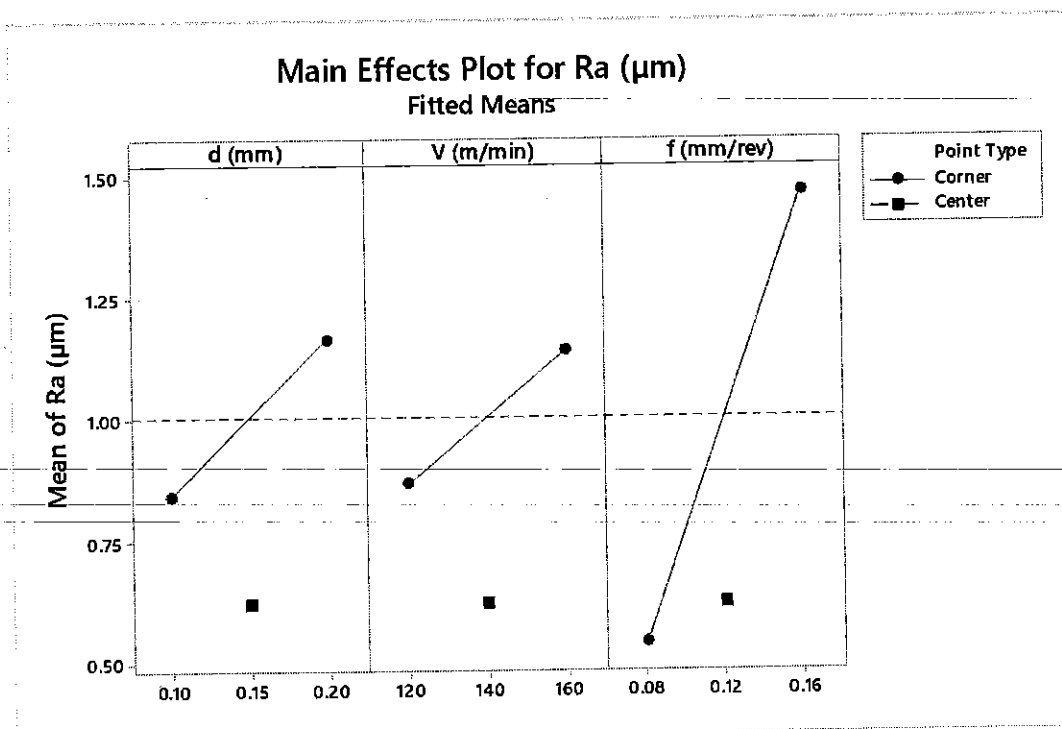


Figure 4. The main effects plot for the surface roughness



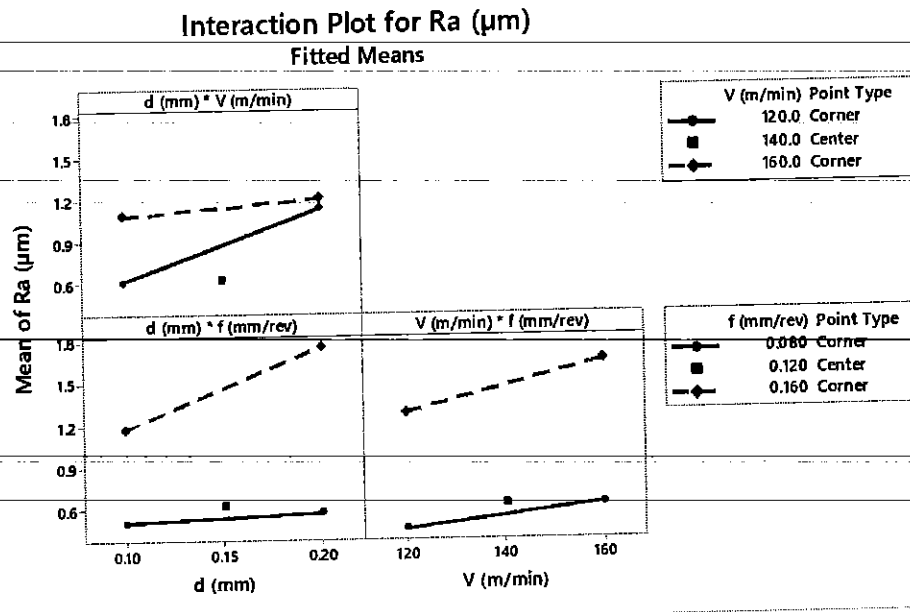


Figure 5. The interaction effect of the cutting parameter to the surface roughness  
 Analysis of the effects of the cutting parameters to the flank wear

The flank wear of the turning inserts is measured when machining with a cutting length of 500 m on a digital microscope. The ANOVA analysis for rear-wear is carried out with a mean of 0.05. The results of the ANOVA analysis for the flank wear are shown in table 5. The cutting speed, feed rate, the interaction V-f and d-f have P-value < 0.05, which means a significant effect on the flank wear in the interrupted hard turning process using CBN inserts. The results of ANOVA analysis also showed the need to investigate and use the curve model to describe the effect of the cutting parameters on the flank wear.

Table 5. Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	8	31812.9	3976.6	318.13	0.043
Linear	3	6538.2	2179.4	174.35	0.056
d (mm)	1	41.0	41.0	3.28	0.321
V (m/min)	1	4282.8	4282.8	342.62	0.034
f (mm/rev)	1	2214.5	2214.5	177.16	0.048
2-Way Interactions	3	5484.9	1828.3	146.26	0.061
d (mm)*V (m/min)	1	624.8	624.8	49.98	0.089
d (mm)*f (mm/rev)	1	2639.0	2639.0	211.12	0.044
V (m/min)*f (mm/rev)	1	2221.1	2221.1	177.69	0.048
3-Way Interactions	1	1875.8	1875.8	150.06	0.052
d (mm)*V (m/min)*f (mm/rev)	1	1875.8	1875.8	150.06	0.052
Curvature	1	17914.1	17914.1	1433.12	0.017
Error	1	12.5	12.5		
Total	9	31825.4			

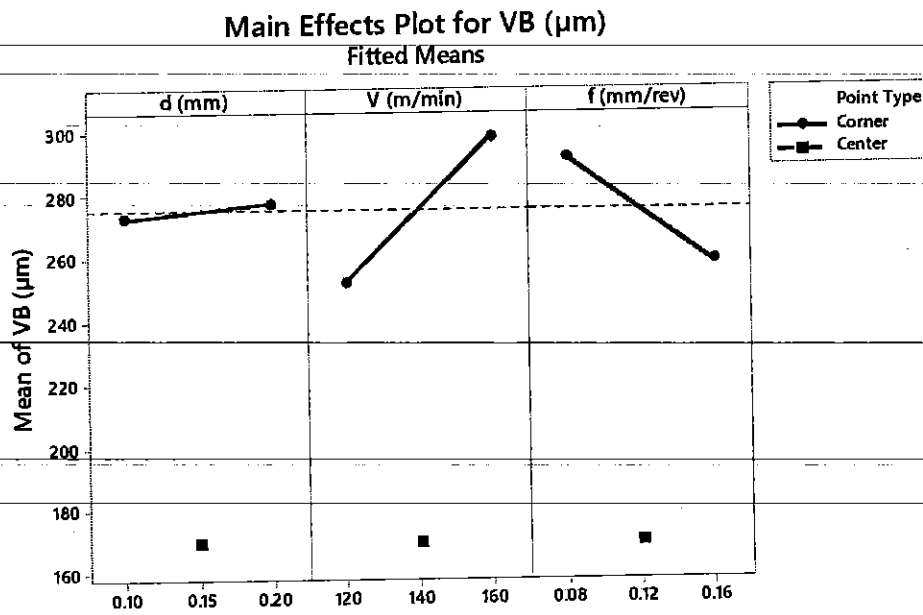


Figure 6. The main effects of the cutting parameters to the flank wear

Figure 6 describes the effects of the process parameters of cutting to the flank wear in the interrupted hard turning the hardened SKD11 steel (60HRC) using CBN inserts. The result shows that the cutting speed is the most influential factor in the flank wear. In the investigated range, the feed rate is also a significant effect on the flank wear but less. Cutting depth influences very little to the flank wear. The interacted effects between the cutting parameters to the flank wear were shown in figure 7. The results showed that the interaction of V&F and D&F was largely influenced on the flank wear. With a low cutting speed of 120 m/min, the flank wear does not change with increasing feed rate and depth of cut. With a cutting speed of 160 m/min, the flank wear increases with a reduction in the feed rate from 0.16 to 0.08 mm/rev and decreases with reducing the cutting depth from 0.2 mm to 0.1 mm. With a small cutting depth, the flank wear increases with the feed rate decreases to 0.08 mm/rev.

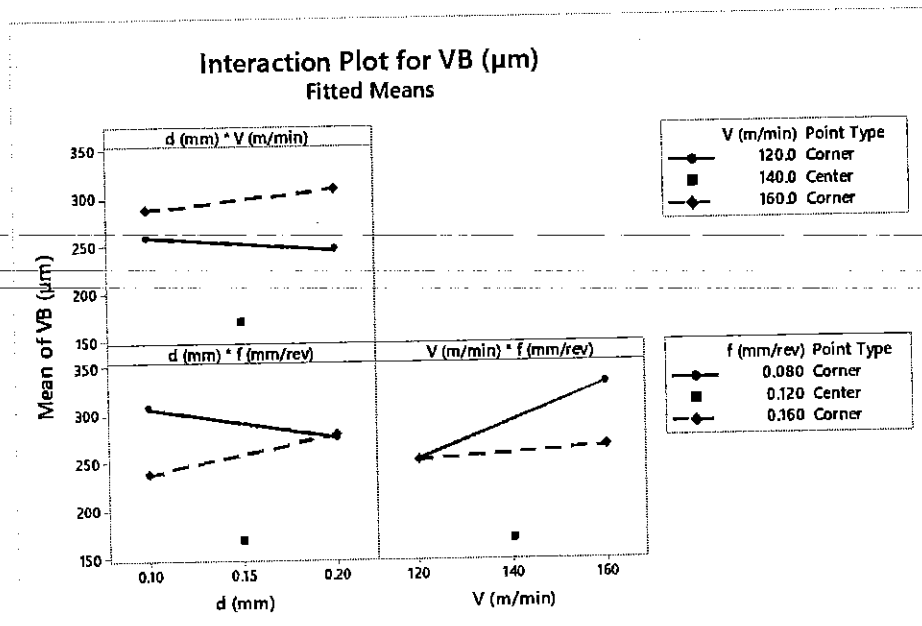


Figure 7. The interaction effects of the cutting parameters to the flank wear

#### IV. CONCLUSION

The effects of cutting parameters on the surface roughness and the flank wear in the interrupted hard turning process of hardened SKD11 (60HRC) using high CBN inserts have been analyzed by using the full factorial design. The feed rate is the most powerful factor effecting on the surface roughness, the surface roughness increase with increasing the feed rate. And the cutting speed strongly affects on the flank wear in the interrupted hard turning of SKD11 steel using high CBN inserts. The results also indicated that the lineal model is not suitable for describing the effect of the cutting parameters on the surface roughness and tool wear in the interrupted hard turning process using high CBN inserts. A response Surface Methodology design should be applied for determining the curve model to describe these effects.

**FUNDING:** This research was funded by Thai Nguyen University of Technology, Thai Nguyen University with the project number of T2019-B38

**ACKNOWLEDGEMENTS:** The study had the support of Thai Nguyen University of Technology, Thai Nguyen University with the project number of T2019-B38

**Conflict of interest:** The authors declare that they have no conflict of interest.

**Ethical statement:** The authors declare that they have followed ethical responsibilities

#### REFERENCES

- [1]. Davim, J. P., & Astakhov, V. P. (2011). Machining of Hard Metals.
- [2]. De Godoy, V. A. A., & Diniz, A. E. (2011). Turning of interrupted and continuous hardened steel surfaces using ceramic and CBN cutting tools. *Journal of Materials Processing Technology*, 211(6), 1014–1025. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2011.01.002>
- [3]. Dogra, M., Sharma, V., Sachdeva, A., & Suri, N. M. (2012). Tool life and surface integrity issues in continuous and interrupted finish hard turning with coated carbide and CBN tools. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 226(3), 431–444. <https://doi.org/10.1177/0954405411418589>
- [4]. Oliveira, A. J. de, Diniz, A. E., & Ursolino, D. J. (2009). Hard turning in continuous and interrupted cut with PCBN and whisker-reinforced cutting tools. *Journal of Materials Processing Technology*, 209(12–13), 5262–5270. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2009.03.012>
- [5]. Pavel, R., Marinescu, I., Deis, M., & Pillar, J. (2005). Effect of tool wear on surface finish for a case of continuous and interrupted hard turning. *Journal of Materials Processing Technology*, 170(1–2), 341–349. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2005.04.119>
- [6]. Smith, G. T., & Smith, G. T. (1993). Cutting Tool Technology. In *CNC Machining Technology*. [https://doi.org/10.1007/978-1-4471-1748-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4471-1748-3_2)

## ANALYSIS AND PREDICTION OF SURFACE ROUGHNESS IN FULLY INTERRUPTED HARD TURNING SKD11 STEEL USING HIGH CBN INSERTS

MINH TUAN NGO<sup>1</sup> & VI HOANG<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Lecturer of Faculty of Mechanical Engineering, Thai Nguyen University of Technology, Thai Nguyen City, Vietnam

<sup>2</sup>Associate Professor and Dean of Faculty of Mechanical Engineering, Thai Nguyen University of Technology,  
Thai Nguyen City, Vietnam

### ABSTRACT

Slitting with instrument steels of high-carbon as well as high-alloying elements (SKD11) steel on cutting tool with high accuracy, surface roughness, lower investment, creation of compressed residual stress, and not using cooling lubrication (Davim & Astakhov, 2011; Smith, 1993). The parts, made of alloy steel SKD11 and using of heat treatment, are increasingly utilized due to their high durability and abrasion resistance (Yuan et al., 2018). A large number of these parts also have irregular surfaces. The standard cutting tools for hard turning and interrupted turning process are made of CBN or ceramic with high hardness and chemical stability. It has been noticed that the slitting instrument CBN is more effective than ceramic in the interrupted hard turning process (De Godoy & Diniz, 2011; Oliveira et al., 2009). Several researchers investigated device wear and mechanism wear of CBN inserts in continuous and interrupted hard turning (Dogra et al., 2012; Pavel et al., 2002). The outcomes pointed out that the interrupted hard turning was a complex machining process with high cutting forces, temperature, and vibration. The surface roughness is an essential parameter for determining the accuracy and quality of parts in the interrupted hard turning. In the study, examination and predicted model of surface firmness of SKD11 steel in interrupted hard turning using indexed ceramic inserts were performed based on different process variables, namely, slitting speed, feed and depth of slit. The results showed the feed rate was the most important variable influencing the surface roughness in the machining process. Estimation of surface roughness is challenging with regard to the concurrent influence of slitting variables. Hence, a mathematical design was generated and relied upon the concurrent influence of depth, slitting speed as well as feed rate. Maximization of the slitting variables was identified by The Face Central Composition Design-Response Surface Methodology (RSM-FCCD). Particularly, surface roughness reached its minimum value of 0.308  $\mu\text{m}$  when the slitting speed was 120 m/min, feed rate 0.1 mm/rev and the depth of cut 0.15 mm. This minimum surface roughness was in good agreement to the measured  $R_a$  in the verified experiment.

**KEYWORDS:** Interruption, Discontinuous, Hard turning, Surface roughness & RSM-FCCD

Received: Jun 10, 2020; Accepted: Jun 30, 2020; Published: Jul 29, 2020; PaperId.: IJMPERDJUN2020517

### INTRODUCTION

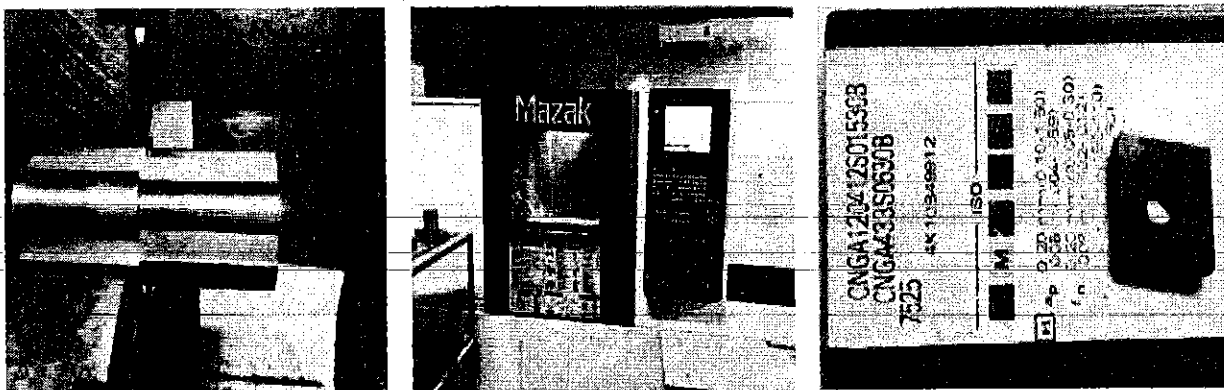
The firm turning procedure has commonly applied to machine the toughened alloy steel using high firmness (hardness  $> 45$  HRC). It is used to replace the grinding process because of its preferable features, such as having high accuracy, surface roughness, lower investment, creation of compressed residual stress, and not using cooling lubrication (Davim & Astakhov, 2011; Smith, 1993). The parts, made of alloy steel SKD11 and using of heat treatment, are increasingly utilized due to their high durability and abrasion resistance (Yuan et al., 2018). A large number of these parts also have irregular surfaces. The standard cutting tools for hard turning and interrupted turning process are made of CBN or ceramic with high hardness and chemical stability. It has been noticed that the slitting instrument CBN is more effective than ceramic in the interrupted hard turning process (De Godoy & Diniz, 2011; Oliveira et al., 2009). Several researchers investigated device wear and mechanism wear of CBN inserts in continuous and interrupted hard turning (Dogra et al., 2012; Pavel et al., 2002). The outcomes pointed out that the

tool wear mechanism of CBN inserts is diffusion and attrition. The mechanism wear occurs at low as well as medium-slitting speeds, whereas wear abrasion caused by diffusion occurs at high cutting speeds. However, these studies only adopted the low CBN and the light discontinuous workpieces. Other researchers analyzed the surface quality and the consequence of slitting condition to the surface roughness in the interrupted firm turning procedure utilizing CBN inserts (Dogra et al., 2012; Pavel et al., 2005). Nevertheless, they just analyzed the impact of the flank wear on the surface roughness. Also, the consequences of the slitting speed as well as feed rate to the surface roughness as well as device wear with workpiece had the hardness of 50 HRC only. Recently, Nayak & Sehgal (2019) analyzed the effect of slitting variables on shear forces and also device wear in the interrupted firm turning AISI D6 steel process. Their work developed a mathematical model that showed the effect of slitting variables on shear forces along with tool wear with CBN inserts. However, this research also used the low CBN, and the light interrupted workpieces.

In this study, we adopted the fully interrupted workpieces with high hardness (60-62 HRC) and the high CBN inserts. The effects of all three slitting variables and also interactions among them to the surface roughness in the interrupted hard turning process were examined by the RSM-FCCD model. In addition, a mathematical design predicting the surface roughness was constructed. Furthermore, the optimal parameters of the slitting process have been decided to make sure the smallest irregular surface.

## EXPERIMENTAL SET UP

The experimental process employed the workpieces made by SKD11 steel with the firmness of 60-62 HRC. The workpieces with the depth of 60 mm x length 100 mm were cut six grooved (fully interrupted) (Figure 1a). The dry machining process was carried out in the turning Center QTS-200 of Mazak (Figure 1b). The chemical mixture of the SKD11 workpiece was shown in Table 1. The Sandvik high CBN (7525 grade) inserts were used with code ISO CNGA120412S0123B-7525 (Figure 1c). The machining surface was measured by Mitutoyo's SJ210 roughness gauge (Figure 2).



a) SKD11 Workpiece

b) Machine tool

c) CBN inserts

Figure 1: Devices using in the Experiments

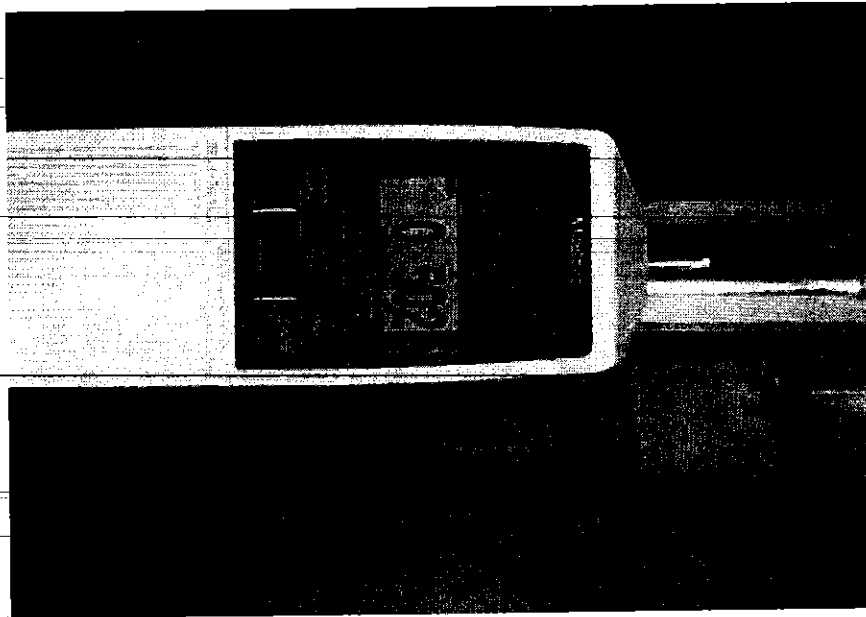


Figure 2: The Surface Roughness Tester

Table 1: Chemical Composition of SKD11-Steel

C	S	Mn	Cr	Mo	P
1.63	0.25	0.45	11.89	0.89	0.37
Balance					

In this study, three slitting variables were selected to study the irregular surface in the interrupted hard turning procedure, comprising of slitting speed, feed rate as well as depth of slit. In order to analyze the effect of the cutting parameters on the irregular surface, a 2k factorial experimental design was applied with eight corner points and two centre points (Figure 3a). After the ANOVA analysis for the irregular surface has performed by using the 2k investigational model, a reaction surface technique with face central composite design (RSM-FCCD model) was proposed with 6-star points around the center and added four center points (Figure 3b). The RSM-FCCD experimental model was utilized to examine the relationship between three input variables of the slitting process as well as the irregular surface, thereby identifying the suitable surface roughness prediction model.

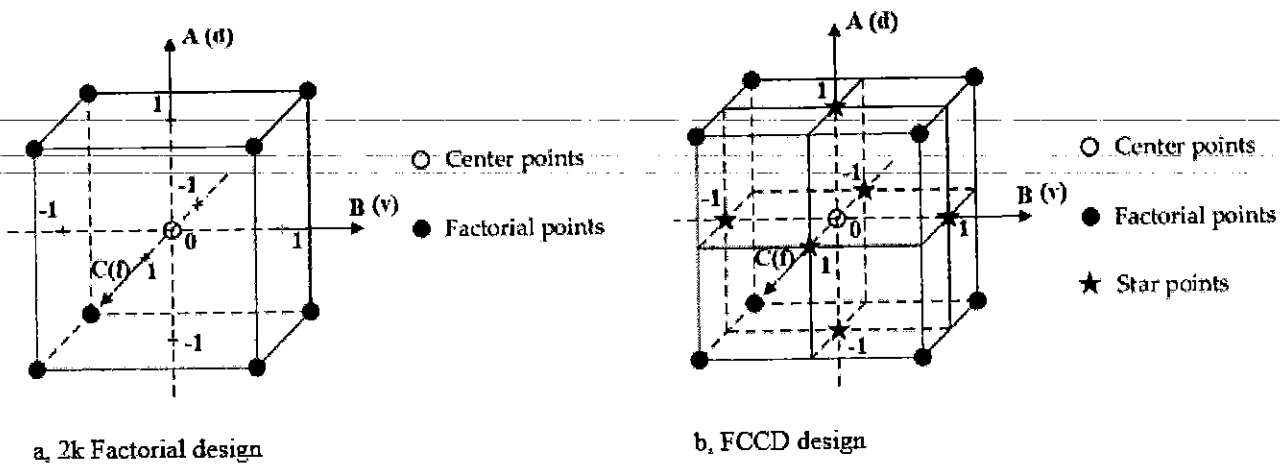


Figure 3: Experimental Model for Three Input Parameters, Namely A - Slitting Speed (V), B - Feed Rate (f), and C - Depth of Cut (d)

Minitab 18 software was used to design experiments, to analyze influences and to provide a regression model. Thereby, the experimental matrix was constructed for the RSM-FCCD model (Table 2). Based on the proposal of the slitting device manufacturer (Sandvik) and the outcomes of earlier studies, the value levels of the performed variables are laid out in

**Table 2: Experimental Matrix for the RSM-FCCD Design**

Run Order	Run Order	Depth of Cut	Cutting Speed	Feed Rate
19	1	0	0	0
17	2	0	0	0
7	3	-1	1	1
2	4	1	0	-1
18	5	0	0	0
8	6	1	1	1
6	7	1	-1	1
12	8	0	1	0
13	9	0	0	-1
4	10	1	1	-1
15	11	0	0	0
16	12	0	0	0
10	13	1	0	0
11	14	0	-1	0
9	15	-1	0	0
1	16	-1	-1	-1
5	17	-1	-1	1
20	18	0	0	0
3	19	-1	1	-1
14	20	0	0	1

**Table 3: Input Parameters and their Levels**

Parameters	Units	Levels		
		1	0	1
Depth of cut ( <i>d</i> )	mm	0.1	0.15	0.2
Cutting speed ( <i>V</i> )	m/min	120	140	160
Feed rate ( <i>f</i> )	mm/rev	0.08	0.12	0.16

## RESULTS AND DISCUSSIONS

### ANOVA Analysis for the Surface Roughness

The examinations are performed with random experimental order (runOrder) designed by Minitab 18 software. The surface roughness was measured at three different positions after machining (Table 4). The result of ANOVA test for the  $2^k$  experimental design was presented in Table 5. The survey factors and their interactions had an effect on the irregular surface. The outcomes also indicated that the linear model is significant. However, the curve model (curvature) is also significant, and hence DOF for the pure error is not enough. Therefore, the model obtained when using a  $2^k$  experimental design is not suitable for the irregular surface in interrupted firm turning process using CBN inserts. As a result, the RSM-FCCD experimental model was constructed. This analysis of ANOVA was performed with a significance level of 0.05 (If  $P \leq \alpha$ , the term is statistically significant) (Table 6).

Table 4: Experimental Results for Surface Roughness

Std Order	Run Order	d (mm)	V (m/min)	f (mm/rev)	Ra (µm)
19	1	0.15	140	0.12	0.617
17	2	0.15	140	0.12	0.623
7	3	0.1	160	0.16	1.543
2	4	0.2	120	0.08	0.502
18	5	0.15	140	0.12	0.651
8	6	0.2	160	0.16	1.758
6	7	0.2	120	0.16	0.859
12	8	0.15	160	0.12	0.432
13	9	0.15	140	0.08	0.231
4	10	0.2	160	0.08	0.643
15	11	0.15	140	0.12	0.625
16	12	0.15	140	0.12	0.627
10	13	0.2	140	0.12	0.687
11	14	0.15	120	0.12	0.645
9	15	0.1	140	0.12	0.751
1	16	0.1	120	0.08	0.405
5	17	0.1	120	0.16	0.807
20	18	0.15	140	0.12	0.622
3	19	0.1	160	0.08	0.613
14	20	0.15	140	0.16	1.46

The larger F-value indicated that the input factors or proposed model are much more influenced by the output parameters. The input factors had a significant effect on output factors when the P-value is less than  $\alpha = 0.05$ . Thus, in the investigated range, feed rate, slitting speed as well as its interaction affect the irregular surface strongly. Feed rate is the major significant cutting variable using the  $P > 0.05$  and 62.54% contribution. Slitting speed is the second most important variable using  $P = 0.012$  and a 12.06% contribution. The association among slitting speed and feed rate is a powerful effect using  $P = 0.032$  and 7.95% contribution. Meanwhile, depth of cut and other interactions had less effect on the surface roughness. These results were also shown in the Pareto diagram for surface roughness (Figure 4).

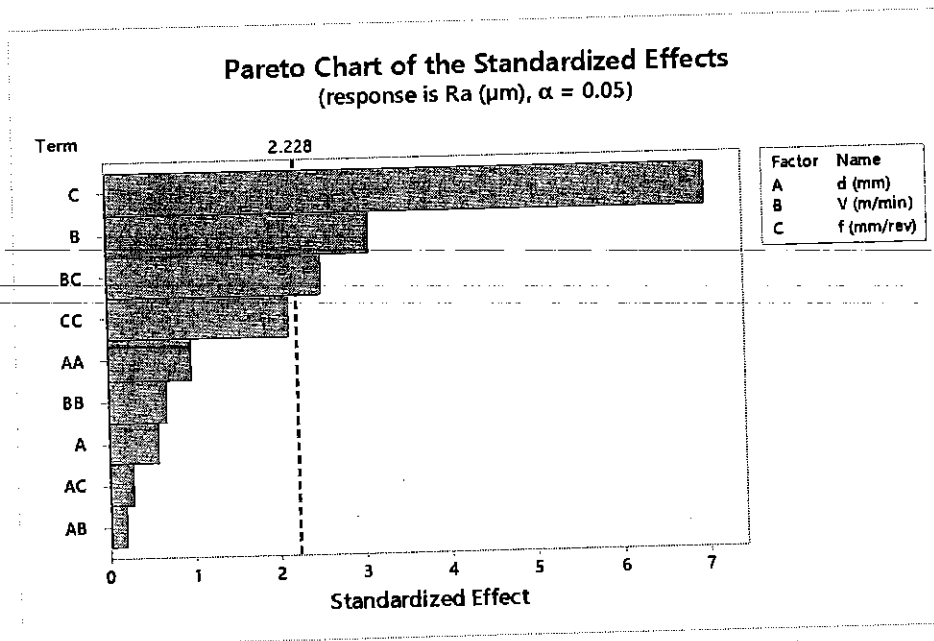


Figure 4: Pareto Chart for the Surface Roughness (Ra)



Table 5: Analysis of Variance for Factorial Design

Source	DF	Adj. SS	Adj. MS	F-Value	P-Value	
Model	8	1.82890	0.228612	12700.69	0.007	Significant
Linear	3	1.49424	0.498079	27671.08	0.004	
d (mm)	1	0.01940	0.019404	1078.03	0.019	
V (m/min)	1	0.49203	0.492032	27335.11	0.004	
f (mm/rev)	1	0.98280	0.982802	54600.11	0.003	
2-Way Interactions	3	0.21033	0.070109	3894.94	0.012	
d (mm)*V (m/min)	1	0.00115	0.001152	64.00	0.079	
d (mm)*f (mm/rev)	1	0.00245	0.002450	136.11	0.054	
V (m/min)*f (mm/rev)	1	0.20672	0.206724	11484.69	0.006	
3-Way Interactions	1	0.00661	0.006612	367.36	0.033	
d (mm)*V (m/min)*f (mm/rev)	1	0.00661	0.006612	367.36	0.033	
Curvature	1	0.11772	0.117722	6540.14	0.008	Significant
Error	1	0.00002	0.000018			
Total	9					

Table 6: Analysis of Variance for the RSM-FCCD Design

Source	DF	Adj. SS	Adj. MS	F-Value	P-Value	
Model	9	2.51932	0.27992	8.45	0.001	
Linear	3	1.95104	0.65035	19.63	0.000	
d (mm)	1	0.01089	0.01089	0.33	0.579	0.42
V (m/min)	1	0.31364	0.31364	9.47	0.012	12.06
f (mm/rev)	1	1.62651	1.62651	49.10	0.000	62.54
Square	3	0.35795	0.11932	3.60	0.054	
d (mm)*d (mm)	1	0.03162	0.03162	0.95	0.352	1.22
V (m/min)*V (m/min)	1	0.01476	0.01476	0.45	0.520	0.57
f (mm/rev)*f (mm/rev)	1	0.15023	0.15023	4.53	0.059	5.78
2-Way Interaction	3	0.21033	0.07011	2.12	0.162	
d (mm)*V (m/min)	1	0.00115	0.00115	0.03	0.856	0.04
d (mm)*f (mm/rev)	1	0.00245	0.00245	0.07	0.791	0.09
V (m/min)*f (mm/rev)	1	0.20672	0.20672	6.24	0.032	7.95
Error	10	0.08130	0.08130			3.13
Pure Error	5	0.00072	0.00014			
Total	19	2.60062				

### Effect of Input Parameters for Surface Roughness

The consequence of slitting speed, feed rate and depth of cut to the average value of the irregular surface was presented in Figure 5. The outcomes pointed that feed rate was the most powerful element for the irregular surface. In general, the irregular surface boosted the feed rate. More particularly, the surface roughness rose gradually with feed rates from 0.08 to 0.12 mm, and the irregular surface increased rapidly when feed rates grew from 0.12 to 0.16 mm. In the survey area, slitting speed affected the irregular surface dramatically. In interrupted firm turning, the surface roughness increased with slitting speed increasing from 120 m/min to 160 m/min. In the survey factors, depth of cut is the least powerful element for the irregular surface. The result showed the smallest irregular surface when depth of slit had the average value of 0.15 mm. Contour chart was constructed to describe the simultaneous consequence of slitting speed as well as feed rate to the irregular surface with the depth of cut of 0.15 mm. In case of slitting speed lower than 130 m/min, the irregular surface will

be smaller than  $0.5 \mu\text{m}$  when feed rate is lower than  $0.12 \text{ mm}$  (Figure 6). In case of cutting speed higher than  $130 \text{ m/min}$ , the irregular surface will be smaller than  $0.5 \mu\text{m}$  when the feed rate is lower than  $0.1 \text{ mm}$ .

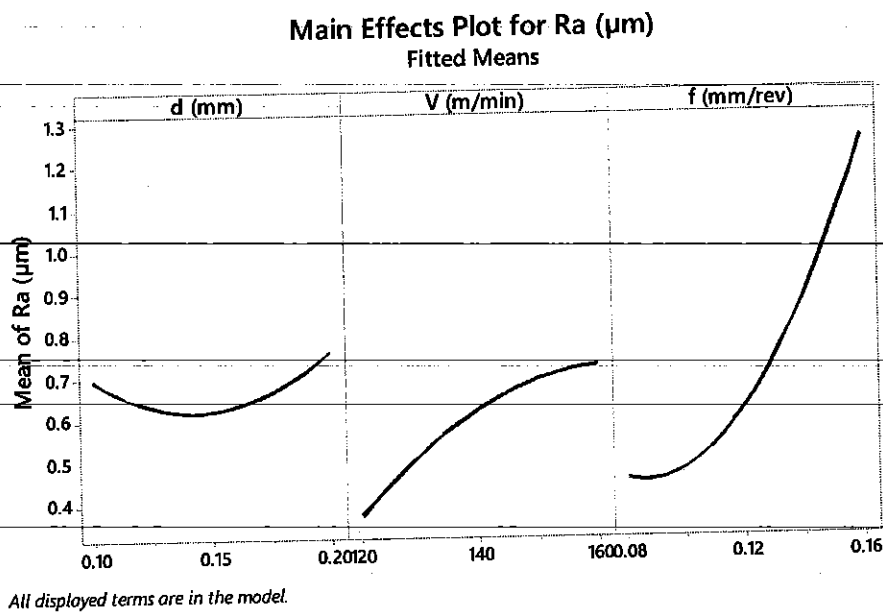


Figure 5: Main Effects Plot for Surface Roughness (Ra)

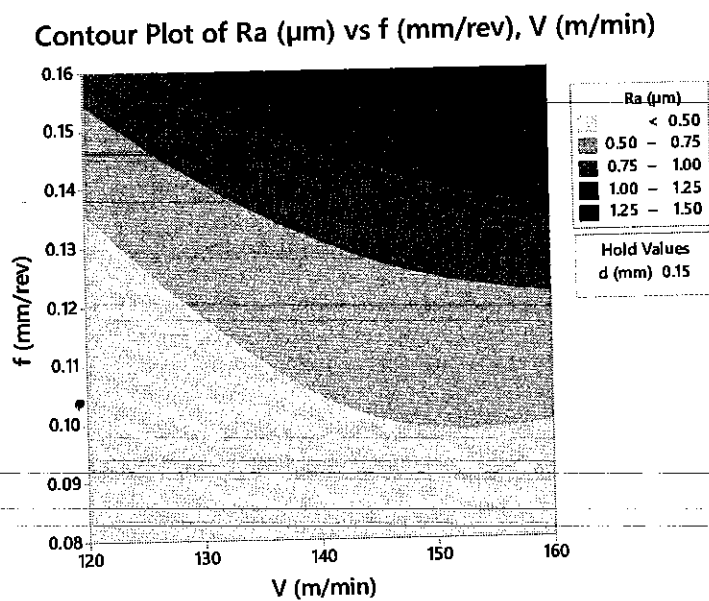
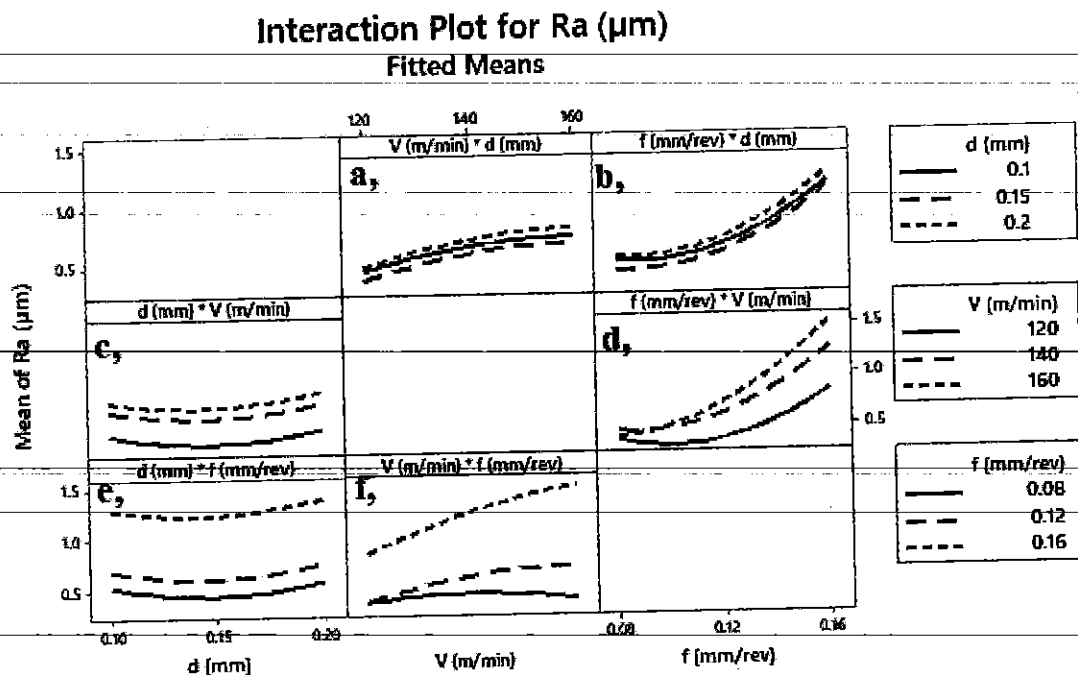


Figure 6: Contour Plot of the Surface Roughness



All displayed terms are in the model.

**Figure 7: Interaction Effect of the Surface Roughness (Ra)**

Figure 7 describes the interactive impact of the slitting parameters on the irregular surface in the interrupted firm turning. The results showed that only association among slitting speed as well as feed rate has crucial impact on the irregular surface (Figure 7 d-f). When feed rate is low, the average worth of the irregular surface barely changed with the increase of slitting speed (Figure 7d-f). When feed rate is 0.16 mm/rev, the irregular surface increased with the rise of slitting speed from 120 m/min to 160 m/min. The high feed rate and the sufficient large cutting layer area may be reasons that lead to a boost in the slitting force and a rapid increase of the irregular surface.

#### Optimization of the Surface Roughness

A second-order design was constructed to describe the association among the slitting parameters along with surface roughness with a reliability of 95% using the RSM-FCCD experimental model. The equation of the surface roughness in related to slitting speed, feed rate, and depth of slit are described in the following equation:

$$Ra = 1.34 - 14.9 * d + 0.0342 * V - 54.4 * f + 42.9 * d^2 - 0.000183 * V^2 + 146.1 * f^2 + 0.0120 * d * V + 8.7 * d * f + 0.2009 * V * f$$

where Ra (µm) is the irregular surface; V (m/min) is the slitting speed; f (mm/rev) is the feed rate; d (mm) is the cutting depth.

The appropriateness of the model is presented in Table 7. The results showed that 88.38 % of the differences in the survey factors were presented in the mathematical model. Moreover, the R-sq (pred) value was quite small, particularly 6.43 %. Therefore, this mathematical design was suitable for forecasting the irregular surface in the interrupted hard turning using high CBN inserts.

**Table 7: Model Summary**

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.182016	88.38%	77.92%	6.43%

The parameters of the cutting process, ensuring that the smallest surface roughness were defined by the optimized model using the RSM-FCCD design. The results of RSM-FCCD optimization for irregular surface were exhibited in Figure 8. The result showed that the irregular surface reached the least value of 0.3076  $\mu\text{m}$  with-slitting-speed-of 120 m/min, feed rate of 0.1 mm/min, and depth of slit of 0.15 mm. The verified experiment with the optimum cutting parameters has functioned to check the relevance of the results. The irregular surface is measured precisely after machining by digital microscope VHX-7000 by Kyence with surface roughness 0.33  $\mu\text{m}$  (Figure 8 and 9), with the difference of 7.28 % compared to the value obtained from the model.

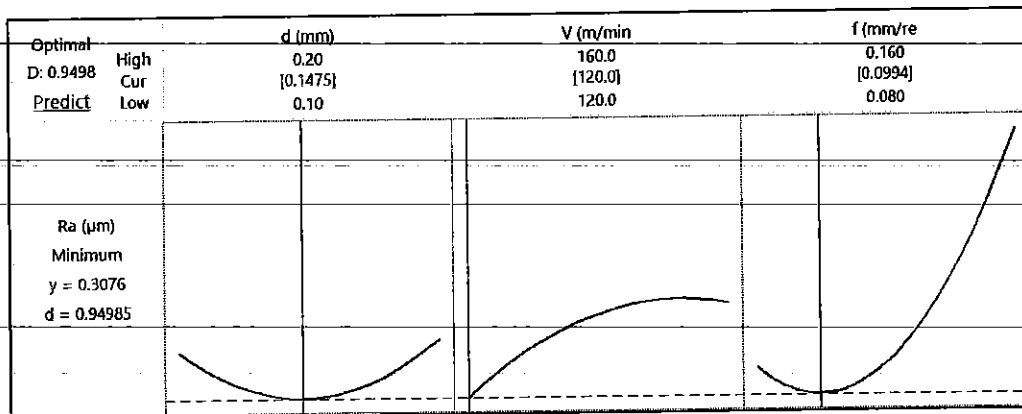


Figure 8: Response Optimization for the Surface Roughness (Ra)

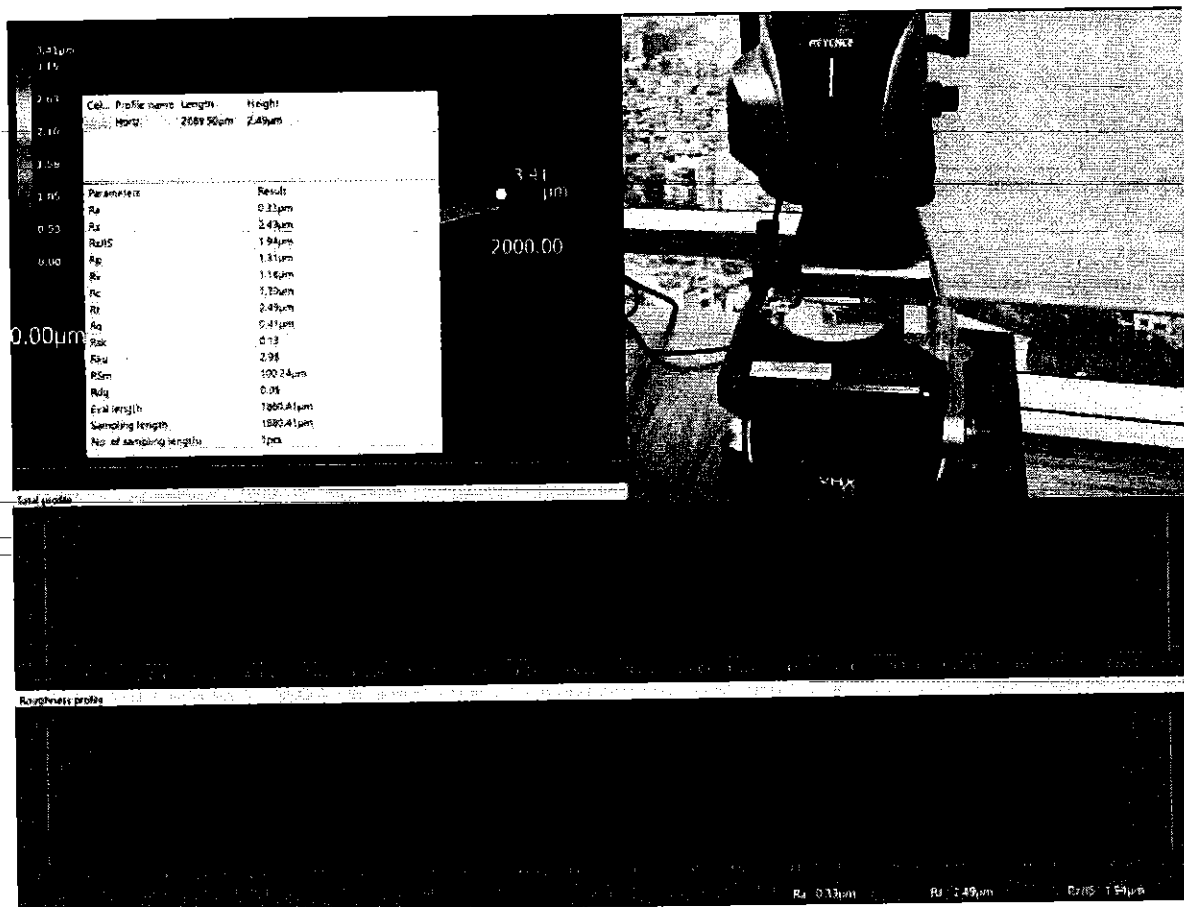


Figure 9: Measurement for the Verified Experiment Using VHX-7000 by Keyence

## CONCLUSIONS

The RSM-FCCD experimental model was proposed to analyze the consequence of slitting speed, the feed rate and depth of cut to the irregular surface in the interrupted firm turning process using CBN inserts. The outcomes highlighted that the amount of feed rate is the major powerful factor to the irregular surface in the interrupted hard turning process using CBN inserts. A predicted irregular surface model had constructed relied upon the input parameters of the cutting process. An optimized design for irregular surface was carried out to suggest the optimum set of parameters ( $V$  is 120 m/min,  $f$  is 0.1 mm/rev and  $d$  is 0.15mm). Furthermore, the verified experiment with the optimum cutting parameters was performed and indicated that the suggested design was appropriate.

## FINDINGS

The study was supported by Thai Nguyen University of Technology, Thai Nguyen University with the project number of T2019-B38

## ACKNOWLEDGEMENTS

The research had the assistance of Thai Nguyen University of Technology, Thai Nguyen University with the project number of T2019-B38

## REFERENCES

1. Davim, J. P., & Astakhov, V. P. (2011). *Machining of Hard Metals*.
2. DARSHAN, CHETAN, et al. "COMPARATIVE EVALUATION OF UNTEXTURED AND TEXTURED WC INSERTS UNDER DRY AND NEAR DRY MACHINING OF C45 STEEL." *International Journal of General Engineering and Technology (IJGET)* 6.5, Aug – Sep 2017; 1-16
3. De Godoy, V. A. A., & Diniz, A. E. (2011). Turning of interrupted and continuous hardened steel surfaces using ceramic and CBN cutting tools. *Journal of Materials Processing Technology*, 211(6), 1014–1025. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2011.01.002>
4. Dogra, M., Sharma, V., Sachdeva, A., & Suri, N. M. (2012). Tool life and surface integrity issues in continuous and interrupted finish hard turning with coated carbide and CBN tools. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 226(3), 431–444. <https://doi.org/10.1177/0954405411418589>
5. SIVARAMAN, VISWANATHAN, And SUBRAMANIAN PRAKASH. "OPTIMIZATION OF CUTTING PARAMETERS IN HARD TURNING OF AISI O1 STEEL USING PVD TiAlN COATED CARBIDE INSERT." *International Journal Of Mechanical And Production Engineering Research And Development (IJMPERD)* 10.1, Feb 2020, 459–468
6. Malagi, Ravindra R., Sanjeevkumar R. Chougula, and Ravira J. Shetty. "Prediction of cutting force in turning of ti-6al-4v under minimum quantity lubrication (Mql) using response surface model and fuzzy logic model." *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development* 8.6 (2018): 263-274.
7. Nayak, M., & Sehgal, R. (2019). Experiment Modeling of Response Parameters and CBN Tool Wear in Continuous and Interrupted Hard Turning of AISI D6 Steel. *Indian Journal of Science and Technology*, 12(19), 1–16. <https://doi.org/10.17485/ijst/2019/v12i19/143902>
8. Oliveira, A. J. de, Diniz, A. E., & Ursolino, D. J. (2009). Hard turning in continuous and interrupted cut with PCBN and whisker-reinforced cutting tools. *Journal of Materials Processing Technology*, 209(12–13), 5262–5270.

9. Shihan, Muhammed, et al. "Experimental Investigation and Design Optimization of Face Milling Parameters on Monel K-500 by Doe Concept." *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD)* 7.4 (2017): 403-410. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2009.03.012>.
10. Pavel, R., Marinescu, I., Deis, M., & Pillar, J. (2005). Effect of tool wear on surface finish for a case of continuous and interrupted hard turning. *Journal of Materials Processing Technology*, 170(1-2), 341-349. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2005.04.119>
11. Pavel, R., Sinram, K., Combs, D., Deis, M., & Marinescu, I. (2002). Surface Quality and Tool Wear in Interrupted Hard Turning of 1137 Steel Shafts. *ASPE 2002, Poster Session II, Abstract 953*.
12. Smith, G. T., & Smith, G. T. (1993). Cutting Tool Technology. In *CNC Machining Technology*. [https://doi.org/10.1007/978-1-4471-1748-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4471-1748-3_2)
13. Yuan, J., Fox-Rabinovich, G. S., & Veldhuis, S. C. (2018). Control of tribofilm formation in dry machining of hardened AISI D2 steel by tuning the cutting speed. *Wear*, 402-403(June 2017), 30-37. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2018.01.015>

## AUTHOR'S PROFILE



**Minh Tuan Ngo** was born in 1985, in Thai Nguyen city, Viet Nam. He completed B. Sc., M. Sc. and Ph. D. degrees from Ha Noi Science and Technology University in 2007, 2011 and 2018 respectively. He has worked as Design Engineer in Kosaka Seiki Company, Aichi province, Japan from the years of 2007 to 2009. And now, he works as a lecturer and researcher of Faculty of Mechanical Engineering in Thai Nguyen University of Technology, Vietnam. His main work is in gear hobbing process, Machining process optimization, Mechanical engineering, Hard machining process, CAD/CAM-CAE and Software in Mechanical engineering & Design of Experiments (DOE). He is a Reviewer for Vietnam Journal of Science and Technology (VJST), TNU Journal of Science and Technology. He authored/co-authored nearly 17 International Journal papers and International Conference papers.



**Vi Hoang** was born in 1963, in Nghe An province, Viet Nam. He received his Ph. D. from Thai Nguyen University of Technology in 2002. He works as a lecturer, researcher and Associate Professor of Faculty of Mechanical Engineering in Thai Nguyen University of Technology, Vietnam. His main research is in Gear hobbing process, Machining gear, Cutting process optimization, mechatronic and CAD/CAM-CAE. He is a Reviewer for Vietnam Journal of Science and Technology (VJST), TNU Journal of Science and Technology and Vietnam Mechanics Association & national journals and international journal of science. He authored/co-authored nearly 20 International Journal papers and International Conference papers.

