

STUDY ON THE FABRICATION OF TT10K8 CEMENTED CARBIDES BY POWDER METALLURGY

Vu Lai Hoang

TNU - University of Technology

ARTICLE INFO		ABSTRACT
Received:	02/6/2025	In this study, TT10K8 cemented carbides were prepared by powder metallurgy method. On the other hand, tantalum carbide (TaC) powder was synthesized by reduction method, simultaneous carbideization of tantalum oxide (Ta ₂ O ₅) with carbon and carbon content reached 5.98 ÷ 6.02% was used to prepare TT10K8 cemented carbides. The influence of sintering temperature on density, hardness and flexural strength was studied through corresponding measurements. After sintering at 1460 °C, resulting cemented carbides had a density of $\approx 13.15 \text{ g/cm}^3$, hardness of $\approx 91.5 \text{ HRA}$ and flexural strength of $\approx 1570 \text{ MPa}$. The results showed that TT10K8 cemented carbides by the study basically met the requirements for making metal cutting tools. To evaluate the machining ability of the TT10K8 cemented carbides of the study with the TT10K8-ZCC cemented carbides available on the market, experimental machining was performed on C45 structural steel through heat treatment with a hardness of about 62 HRC to determine the tool life, showing that the front and back wear of the tool were improved by 11.6% and 5% respectively.
Revised:	14/11/2025	
Published:	17/11/2025	
KEYWORDS		
TaC		
Cemented carbides		
Powder metallurgy		
Hardness		
Flexural strength		

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO HỢP KIM CỨNG MẮC TT10K8 BẰNG PHƯƠNG PHÁP LUYỆN KIM BỘT

Vũ Lai Hoàng

Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp – ĐH Thái Nguyên

THÔNG TIN BÀI BÁO		TÓM TẮT
Ngày nhận bài:	02/6/2025	Trong nghiên cứu này, hợp kim cứng TT10K8 được chế tạo bằng phương pháp luyện kim bột. Mặt khác, bột cacbit tatan (TaC) được tổng hợp bằng phương pháp hoàn nguyên, cacbit hóa đồng thời ôxít tantan (Ta ₂ O ₅) bằng cacbon và hàm lượng cacbon đạt được 5,98÷6,02% được sử dụng chế tạo hợp kim cứng TT10K8. Sự ảnh hưởng của nhiệt độ thiêu kết đến tỷ trọng, độ cứng và độ bền uốn đã được nghiên cứu qua các phép đo tương ứng. Sau khi thiêu kết ở nhiệt độ 1460 °C hợp kim cứng nhận được có tỷ trọng $\approx 13,15 \text{ g/cm}^3$, độ cứng $\approx 91,5 \text{ HRA}$ và độ bền uốn $\approx 1570 \text{ MPa}$. Kết quả nhận được cho thấy hợp kim TT10K8 do nghiên cứu chế tạo được về cơ bản đáp ứng yêu cầu làm dụng cụ cắt gọt kim loại. Để đánh giá khả năng gia công cắt gọt của hợp kim cứng TT10K8 của nghiên cứu với hợp kim cứng TT10K8-ZCC sẵn có trên thị trường, thực hiện gia công thử nghiệm đối với thép kết cấu C45 qua nhiệt luyện có độ cứng khoảng 62 HRC để xác định tuổi bền của dụng cụ, cho thấy lượng mòn mặt trước và mặt sau của dụng cụ đã được cải thiện 11,6% và 5% tương ứng.
Ngày hoàn thiện:	14/11/2025	
Ngày đăng:	17/11/2025	
TỪ KHÓA		
TaC		
Hợp kim cứng		
Luyện kim bột		
Độ cứng		
Độ bền uốn		

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.12954>

Email: hoangvl@tnut.edu.vn

<http://jst.tnu.edu.vn>

201

Email: jst@tnu.edu.vn

1. Giới thiệu

Hợp kim cứng (cemented carbides) là vật liệu composite bao gồm các hạt pha cứng phân tán trong nền kim loại dẻo, nổi bật với độ cứng cao, khả năng chống mài mòn và chịu nhiệt tốt. Trong đó, hệ hợp kim WC-Co được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp cắt gọt kim loại và khoan đá do sự kết hợp giữa pha WC có độ cứng cao và pha Co tạo độ bền dẻo [1] – [3]. Tuy nhiên, khi làm việc ở điều kiện cắt tốc độ cao hoặc nhiệt độ lớn, hợp kim WC-Co truyền thống thường suy giảm hiệu suất nhanh chóng [4] – [6]. Để nâng cao tính năng cơ học và khả năng chống mài mòn, nhiều nghiên cứu đã bổ sung các loại cacbit khác như cacbit titan (TiC), cacbit tantan (TaC) và cacbit niobi (NbC) nhằm cải thiện vi cấu trúc và kéo dài tuổi thọ dụng cụ [7] – [11]. Trong số đó, hợp kim hệ WC-TiC-TaC-Co được xem là một hướng đi tiềm năng với sự kết hợp giữa độ cứng cao, độ bền uốn tốt và khả năng làm việc ổn định dưới điều kiện khắc nghiệt [12] – [14].

Để đánh giá chất lượng của hợp kim cứng ứng dụng trong gia công cắt gọt thì thường dùng tiêu chuẩn tuổi bền của dụng cụ để xác định. Tuổi bền dụng cụ (T) là khoảng thời gian, tính bằng phút, trong đó lưỡi cắt, bị ảnh hưởng bởi quá trình cắt, vẫn giữ được khả năng cắt giữa các lần mài lại. Trong quá trình gia công cắt gọt, tuổi bền của dụng cụ cắt được coi là yếu tố quan trọng nhất. Đây là yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất và chất lượng của quá trình gia công. Bên cạnh đó, tuổi bền dụng cụ cắt còn có ý nghĩa quan trọng trong việc đánh giá chất lượng và độ tin cậy của dụng cụ trước khi được áp dụng và thương mại hóa [15].

Hợp kim cứng mác TT10K8 là loại hợp kim cứng thuộc hệ WC-Co-TiC-TaC, được tiêu chuẩn hóa theo GOST 3882-74 của Nga [16] và đang được sử dụng phổ biến tại Việt Nam trong chế tạo và gia công cơ khí chính xác. Tuy nhiên, phần lớn các sản phẩm hiện nay vẫn phụ thuộc vào nhập khẩu hoặc nguyên liệu ngoại nhập, làm gia tăng chi phí và hạn chế chủ động công nghệ. Nghiên cứu này nhằm thực hiện mục tiêu tổng hợp bột TaC từ Ta_2O_5 bằng phương pháp hoàn nguyên – cacbit hóa, hướng tới chủ động nguyên liệu. Phương pháp luyện kim truyền thống thường bị các khuyết tật khi đúc hay lẫn tạp chất trong quá trình nấu luyện, đây là nguyên nhân làm giảm cơ tính của hợp kim. Do đó, nghiên cứu đã lựa chọn chế tạo TT10K8 bằng phương pháp luyện kim bột để có thể khắc phục được các nhược điểm trên.

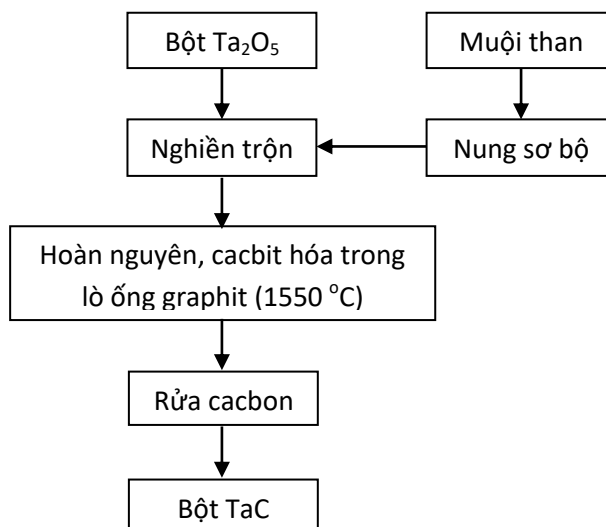
Để đánh giá chất lượng vật liệu dụng cụ trong gia công cắt gọt thường sử dụng chỉ tiêu tuổi bền, tốc độ mòn, nhiệt độ vùng cắt, độ nhám bề mặt sau gia công, độ rung.... Tuy nhiên, tuổi bền dụng cụ vẫn được coi là chỉ tiêu tổng hợp và trực tiếp nhất thể hiện khả năng chịu mòn và độ tin cậy của dụng cụ. Do đó, nghiên cứu này chọn tiêu chí tuổi bền để đánh giá chất lượng hợp kim khi tiện thép kết cấu (thép C45) trong lĩnh vực cơ khí.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Chế tạo bột TaC

Qua nghiên cứu tài liệu, tác giả chọn phương án chế tạo TaC theo phương pháp hoàn nguyên, cacbit hóa đồng thời ôxit tantan (Ta_2O_5) bằng cacbon. Sơ đồ công nghệ chế tạo được thể hiện trên Hình 1. Việc chuẩn bị nguyên liệu ban đầu có ý nghĩa quan trọng đối với chất lượng cacbit chế tạo được nên tác giả đã chọn bột Ta_2O_5 của hãng Kanto Chemical (Nhật Bản) có độ sạch 99,99% để tiến hành nghiên cứu. Muội than dùng để hoàn nguyên và cacbit hóa trước khi trộn đã được nung sơ bộ ở 800 °C trong môi trường H_2 để khử các chất bốc và tạp chất dễ bay hơi. Sau đó bột Ta_2O_5 và muội than được nghiền trộn 8 giờ trong máy nghiền bi trước khi đem cacbit hóa.

Hỗn hợp bột Ta_2O_5 và muội than sau khi nghiền trộn được đựng trong thuyền graphit để đưa hoàn nguyên cacbit hóa trong lò Taman. Quá trình hoàn nguyên được tiến hành ở 1550 °C trong dòng khí H_2 khô và sạch, thời gian nung 2 giờ. Bột cacbit nhận được sau khi tổng hợp thường chứa một lượng cacbon dư, do vậy sau khi cacbit hóa bột thu được cần tiến hành rửa cacbon theo phương pháp lắng trọng lực bằng cồn 90° trong máy lọc ly tâm. Do chênh lệch tỷ trọng nên bột TaC lắng xuống còn cacbon tự do nhẹ hơn nổi ở trên được lọc đi. Bột sau khi lọc rửa cacbon được sấy khô ở 70 °C.



Hình 1. Sơ đồ công nghệ chế tạo bột TaC

2.2. Chế tạo hợp kim cứng TT10K8

Để chế tạo hợp kim cứng mác TT10K8 cần phối liệu theo trọng lượng của các thành phần, gồm 82% bột WC và 8% bột Co (bột WC và Co có nguồn gốc của Trung Quốc), 3% bột TiC (của công ty Sigma-Aldrich Co., Hoa Kỳ) có kích thước hạt trung bình $60 \div 63 \mu\text{m}$ và 7% bột TaC là sản phẩm đã chế tạo được của nghiên cứu. Hỗn hợp bột được nghiền ướt bằng cồn tuyệt đối trong máy nghiền bi theo tỷ lệ trọng lượng bi/bột là 3/1, thời gian nghiền 72 giờ.

Hỗn hợp bột sau khi nghiền được sấy trong 1 giờ ở nhiệt độ 60°C sau đó tẩm chất kết dính. Hỗn hợp bột sau khi tẩm được sấy ở nhiệt độ 60°C để giảm bớt độ ẩm, sau đó được tạo hạt qua rây thành các hạt dạng cầu có đường kính $\approx 0,10 \div 0,15 \text{ mm}$. Bột sau khi tạo hạt được ép nguội tạo hình trong khuôn làm bằng thép hợp kim với áp lực ép $1,5 \text{ tấn/cm}^2$. Các mẫu bột sau khi ép tạo hình được sấy ở nhiệt độ 100°C trong 10 giờ để khử ẩm và thoát khí. Nhiệt độ thiêu kết TT10K8 nằm trong khoảng từ $0,7 \div 0,9$ nhiệt độ nóng chảy của Co nên ở trong khoảng $1400 \div 1500^\circ\text{C}$. Do đó, các mẫu được thiêu kết trong lò Taman trong môi trường khí H_2 , tiến hành ở các nhiệt độ 1420°C , 1440°C , 1460°C và 1480°C và thời gian giữ nhiệt 1 giờ.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

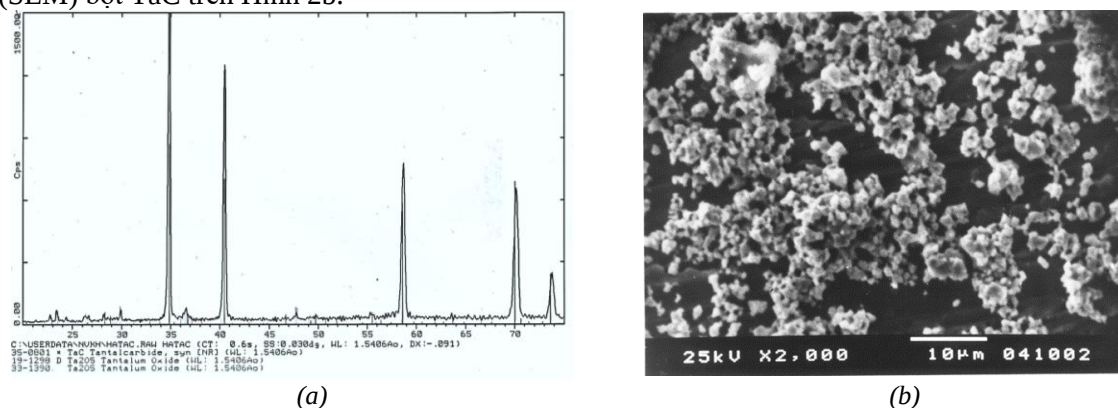
Bột và hỗn hợp bột của nghiên cứu được xác định thành phần và đặc tính bằng phương pháp phân tích nhiễu xạ tia X (XRD, D5005, Siemens, Đức) và kính hiển vi điện tử quét (SEM, JSM 6490, JEOL, Nhật Bản). Tỷ trọng của sản phẩm được xác định bằng phương pháp Ác-si-mét trên thiết bị (AND GR-202, Nhật Bản). Độ cứng của sản phẩm được xác định bằng thiết bị đo độ cứng Vickers AVK-CO (Mitutoyo, Nhật Bản). Độ bền uốn của hợp kim cứng được xác định trên thiết bị MTS 809 (Hoa Kỳ).

Để đánh giá khả năng cắt của dụng cụ, nghiên cứu thực hiện đánh giá thông qua chỉ tiêu tuổi bền dụng cụ gồm lượng mòn mặt trước và lượng mòn mặt sau. Trong nghiên cứu thực nghiệm đã tiến hành so sánh tuổi bền giữa hai loại dụng cụ cắt sử dụng mảnh hợp kim đã được chế tạo bằng công nghệ luyện kim bột (TT10K8-VN) và mảnh hợp kim có sẵn trên thị trường do Trung Quốc sản xuất (TT10K8-ZCC). Các nghiên cứu thực nghiệm được thực hiện trên máy tiện với mô hình tiện trụ ngoài trên vật liệu thép cacbon kết cấu C45 qua nhiệt luyện.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả nghiên cứu tổng hợp TaC

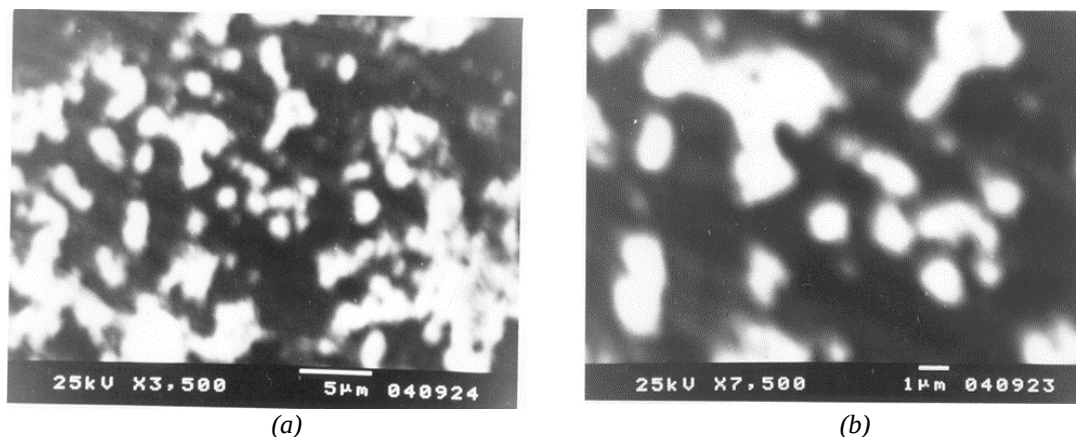
Bột TaC được chế tạo theo phương pháp hoàn nguyên, cacbit hóa đồng thời Ta_2O_5 . Bột cacbit thu được qua phân tích Ronghen cho thấy dạng hợp chất hóa học đúng là TaC, hàm lượng cacbon đạt được $5,98 \pm 6,02\%$ được thể hiện trong Hình 2a. Ngoài ra, bột TaC được chụp ảnh tổ chức để đánh giá kích thước hạt bột cacbit. Kết quả, phân tích được thể hiện trên ảnh hiển vi điện tử quét (SEM) bột TaC trên Hình 2b.



Hình 2. Giải đồ nhiễu xạ tia X (a) và Ảnh hiển vi điện tử quét (b) bột TaC sau chế tạo

Từ ảnh hiển vi điện tử quét bột TaC ở Hình 2b cho thấy kích thước hạt cacbit thu được đạt trong khoảng $2 \div 4 \mu m$. Kích thước hạt bột này đảm bảo yêu cầu làm nguyên liệu để chế tạo hợp kim cứng họ WC-TiC-TaC-Co của nghiên cứu.

3.2. Kết quả nghiên cứu hợp kim TT10K8



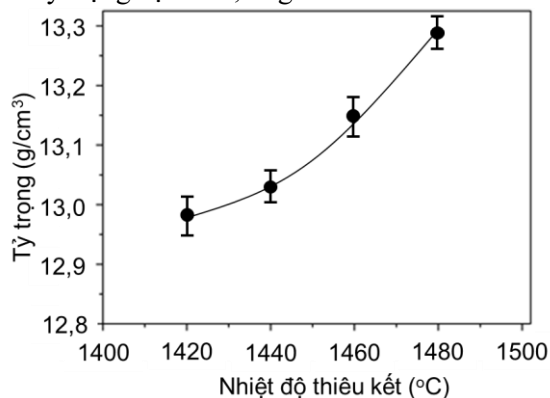
Hình 3. Ảnh hiển vi điện tử quét (SEM) hỗn hợp bột TT10K8 sau khi nghiền 72 giờ: a) $\times 3.500$; b) $\times 7.500$

Hỗn hợp bột nhận được sau khi nghiền được chụp ảnh hiển vi điện tử quét, kết quả thể hiện trên Hình 3. Từ kết quả trên Hình 3, cho thấy cỡ hạt trung bình đạt được khoảng $1 \div 2 \mu m$, bột được phân tán đều và mịn. Kích thước hạt bột, sự đồng đều này đảm bảo yêu cầu cho quá trình tiếp theo để chế tạo hợp kim cứng họ WC-TiC-TaC-Co của nghiên cứu là ép và thiêu kết.

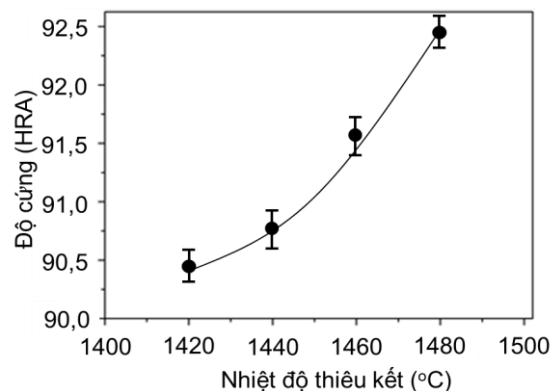
Hỗn hợp bột sau nghiền trộn được đưa ép nguội tạo hình trong khuôn thép hợp kim với áp lực ép $1,5 \text{ tấn/cm}^2$. Phôi sau khi ép phải đảm bảo không bị nứt hay phân lớp và được thiêu kết ở các nhiệt độ $1420^\circ C$, $1440^\circ C$, $1460^\circ C$ và $1480^\circ C$ với thời gian giữ nhiệt trong 1 giờ. Mẫu sau thiêu kết được phân tích đánh giá tỷ trọng, độ cứng và độ bền uốn. Kết quả ảnh hưởng của nhiệt độ thiêu kết đến tỷ trọng của hợp kim cứng TT10K8 được trình bày trên Hình 4, ảnh hưởng của

nhệt độ thiêu kết đến độ cứng của hợp kim cứng TT10K8 được trình bày trên Hình 5, ảnh hưởng của nhiệt độ thiêu kết đến độ bền uốn của hợp kim cứng TT10K8 được trình bày trên Hình 6.

Từ kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ thiêu kết đến tỷ trọng trong Hình 4 của hợp kim cứng TT10K8, cho thấy, khi nhiệt độ thiêu kết tăng thì tỷ trọng của sản phẩm tăng. Khi thiêu kết ở nhiệt độ 1420 °C, tỷ trọng của sản phẩm đạt khoảng 13 g/cm³, ở nhiệt độ thiêu kết 1460 °C thì tỷ trọng đạt $\approx 13,15$ g/cm³ và khi thiêu kết ở nhiệt độ 1480 °C thì tỷ trọng đạt $\approx 13,3$ g/cm³.

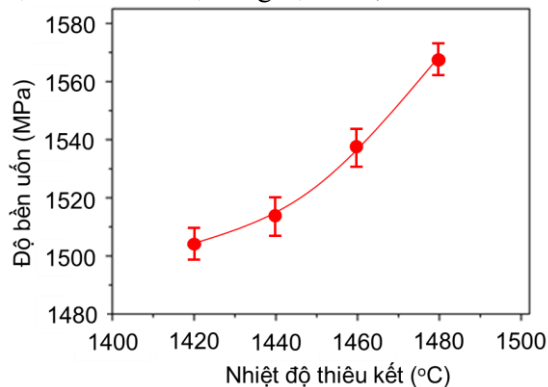


Hình 4. Ảnh hưởng của nhiệt độ thiêu kết đến tỷ trọng của hợp kim cứng TT10K8

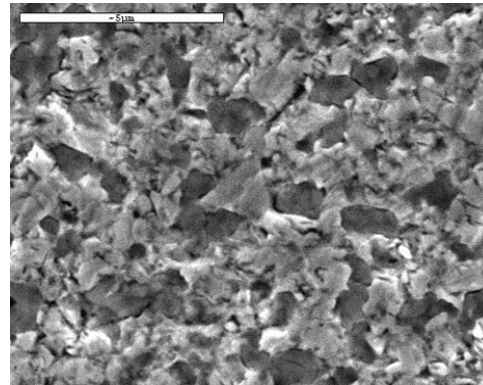


Hình 5. Ảnh hưởng của nhiệt độ thiêu kết đến độ cứng của hợp kim cứng TT10K8

Hình 5 trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ thiêu kết đến độ cứng của hợp kim cứng TT10K8, cho thấy nhiệt độ thiêu kết đã ảnh hưởng đến độ cứng của sản phẩm. Khi nhiệt độ tăng thì độ cứng của sản phẩm tăng, ở nhiệt độ 1420 °C độ cứng của sản phẩm đạt khoảng 90,5 HRA, ở nhiệt độ thiêu kết 1460 °C độ cứng đạt $\approx 91,5$ HRA và khi thiêu kết ở nhiệt độ 1480 °C thì độ cứng đạt $\approx 92,5$ HRA.



Hình 6. Ảnh hưởng của nhiệt độ thiêu kết đến độ bền uốn của hợp kim cứng TT10K8



Hình 7. Ảnh hiển vi điện tử quét hợp kim cứng TT10K8 thiêu kết ở nhiệt độ 1460 °C

Từ kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ thiêu kết đến độ bền uốn trong Hình 6 của hợp kim cứng TT10K8, cho thấy, khi nhiệt độ thiêu kết tăng thì độ bền uốn của sản phẩm tăng. Khi thiêu kết ở nhiệt độ 1420 °C độ bền uốn của sản phẩm đạt trên 1500 MPa một khoảng nhỏ, ở nhiệt độ thiêu kết 1460 °C độ bền uốn đạt khoảng 1540 MPa và khi thiêu kết ở nhiệt độ 1480 °C thì độ bền uốn đạt ≈ 1570 MPa. Để đánh giá kết quả đạt được như trên của TT10K8, nghiên cứu thực hiện phân tích bằng phương pháp chụp ảnh hiển vi điện tử quét sản phẩm sau thiêu kết và được thể hiện trong Hình 7. Từ ảnh hiển vi điện tử quét hợp kim TT10K8 sau thiêu kết, có thể thấy vai trò ức chế quá trình phát triển hạt của TaC khi thấy rõ kích thước hạt trung bình tương đương với kích thước hạt bột sau khi nghiền ($1\div 2$ μm), các pha phân bố tương đối đồng đều.

Từ kết quả trung bình của các thông số phân tích, đánh giá được đối sánh với tiêu chuẩn GOST 3882-74 đối với TT10K8 [16], thì các sản phẩm nhận đạt yêu cầu về độ cứng còn độ bền

uốn và tỷ trọng thấp hơn tiêu chuẩn của Nga có thể trong hợp kim cứng còn xuất hiện lỗ xốp dẫn đến mật độ chưa cao do ảnh hưởng của một số yếu tố công nghệ, thiết bị. Để khắc phục nhược điểm trên, thì các nghiên cứu tiếp theo cần kiểm soát nguồn nguyên liệu đầu vào, điều chỉnh quá trình nghiền trộn cho phù hợp, lựa chọn quá trình ép phù hợp, thiêu kết trong môi trường chân không hoặc chế tạo bằng phương pháp ép nóng để có thể đạt mật độ lý thuyết. Tuy vậy, hợp kim TT10K8 do nghiên cứu chế tạo được về cơ bản đáp ứng yêu cầu làm dụng cụ cắt gọt kim loại.

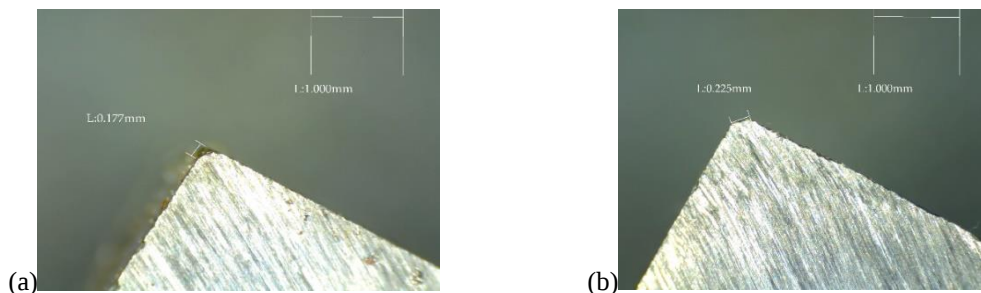
3.3. Kết quả thử nghiệm gia công cơ khí

Sau khi chế tạo thành công hợp kim cứng mác TT10K8 (sau đây ký hiệu là TT10K8-VN), tác giả đã tiến hành thử nghiệm hợp kim cứng thiêu kết ở nhiệt độ 1460 °C gia công tiện thép C45 sau nhiệt luyện có độ cứng ≈ 60 HRC. Để đánh giá chất lượng sản phẩm, nghiên cứu đã tiến hành đối sánh với hợp kim có sẵn trên thị trường do Trung Quốc sản xuất (TT10K8-ZCC). Quá trình nghiên cứu thử nghiệm được xây dựng theo phương pháp Taguchi sử dụng ma trận trực giao L9 (3^4) gồm 9 thí nghiệm với các thông số chi tiết thể hiện trong Bảng 1.

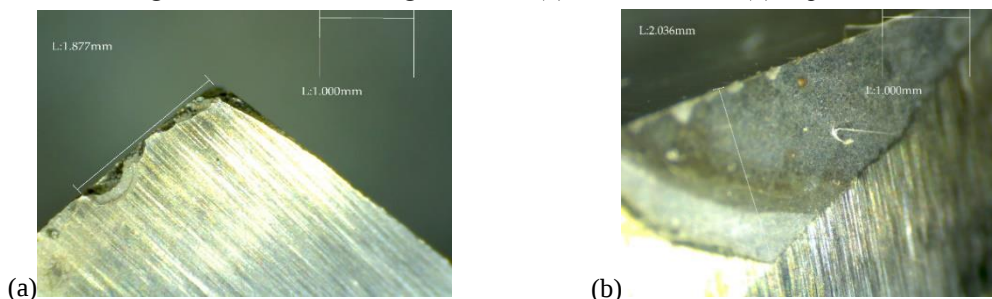
Bảng 1. Thông số nghiên cứu thử nghiệm

Thí nghiệm	Độ dài phôi (mm)	Thời gian cắt (phút)	Lượng tiến dao thẳng (mm/phút)
1	600	10	50
2	600	20	70
3	600	30	90
4	600	30	75
5	600	10	105
6	600	20	135
7	600	20	100
8	600	30	140
9	600	10	180

3.3.1. Đánh giá mòn mặt trước



Hình 8. Lượng mòn mặt trước ở thí nghiệm thứ 1 (a) TT10K8-VN và (b) hợp kim TT10K8-ZCC

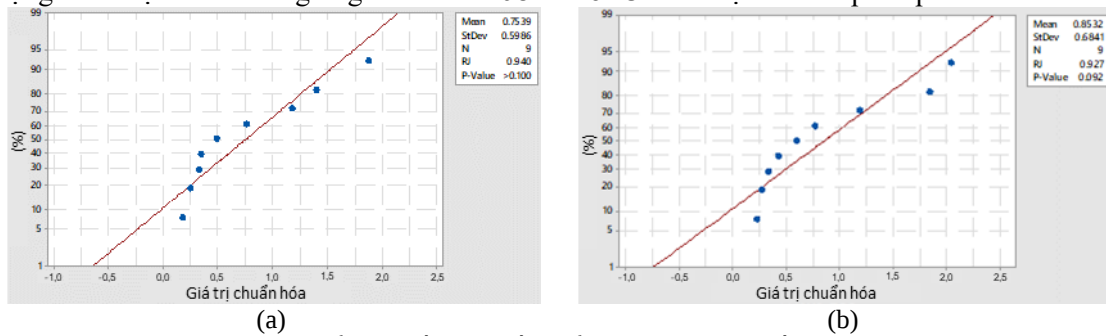


Hình 9. Lượng mòn mặt trước ở thí nghiệm thứ 9 (a) TT10K8-VN và (b) hợp kim TT10K8-ZCC

Để đánh giá và so sánh lượng mòn mặt trước, nghiên cứu thực hiện phương pháp đo mòn theo tiêu chuẩn ISO 3685:1993 [17]. Sau khi gia công, các dụng cụ được chụp ảnh bằng kính hiển vi điện tử để quan sát và đo lượng mòn mặt trước. Lượng mòn mặt trước của dụng cụ trong 9 thí

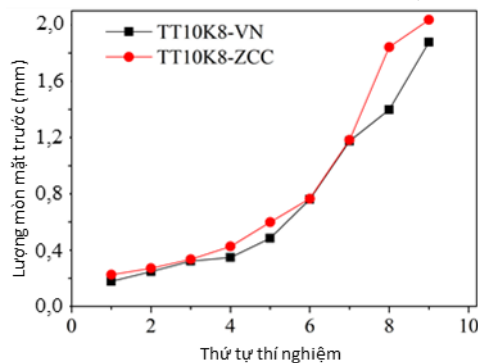
nghiệm được đo theo độ rộng của vết mòn, cụ thể lượng mòn mặt trước của thí nghiệm thứ 1 được thể hiện trên Hình 8 và của thí nghiệm thứ 9 được thể hiện trên Hình 9.

Để đánh giá tính phân phối chuẩn của dữ liệu lượng mòn mặt trước khi sử dụng mảnh dao TT10K8-VN, phép kiểm định Shapiro–Wilk được áp dụng. Kết quả cho thấy giá trị p lớn hơn 0,100 và không có bằng chứng thống kê để bác bỏ giả thuyết rằng dữ liệu tuân theo phân phối chuẩn. Kết quả này được củng cố bởi biểu đồ xác suất chuẩn (Hình 10a), các điểm dữ liệu nằm gần đường tham chiếu mà không có dấu hiệu lệch hoặc điểm ngoại lai. Do đó, có thể thấy dữ liệu lượng mòn mặt trước tương ứng với mảnh dao TT10K8-VN được xem là phân phối chuẩn.

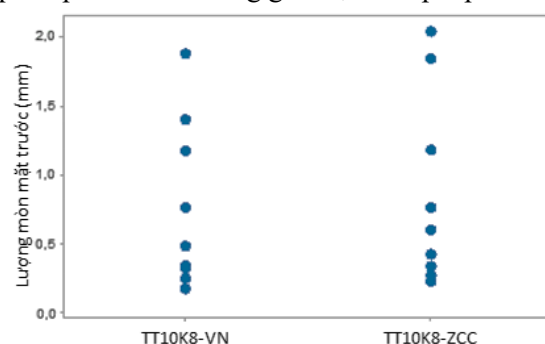


Hình 10. Dữ liệu kiểm tra về phân bố chuẩn và phương sai đối với mòn mặt trước
(a) TT10K8-VN và (b) hợp kim TT10K8-ZCC

Tương tự đối với tập dữ liệu của mảnh dao TT10K8-ZCC, kiểm định Shapiro-Wilk cho kết quả giá trị p là 0,092. Mặc dù giá trị này cao hơn ngưỡng 0,05 một khoảng nhỏ, nhưng đủ cơ sở để giữ nguyên giả thuyết không về phân phối chuẩn ở mức ý nghĩa 95%. Biểu đồ xác suất chuẩn cũng cho thấy các điểm dữ liệu phân bố khá tuyến tính theo đường tham chiếu, không có biểu hiện rõ ràng của phân phối lệch (Hình 10b). Kết quả này cho thấy dữ liệu lượng mòn mặt trước của mảnh dao TT10K8-ZCC có thể được xem là phân phối chuẩn trong giới hạn cho phép.



Hình 11. Kết quả so sánh lượng mòn mặt trước của hai dụng cụ



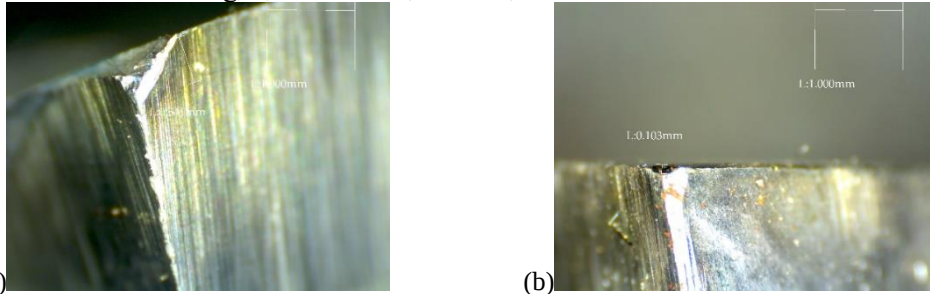
Hình 12. Biểu đồ so sánh lượng mòn mặt trước theo cặp dụng cụ

Kết quả đo mòn mặt trước của hai loại dụng cụ cắt theo từng cặp thí nghiệm tương ứng với các chế độ cắt để so sánh lượng mòn mặt trước dụng cụ được thể hiện trong Hình 11. Từ kết quả trong Hình 11 cho thấy lượng mòn mặt trước của dụng cụ TT10K8-VN nhỏ hơn so với TT10K8-ZCC trong tất cả các cặp thí nghiệm tương ứng. Kết quả này đã khẳng định khả năng cắt và chất lượng của dụng cụ cắt TT10K8-VN so với dụng cụ được nhập khẩu sẵn có trên thị trường.

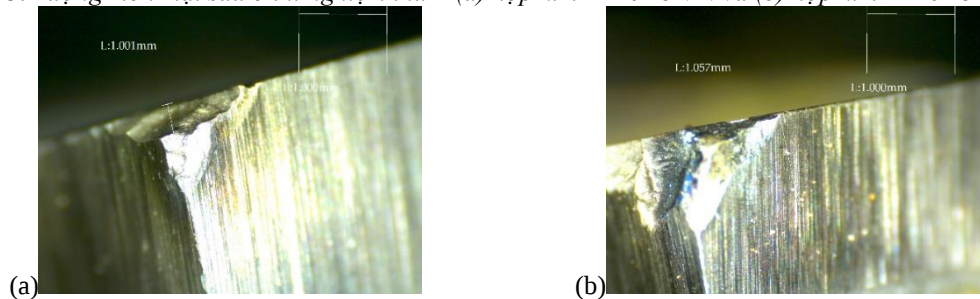
Để so sánh và đánh giá chính xác về sự khác biệt của lượng mòn giữa hai loại dụng cụ, các kết quả thống kê cũng được so sánh theo từng cặp bằng cách sử dụng phép so sánh theo cặp (Paired T-Test and CI) trong phần mềm Minitab. Các kết quả của phép so sánh theo cặp được trích xuất từ phần mềm Minitab được biểu diễn trên Hình 12. Lượng mòn trung bình mặt trước của dụng cụ TT10K8-VN là 0,754 mm so với lượng mòn mặt trước của dụng cụ TT10K8-ZCC là 0,853 mm. Nói cách khác, lượng mòn của dụng cụ TT10K8-VN xấp xỉ 88,4% so với TT10K8-ZCC.

3.3.2. Đánh giá mòn mặt sau

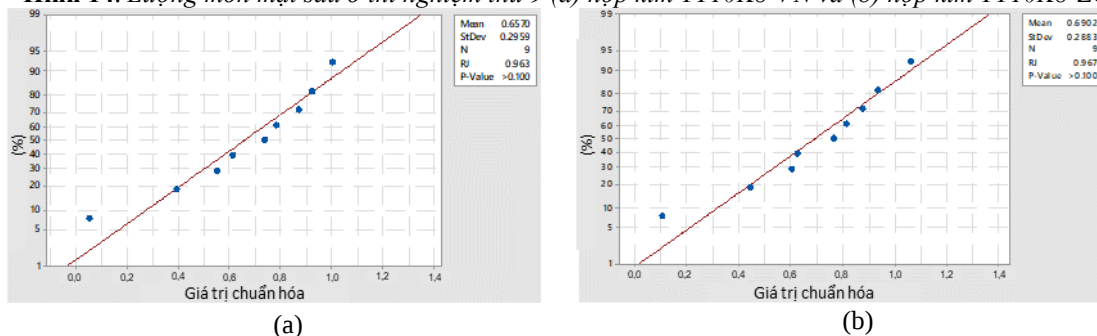
Tương tự như đánh giá mòn mặt trước, lượng mòn mặt sau của dụng cụ trong 9 thí nghiệm được đo theo chiều cao của vết mòn, cụ thể lượng mòn mặt sau của thí nghiệm thứ 1 được thể hiện trên Hình 13 và của thí nghiệm thứ 9 được thể hiện trên Hình 14.



Hình 13. Lượng mòn mặt sau ở thí nghiệm thứ 1 (a) hợp kim TT10K8-VN và (b) hợp kim TT10K8-ZCC



Hình 14. Lượng mòn mặt sau ở thí nghiệm thứ 9 (a) hợp kim TT10K8-VN và (b) hợp kim TT10K8-ZCC



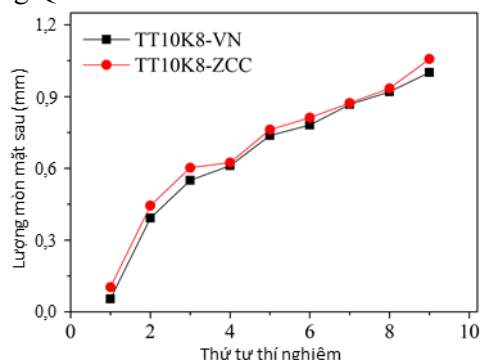
Hình 15. Dữ liệu kiểm tra về phân phối chuẩn và phương sai đối với mòn mặt sau (a) TT10K8-VN và (b) hợp kim TT10K8-ZCC

Kiểm định Shapiro-Wilk được áp dụng cho dữ liệu mòn mặt sau khi sử dụng mảnh dao TT10K8-VN, với kết quả giá trị p lớn hơn 0,100. Điều này cho thấy không có cơ sở để bác bỏ giả thuyết không về phân phối chuẩn của dữ liệu. Đồng thời, biểu đồ xác suất chuẩn minh họa các điểm dữ liệu phân bố khá đồng đều và nằm sát đường tham chiếu, không xuất hiện sai lệch lớn hay điểm ngoại lai (Hình 15a). Điều này cho thấy dữ liệu mòn mặt sau từ công cụ TT10K8-VN hoàn toàn có thể được coi là tuân theo phân phối chuẩn.

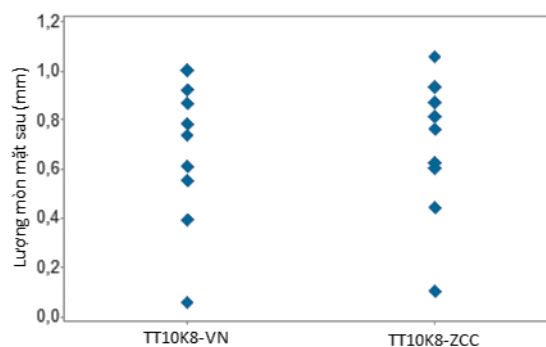
Tương tự đối với tập dữ liệu TT10K8-ZCC, kiểm định Shapiro-Wilk cho kết quả giá trị p lớn hơn 0,100. Biểu đồ xác suất chuẩn cho thấy các điểm dữ liệu phân bố tuyến tính quanh đường chuẩn với độ lệch rất nhỏ, phản ánh tính chất phân phối gần chuẩn rõ rệt của tập dữ liệu này (Hình 15b). Kết quả này cho thấy dữ liệu mòn mặt sau từ mảnh dao TT10K8-ZCC có thể được xem là phân phối chuẩn.

Kết quả đo mòn mặt sau của hai loại dụng cụ cắt theo từng cặp thí nghiệm tương ứng với các chế độ cắt để so sánh lượng mòn mặt sau dụng cụ được thể hiện trong Hình 16. Từ kết quả trình bày trong Hình 16 cho thấy lượng mòn mặt sau của dụng cụ TT10K8-VN nhỏ hơn so với dụng cụ

TT10K8-ZCC ở tất cả các thí nghiệm. Sử dụng phép so sánh theo từng cặp (Paired T-Test and CI) với độ tin cậy 95%. Các kết quả của phép so sánh theo cặp được trích xuất từ phần mềm Minitab được biểu diễn trên Hình 17, cho thấy lượng mòn trung bình mặt sau của dụng cụ TT10K8-VN là 0,6570 mm so với dụng cụ TT10K8-ZCC là 0,6902 mm. Nói cách khác, lượng mòn trung bình mặt sau của dụng cụ TT10K8-VN giảm ít nhất 5% so với dụng cụ TT10K8-ZCC. Kết quả này một lần nữa khẳng định khả năng cắt của dụng cụ TT10K8-VN được chế tạo bởi nghiên cứu này tốt hơn so với dụng cụ TT10K8-ZCC sẵn có trên thị trường được nhập khẩu từ Trung Quốc.



Hình 16. Kết quả so sánh lượng mòn mặt sau của hai dụng cụ



Hình 17. Biểu đồ so sánh lượng mòn mặt sau theo cặp dụng cụ

4. Kết luận

Nghiên cứu đã chế tạo được bột TaC với hàm lượng cacbon $5,9 \div 6,0\%$ đạt yêu cầu làm nguyên liệu chế tạo hợp kim TT10K8. Chế tạo thành công hợp kim cứng TT10K8 theo phương pháp luyện kim bột. Hợp kim cứng TT10K8 chế tạo được cơ bản đạt chất lượng với tỷ trọng $13,0 \div 13,3 \text{ g/cm}^3$, độ cứng khoảng $90 \div 92 \text{ HRA}$, độ bền uốn khoảng $1540 \div 1570 \text{ MPa}$. Do đó, hợp kim TT10K8 do nghiên cứu chế tạo được về cơ bản đáp ứng yêu cầu làm dụng cụ cắt gọt kim loại.

Để đánh giá khả năng gia công cắt gọt của hợp kim cứng TT10K8, nghiên cứu đã thực hiện gia công thử nghiệm đối với thép kết cấu C45 qua nhiệt luyện có độ cứng khoảng 62 HRC. Quá trình tiện thử nghiệm cho thấy chất lượng và độ tin cậy của hợp kim cứng đã được xác nhận sau khi đối sánh với dụng cụ cắt (mảnh hợp kim TT10K8-ZCC) sẵn có trên thị trường. Lượng mòn mặt trước và mặt sau của dụng cụ đã được cải thiện 11,6% và 5% tương ứng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] Z. Guo, J. Xiong, M. Yang, and C. Jiang, "WC-TiC-Ni cemented carbide with enhanced properties," *Journal of Alloys and Compounds*, vol. 465, pp.157-162, 2008.
- [2] N. Al-Aqeeli, K. Mohammad, T. Laoui, and N. Saheb, "VC and Cr_3C_2 doped WC-based nano-cermets prepared by MA and SPS," *Ceram. Int.*, vol. 40, pp. 11759-11765, 2014 .
- [3] X. Wu, Z. Guo, H. Wang, and X. Song, "Mechanical properties of WC-Co coatings with different decarburization levels," *Rare Met.*, vol. 33, pp. 313-317, 2014.
- [4] S. M. Rafiaei, J. H. Kim, and S. Kang, "Effect of nitrogen and secondary carbide on the microstructure and properties of $(\text{Ti}_{0.93}\text{W}_{0.07})\text{C}$ -Nicermet," *Int. J. Refract. Met. Hard. Mater.*, vol. 44, pp. 123-128, 2014.
- [5] C. Liu, N. Lin, Y. H. He, C. H. Wu, and Y. Jiang, "The effects of micron WC contents on the microstructure and mechanical properties of ultrafine WC-(micron WC-Co) cemented carbides," *J. Alloy. Comp.*, vol. 594, pp. 76-81, 2014.
- [6] Y. Li, N. Liu, X. B. Zhang, *et al.*, "Effect of carbon content on the microstructure and mechanical properties of ultra-fine grade (Ti,W) (C,N)-Co cermets," *J. Mater. Process. Tech.*, vol. 206, pp. 365-373, 2008.
- [7] X. Liu, X. Song, H. Wang, X. Liu, F. Tang, and H. Lu, "Complexions in WC-Co cemented carbides," *Acta Materialia*, vol. 149, 2018, doi: 10.1016/j.actamat.2018.02.018.

-
- [8] N. G. Hashe, J. H. Neethling, P. R. Berndt, H. O. Andrén, S. N. G. Norgren, and S. Norgren, "A comparison of the microstructures of WC-VC-TiC-Co and WC-VC-Co cemented carbides," *Int. J. Refract. Met. Hard. Mater.*, vol. 25, pp. 207-213, 2007.
- [9] X. Chen, W. H. Xiong, J. Qu, Q. Q. Yang, Z. H. Yao, and Y. Huang, "Microstructure and mechanical properties of (Ti,W,Ta)C-xMo-Ni cermets," *Int. J. Refract. Met. Hard. Mater.*, vol. 31, pp. 56-61, 2012.
- [10] Q. Zhang, N. Lin, and Y. He, "Effects of Mo additions on the corrosion behavior of WC-TiC-Ni hardmetals in acidic solutions," *Int. J. Refract. Met. Hard. Mater.*, vol. 38, pp. 15-25, 2013.
- [11] D. Duman, H. Gökçe, and H. Çimenoglu, "Synthesis, microstructure, and mechanical properties of WC-TiC-Co ceramic composites," *J. Eur. Ceram. Soc.*, vol. 32, pp. 1427-1433, 2012.
- [12] R. K. Moharana, T. Dash, T. K. Rout, and S. K. Biswal, "A Review on Tungsten Carbide (WC) Based Advanced Composites: Properties and Their Applications," *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR)*, vol. 11, no. 7, pp.e62-e70, July 2024.
- [13] N. Patra, N. A. Nasiri, S. Grasso, D. J. Daniel, and W. E. Lee, "Green Synthesis of Nanosized Tantalum Carbide (TaC) via Natural Polymer/Tantalum Oxide Hybrid Composites: A Sustainable Approach towards Enhanced Processing and Properties," *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, vol. 179, pp.1-8, 2024.
- [14] C. Yi, H. Fan, J. Xiong, Z. Guo, G. Dong, W. Wan, and H. Chen, "Effect of WC content on the microstructures and corrosion behavior of Ti(C, N)-based cermets," *Ceram. Int.*, vol. 39, pp. 503-509, 2013.
- [15] K. Hitomi, N. Nakamura, and S. Inoue, "Reliability Analysis of Cutting Tools," *J. Eng. Ind.*, vol. 101, no. 2, pp.185-190, May 1979, doi: 10.1115/1.3439493.
- [16] Russian standard, GOST 3882-74, "Sintered Cemented carbides," (in Russian), Jun. 01, 1998.
- [17] Vietnam Ministry of Science and Technology, TCVN 11258:2015, "Tool-life testing with single-point turning tools," (in Vietnamese), Oct. 26, 2015.