

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

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

**NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO COMPOSITE NỀN Cu CỐT HẠT TiC  
BẰNG PHƯƠNG PHÁP LUYỆN KIM BỘT ỨNG DỤNG LÀM  
TIẾP ĐIỂM ĐIỆN TRONG CÔNG TẮC TƠ**

**Mã số: ĐH2016-TN02-03**

**Chủ nhiệm đề tài: TS. Vũ Lai Hoàng**

**Thái Nguyên, 02/2019**

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

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

**NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO COMPOSITE NỀN Cu CỐT HẠT TiC  
BẰNG PHƯƠNG PHÁP LUYỆN KIM BỘT ỨNG DỤNG LÀM  
TIẾP ĐIỂM ĐIỆN TRONG CÔNG TẮC TƠ**

**Mã số: DH2016-TN02-03**

**Xác nhận của tổ chức chủ trì  
KT. HIỆU TRƯỞNG  
PHÓ HIỆU TRƯỞNG**

**Chủ nhiệm đề tài**

**PGS. TS. Vũ Ngọc Pi**

**TS. Vũ Lai Hoàng**

**Thái Nguyên, 02/2019**

**DANH SÁCH CÁN BỘ THAM GIA ĐỀ TÀI**

<b>TT</b>	<b>Họ và tên</b>	<b>Học vị</b>	<b>Cơ quan</b>	<b>Nội dung</b>
1	Vũ Lai Hoàng	Tiến sĩ	Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp	Chủ nhiệm
2	Nguyễn Đức Tường	Tiến sĩ	Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp	Thư ký
3	Đặng Quốc Khánh	Tiến sĩ	Trường Đại học Bách khoa Hà Nội	Ủy viên
4	Nguyễn Hồng Kông	Thạc sĩ	Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp	Ủy viên

## MỤC LỤC

DANH SÁCH CÁN BỘ THAM GIA ĐỀ TÀI .....	i
MỤC LỤC .....	ii
DANH MỤC CÁC HÌNH.....	v
DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU.....	vii
THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU .....	viii
INFORMATION ON RESEARCH RESULTS .....	xi
MỞ ĐẦU .....	1
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VẬT LIỆU TIẾP ĐIỂM ĐIỆN COMPOSITE NỀN KIM LOẠI.....	4
1.1. Khái niệm vật liệu composite .....	4
1.2. Phân loại .....	5
1.2.1. Phân loại theo bản chất vật liệu nền .....	5
1.2.1.1. Vật liệu composite nền kim loại .....	5
1.2.1.2. Vật liệu composite nền phi kim loại.....	6
1.2.2. Phân loại theo hình dáng cốt.....	6
1.3. Composite nền kim loại .....	6
1.3.1. Thành phần cấu tạo .....	8
1.3.1.1. Vật liệu nền.....	8
1.3.1.2. Vật liệu cốt.....	8
1.3.2. Các dạng liên kết nền và cốt.....	9
1.3.2.1. Liên kết cơ học .....	9
1.3.2.2. Liên kết có tạo lớp trung gian.....	10
1.3.2.3. Liên kết hỗn hợp .....	10
1.4. Vật liệu tiếp điểm.....	12
1.4.1. Khái niệm chung về vật liệu tiếp điểm .....	12
1.4.1.1. Yêu cầu đối với vật liệu làm tiếp điểm.....	12
1.4.1.2. Các yếu tố ảnh hưởng tới độ bền của các tiếp điểm .....	13
1.4.2. Phân loại vật liệu tiếp điểm .....	14
1.4.3. Các loại vật liệu tiếp điểm khác.....	15
1.4.3.1. Vật liệu làm tiếp điểm cố định.....	15

1.4.3.2. Vật liệu làm tiếp điểm di động .....	15
1.4.3.3. Vật liệu làm tiếp điểm trượt.....	15
1.4.3.4. Vật liệu làm tiếp điểm có công suất lớn ( MCD có U cao) .....	15
1.4.4. Phương pháp chế tạo vật liệu composite làm tiếp điểm điện .....	15
1.5. Tình hình nghiên cứu composite nền kim loại trên thế giới và Việt Nam .....	17
1.5.1. Tình hình nghiên cứu trên Thế giới .....	17
1.5.2. Tình hình nghiên cứu ở Việt Nam .....	19
<b>CHƯƠNG 2. CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO COMPOSITE NỀN Cu CỐT HẠT TiC .....</b>	<b>21</b>
2.1. Cơ sở lý thuyết chế tạo composite nền Cu cốt hạt TiC .....	21
2.1.1. Tính chất của vật liệu nền Cu .....	21
2.1.2. Tính chất của cốt hạt TiC.....	24
2.1.3. Lý thuyết hóa bền bằng pha phân tán .....	25
2.2. Công nghệ tổng hợp vật liệu composite Cu-TiC .....	26
2.2.1. Quy trình nghiên cứu .....	26
2.2.2. Nguyên vật liệu.....	26
2.2.2.1. Bột Cu.....	26
2.2.2.2. Bột TiC .....	27
2.2.3. Các bước tiến hành .....	29
2.2.3.1. Quá trình ép tạo hình và thiêu kết sơ bộ.....	29
2.2.3.2. Quá trình ép đùn .....	30
2.2.4. Thiết bị nghiên cứu .....	31
2.2.4.1. Máy nghiền hành tinh .....	31
2.2.4.2. Thiết bị thiêu kết.....	32
2.2.5. Các phương pháp phân tích, kiểm tra .....	32
2.2.5.1. Phương pháp cầu đơn (cầu Wheatstone) .....	32
2.2.5.2. Phương pháp cầu kép (Cầu Kelvin).....	34
2.2.5.3. Phương pháp hiệu ứng Hall .....	35
2.2.5.4. Máy đo độ cứng .....	37
2.2.5.5. Máy đo độ bền nén, kéo.....	38
<b>CHƯƠNG 3. CÔNG NGHỆ TỔNG HỢP COMPOSITE NỀN Cu CỐT HẠT TiC ...</b>	<b>39</b>

3.1. Ảnh hưởng của hàm lượng TiC và nhiệt độ thiêu kết đến mật độ của composite nền Cu cốt hạt TiC .....	39
3.2. Ảnh hưởng của ép đùn nguội đến độ xốp của composite nền Cu cốt hạt TiC .....	41
3.3. Ảnh hưởng của ép đùn nguội đến độ dẫn điện của composite nền Cu cốt hạt TiC	42
3.4. Ảnh hưởng của ép đùn nguội đến độ bền kéo của composite nền Cu cốt hạt TiC	43
3.5. Ảnh hưởng của ép đùn nguội đến độ bền nén của composite nền Cu cốt hạt TiC	44
3.6. Ảnh hưởng của ép đùn nguội đến độ mài mòn của composite nền Cu cốt hạt TiC .....	45
3.7. Ảnh hưởng của ép đùn nguội đến độ cứng của composite nền Cu cốt hạt TiC ....	46
<b>CHƯƠNG 4. CHẾ TẠO THỬ NGHIỆM TIẾP ĐIỂM ĐIỆN COMPOSITE Cu-TiC</b>	<b>49</b>
4.1. Áp dụng chế độ công nghệ phù hợp để chế tạo tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC .....	49
4.1.1. Quá trình ép tạo hình và thiêu kết sơ bộ .....	50
4.1.2. Quá trình ép đùn .....	51
4.1.3. Sản phẩm làm tiếp điểm composite nền Cu cốt hạt TiC .....	52
4.2. Kết quả phân tích, kiểm tra chi tiết làm tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC. ....	52
4.2.1. Độ xốp của chi tiết làm tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC .....	52
4.2.2. Độ dẫn điện của chi tiết làm tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC	53
4.2.3. Độ bền nén của chi tiết làm tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC	53
4.2.4. Độ mài mòn của chi tiết làm tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC	54
4.3. Thử nghiệm sản phẩm composite nền Cu cốt hạt TiC làm tiếp điểm .....	54
<b>KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ .....</b>	<b>56</b>
<b>I. KẾT LUẬN .....</b>	<b>56</b>
<b>II. KIẾN NGHỊ .....</b>	<b>56</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO .....</b>	<b>57</b>

## DANH MỤC CÁC HÌNH

Hình 1.1. Sơ đồ phân loại composite theo hình dạng cốt .....	7
Hình 1.2. Một số dạng cấu trúc composite .....	7
Hình 1.3. Composite cốt hoá 2 chiều.....	7
Hình 1.4. Composite cốt hoá 3 chiều.....	8
Hình 1.5. Góc thấm ướt .....	11
Hình 1.6. Các phương pháp chế tạo tiếp điểm hệ Ag-MeO. ....	16
Hình 2.1. Ảnh hưởng của một số tạp chất đến độ dẫn điện của đồng .....	23
Hình 2.2. Sơ đồ công nghệ tổng hợp vật liệu composite nền Cu cốt hạt TiC .....	26
Hình 2.3. Ảnh SEM của bột Cu.....	27
Hình 2.4. Giải đồ nhiễu xạ Ronghen của bột Cu.....	27
Hình 2.5. Giải đồ nhiễu xạ Ronghen bột TiC .....	28
Hình 2.6. Giải đồ nhiễu xạ Ronghen hỗn hợp bột Cu-TiC sau trộn .....	28
Hình 2.7. Ảnh SEM của hỗn hợp bột Cu-3%TiC sau trộn .....	29
Hình 2.8. Ảnh tổ chức tế vi của hỗn hợp bột Cu-3%TiC sau tạo hình.....	29
Hình 2.9. Sơ đồ công nghệ tạo hình vật liệu composite nền Cu cốt hạt TiC .....	30
Hình 2.10. Mô hình nguyên lý quá trình ép đùn nguội .....	31
Hình 2.11. Máy nghiền hành tinh Pulverisette .....	31
Hình 2.12. Thiết bị thiêu kết Linn 1300 .....	32
Hình 2.13. Sơ đồ nguyên lý cầu đơn .....	33
Hình 2.14. Sơ đồ nguyên lý cầu kép.....	34
Hình 2.15. Cầu điện trở cân bằng .....	34
Hình 2.16. Hướng và chiều tác dụng trong hiệu ứng Hall.....	35
Hình 2.17. Hình dạng mẫu đo được sử dụng trong nghiên cứu .....	36
Hình 2.18. Máy đo hiệu ứng Hall (Hall Measurement system 7600 Series).....	36
Hình 2.19. Máy đo độ cứng Mitutoyo Rockwell, Model: HR-521 .....	37
Hình 2.20. Máy đo độ cứng tế vi QUALITEST, Model: QV-1000DM.....	37
Hình 2.21. Máy thử cơ tính vạn năng (Nhà sản xuất: GUNT, Model: WP310).....	38
Hình 3.1. Ảnh hưởng của hàm lượng TiC và nhiệt độ thiêu kết đến mật độ của composite nền Cu cốt hạt TiC .....	39
Hình 3.2. Ảnh tổ chức tế vi của vật liệu composite nền Cu cốt hạt TiC .....	40
Hình 3.3. Ảnh hưởng của ép đùn nguội và hàm lượng TiC đến độ xốp của composite nền Cu cốt hạt TiC .....	41

Hình 3.4. Ảnh hưởng của hàm lượng TiC đến điện trở suất của composite nền Cu cốt hạt TiC .....	42
Hình 3.5. Điện trở suất của lớp bị biến dạng (bề mặt) và không bị biến dạng (lõi) composite nền Cu cốt hạt TiC .....	43
Hình 3.6. Ảnh hưởng của hàm lượng TiC đến độ bền kéo của composite nền Cu cốt hạt TiC .....	44
Hình 3.7. Ảnh hưởng của hàm lượng TiC đến độ bền nén của composite nền Cu cốt hạt TiC .....	44
Hình 3.8. Ảnh hưởng của hàm lượng TiC đến độ mài mòn của composite nền Cu cốt hạt TiC .....	45
Hình 3.9. Ảnh hưởng của ép đùn nguội và hàm lượng TiC đến độ cứng của composite nền Cu cốt hạt TiC .....	46
Hình 3.10. Ảnh tổ chức tế vi của composite nền Cu cốt hạt TiC sau ép đùn nguội.....	47
Hình 3.11. Ảnh hưởng tổ chức tế vi lớp biến dạng của composite nền Cu cốt hạt TiC .....	48
Hình 4.1. Quy trình công nghệ chế tạo tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC .....	49
Hình 4.2. Bộ khuôn tạo hình và sản phẩm ép sơ bộ trước khi thiêu kết.....	50
Hình 4.3. Chế độ thiêu kết của tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC trong môi trường hoàn nguyên. ....	51
Hình 4.4. Bộ khuôn ép đùn và sản phẩm sau quá trình ép đùn nguội .....	51
Hình 4.4. Hình ảnh chi tiết làm tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC.....	52
Hình 4.5. Hình ảnh tiếp điểm điện trong tủ điều khiển máy bào giường .....	55
Hình 4.6. Hình ảnh máy bào giường và tủ điều khiển của máy bào giường. ....	55
Hình 4.7. Hình ảnh tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC sau 1000 lần đóng ngắt.....	55



**DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU**

Bảng 1.1. Một vài ứng dụng của vật liệu composite .....	11
Bảng 2.1. Các tính chất vật lý hóa học chính của đồng điện phân .....	22
Bảng 2.2. Thành phần hóa học của bột Cu .....	26
Bảng 3.1. Sự ảnh hưởng của hàm lượng TiC đến độ xốp của vật liệu composite nền Cu cốt hạt TiC sau ép-thiêu kết và sau ép đùn nguội .....	41
Bảng 4.1. Kết quả độ xốp của chi tiết làm tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC .....	52
Bảng 4.2. Kết quả đo điện trở suất của chi tiết làm tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC .....	53
Bảng 4.3. Kết quả đo độ bền nén của chi tiết làm tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC .....	54
Bảng 4.4. Kết quả đo độ mài mòn của chi tiết làm tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC .....	54

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

**THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU**

**1. Thông tin chung**

- Tên đề tài: **Nghiên cứu chế tạo composite nền Cu cốt hạt TiC bằng phương pháp luyện kim bột ứng dụng làm tiếp điểm điện trong công tắc tơ**

- Mã số: **ĐH2016-TN02-03**

- Chủ nhiệm đề tài: **TS. Vũ Lai Hoàng**

- Tổ chức chủ trì: **Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - Đại học Thái Nguyên**

- Thời gian thực hiện: **2016-2018**

**2. Mục tiêu**

Mục tiêu chính của đề tài là nghiên cứu xác định ảnh hưởng thành phần và khả năng thiêu kết composite nền Cu cốt hạt TiC.

Nghiên cứu công nghệ chế tạo vật liệu composite nền Cu cốt hạt TiC. Đưa ra được các thông số công nghệ để có thể ứng dụng vào việc chế tạo tiếp điểm trong công tắc tơ.

**3. Tính mới và sáng tạo**

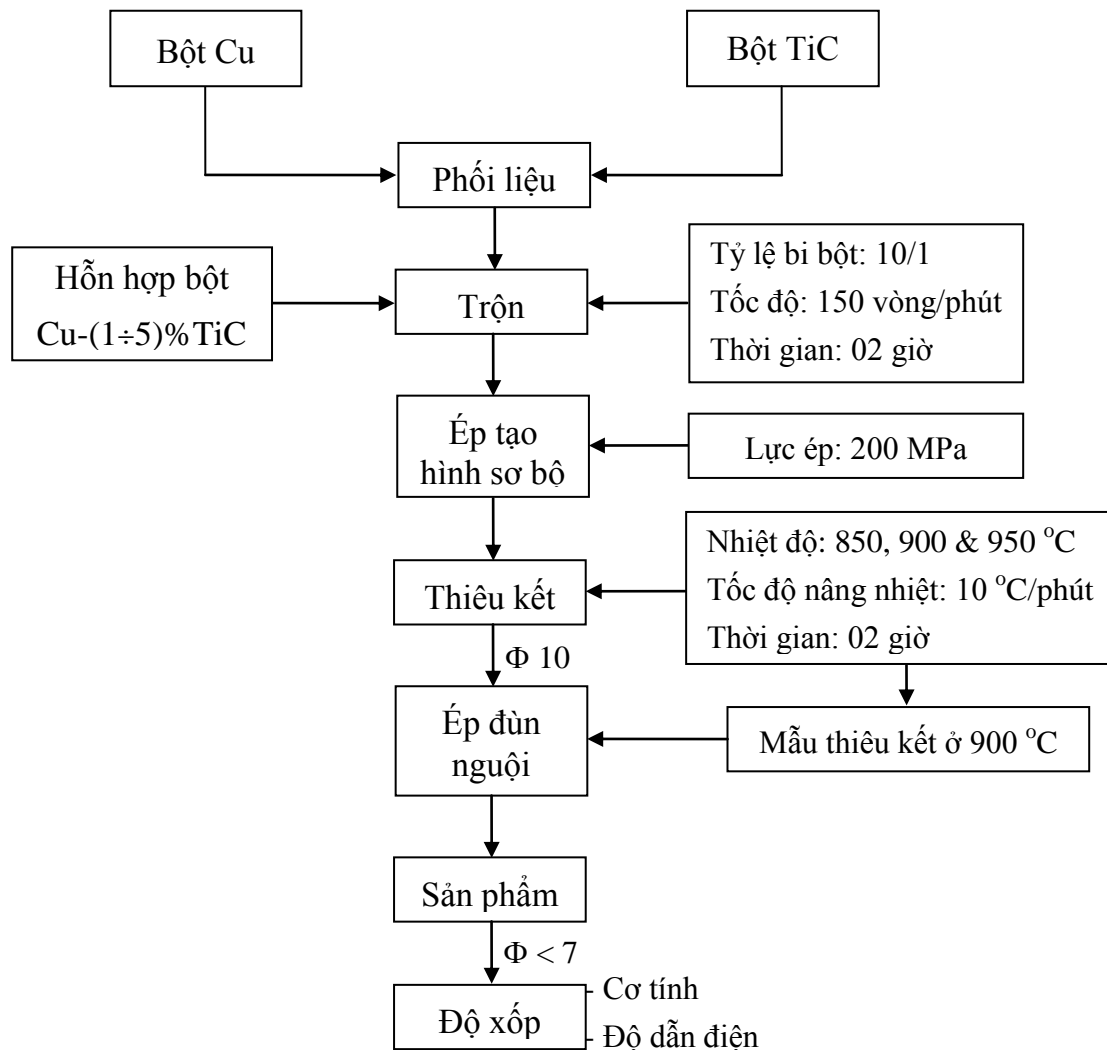
Công nghệ vật liệu, một trong những lĩnh vực đang được ưu tiên phát triển hàng đầu và có vai trò lớn trong nền kinh tế quốc dân. Vật liệu composite là hướng nghiên cứu đang được quan tâm ở trong nước và trên thế giới, composite nền Cu cốt hạt TiC sẽ làm tăng cường cơ tính của vật liệu.

Nghiên cứu công nghệ sản xuất composite nền Cu cốt hạt TiC ứng dụng trong kỹ thuật điện là hướng nghiên cứu có nhiều hứa hẹn, sản phẩm được ứng dụng trong các vật liệu làm vật dẫn, vật liệu tiếp điểm điện, chịu nhiệt cao và chịu mài mòn tốt.

**4. Kết quả nghiên cứu**

Nghiên cứu lý thuyết về công nghệ luyện kim bột, vật liệu tiếp điểm điện và vật liệu composite nền kim loại.

Xác định công nghệ chế tạo composite nền Cu cốt hạt TiC có thể ứng dụng vào việc chế tạo tiếp điểm trong công tắc tơ phù hợp với điều kiện trong nước.



## 5. Sản phẩm

### 5.1. Sản phẩm khoa học

1. Vũ Lai Hoàng, Đặng Quốc Khánh (2017), “Ảnh hưởng của một số yếu tố công nghệ đến tính chất của composite Cu-TiC”, *Tạp chí khoa học & công nghệ - Đại học Thái Nguyên*, 176 (16), tr.19÷24.

2. Vu Lai Hoang (2019), “Effect of cold extrusion on physico-mechanical properties of titanium carbide reinforce copper composite”, *Tạp chí Cơ khí Việt Nam*, 1+2 (Đã được Hội đồng biên tập chấp thuận cho đăng).

### 5.2. Sản phẩm ứng dụng

Composite nền Cu cốt hạt TiC làm tiếp điểm trong công tắc tơ: 04 tiếp điểm trong công tắc tơ

**6. Phương thức chuyển giao, địa chỉ ứng dụng, tác động và lợi ích mang lại của kết quả nghiên cứu:**

Tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC chế tạo bằng phương pháp luyện kim bột của đề tài có thể sử dụng thay thế cho tiếp điểm điện Cu-Ag.

*Ngày tháng 02 năm 2019*

**Tổ chức chủ trì  
KT. HIỆU TRƯỞNG  
PHÓ HIỆU TRƯỞNG**

**Chủ nhiệm đề tài**

**PGS. TS. Vũ Ngọc Pi**

**TS. Vũ Lai Hoàng**

## INFORMATION ON RESEARCH RESULTS

### 1. General information

- Project title: A study on manufacturing Cu-based composites containing TiC particles by powder metallurgy method as an electrical contact in the contactors.
- Code: **DH2016-TN02-03**
- Lead researcher: **Vu Lai Hoang, PhD**
- Implementing Institution: **TNU - Thai Nguyen University of Technology**
- Duration: **2016-2018**

### 2. Objective(s)

- The main objective of the study is to determine the effect of composition and sintering capacity of Cu-based composites containing TiC particles.
- Study on technology for manufacturing Cu-based composites containing TiC particles. Provides technical parameters that can be applied to the fabrication of contacts in the contactors.

### 3. Creativities and innovativeness

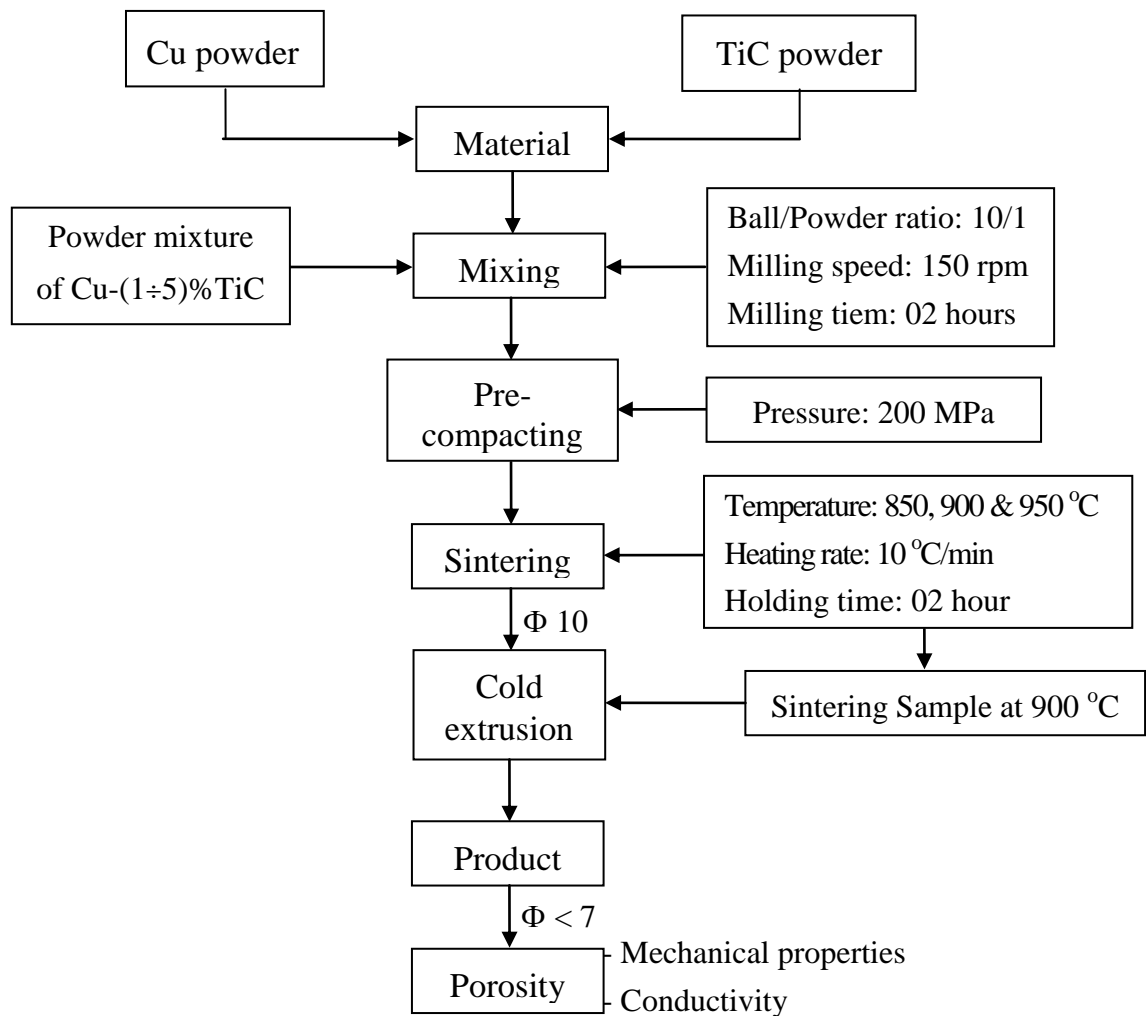
Material technology is one of the priority areas for development and plays a major role in the national economy. Composite materials are the research interest in Vietnam and all around the world, Cu-based composites containing TiC particles will enhance the mechanical properties of the material.

The technology to manufacture Cu-based composites containing TiC particles technology in electrical engineering is a promising research trend. Its products are applied in conductive materials, electrical contact material, high heat resistance. and good abrasion resistance.

### 4. Research Results

Theoretical study on powder metallurgy technology, electrical contact materials and metal-based composite.

Determination of TiC Cu composite technology can be applied to fabrication of contacts in contactors in accordance with domestic conditions.



## 5. Products

### 5.1. Scientific products

1. Vu Lai Hoang, Dang Quoc Khanh (2017), “Effect of technological on physico-mechanical properties of Cu-TiC composite”, *Journal of Science and Technology - Thainguyen University*, 176 (16), pp.19÷24.

2. Vu Lai Hoang (2019), “Effect of cold extrusion on physico-mechanical properties of titanium carbide reinforce copper composite”, *Vietnam Mechanical Journal*, 1+2.

### 5.2. Application products

Cu-based composites containing TiC particles applied in contactors: 04 contacts in contactors.

## 6. Applicability and Modes of Transferring research results

Electrical contactors of Cu-based composite containing TiC particles manufactured by powder metallurgy method in this project, can be used instead of Electrical contactors of Cu-Ag.

## MỞ ĐẦU

### 1. Tổng quan về vấn đề nghiên cứu

Cùng với sự phát triển của các ngành công nghiệp, năng lượng điện đang ngày càng được sử dụng và có nhiều ứng dụng trong thực tế. Theo dự báo của các chuyên gia, trong những năm tiếp theo yêu cầu năng lượng điện tăng mạnh. Để đáp ứng được vấn đề này cần thiết phải giải quyết hai vấn đề: Cần năng lượng đến các trạm, sau đó chuyển năng lượng đến các hộ sử dụng các thiết bị, máy móc riêng biệt. Trong trường hợp đầu cần thiết chuẩn bị máy móc, thiết bị và vật liệu có khả năng vận chuyển hiệu quả hơn nữa năng lượng điện. Trường hợp thứ hai cần các thiết bị chuyển mạch, cầu dao điện các loại. Cấu tử cơ bản của các dụng cụ thiết bị đó là các tiếp điểm điện. Sự phát triển tiếp theo của ngành kỹ thuật điện có quan hệ mật thiết tới chức năng an toàn của tiếp điểm. Như vậy, chất lượng của vật liệu dẫn điện có tầm quan trọng đặc biệt.

Sau sắt (Fe), đồng (Cu) là vật liệu được ứng dụng rộng rãi để chế tạo các chi tiết kết cấu, đặc biệt có vai trò quan trọng trong chế tạo vật liệu dẫn điện. Để mở rộng phạm vi ứng dụng của nó, vấn đề nâng cao cơ tính của đồng đã được nhiều nhà nghiên cứu quan tâm. Hiện nay, nhu cầu tìm một hệ đồng có tính năng đặc biệt và giá thành chế tạo thấp, có thể chế tạo trong nước là một nhu cầu cấp thiết.

Trong các loại cacbit, cacbit titan (TiC) là hợp chất có cơ tính tổng hợp cao, cứng, chịu mài mòn, chịu nhiệt độ cao và chống hồ quang tốt. Trên cơ sở kết hợp các ưu điểm của TiC và Cu mở ra hướng mới chế tạo vật liệu composite dẫn điện trên cơ sở nền Cu cốt hạt TiC bằng phương pháp luyện kim bột.

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

#### 2.1. Tình hình nghiên cứu ở ngoài nước

Đồng (Cu) là kim loại có tính dẫn điện, dẫn nhiệt tốt. Nó được ứng dụng rộng rãi trong vật liệu kỹ thuật điện. Tuy nhiên, do độ bền, độ cứng và khả năng chịu mài mòn không cao làm hạn chế khả năng sử dụng của chúng. Vì vậy, vấn đề nâng cao cơ tính của đồng đã được nhiều nhà nghiên cứu về vật liệu trong và ngoài nước quan tâm theo xu hướng hợp kim hóa hoặc chế tạo vật liệu composite.

Composite nền đồng cốt hạt ceramic đã được nghiên cứu trong nhiều những năm gần đây [22, 23]. Cacbit titan (TiC) là loại cốt được sử dụng rộng rãi để chế tạo

composite nền kim loại (Cu, Fe, Al và Ti) do có độ bền cao, độ cứng cao, chịu mài mòn tốt, nhiệt độ nóng chảy cao và đặc biệt nó có độ dẫn điện khá cao cho nên ít ảnh hưởng đến tính chất điện của composite [24].

Composite nền Cu cốt hạt TiC là loại composite hóa bền phân tán. Pha cốt TiC phân tán vào trong nền đồng đóng vai trò làm hãm chuyển động của lệch hoặc hóa bền gián tiếp nhờ cản trở quá trình kết tinh lại sau biến dạng dẻo và xử lý nhiệt. Cốt hạt TiC kết hợp với nền Cu nhờ lực ma sát giữa chúng. Khi mặt tiếp xúc có độ nhám lớn thì composite có liên kết nền cốt bền vững.

TiC là loại cốt được sử dụng rộng rãi để chế tạo composite nền kim loại (Cu, Fe, Al và Ti) do có độ bền, độ cứng cao, độ mài mòn tốt, nhiệt độ nóng chảy cao và đặc biệt nó có độ dẫn điện và chịu hồ quang khá tốt so với các loại cốt cacbit, ôxit khác cho nên ít ảnh hưởng đến tính chất điện của composite [22-25].

### **2.1. Tình hình nghiên cứu ở ngoài nước**

Composite nền Cu cốt hạt TiC chưa được đề cập tới trong nước và rất ít ở các nước có nền công nghiệp phát triển. Trên thế giới chủ yếu nghiên cứu về composite nền Cu cốt hạt  $TiB_2$ ; SiC;  $Al_2O_3$  ...

Đề tài sẽ nghiên cứu về composite nền Cu cốt hạt TiC, trong đó TiC là một trong những cacbit có cơ tính cao, chịu nhiệt tốt và bền trong môi trường ăn mòn có tính chất không thua kém so với  $TiB_2$  và chế tạo thuận lợi hơn. Khả năng hóa bền nền Cu bằng các hạt TiC là một hướng nghiên cứu rất có triển vọng.

### **3. Tính cấp thiết của đề tài**

Công nghệ vật liệu, một trong những lĩnh vực đang được ưu tiên phát triển hàng đầu và có vai trò lớn trong nền kinh tế quốc dân. Vật liệu composite là hướng nghiên cứu đang được quan tâm ở trong nước và trên thế giới, composite nền Cu cốt hạt TiC sẽ làm tăng cường cơ tính của vật liệu.

Nghiên cứu công nghệ chế tạo composite nền Cu cốt hạt TiC ứng dụng trong kỹ thuật điện là hướng nghiên cứu có nhiều hứa hẹn, sản phẩm được ứng dụng trong các vật liệu làm vật dẫn, vật liệu tiếp điểm điện, chịu nhiệt cao và chịu mài mòn tốt.

Nghiên cứu này khảo sát đồng thời ảnh hưởng của hàm lượng TiC, nhiệt độ thiêu kết và ép đùn nguội đến một số tính chất của composite nền Cu cốt hạt TiC như độ dẫn điện, độ bền kéo, độ bền nén và độ mài mòn.

Đề tài: “**Nghiên cứu chế tạo composite nền Cu cốt hạt TiC bằng phương pháp luyện kim bột ứng dụng làm tiếp điểm điện trong công tắc tơ**”, với mục



đích xây dựng quy trình công nghệ chế tạo và ứng dụng phương pháp ép đùn, xác định cơ lý tính của vật liệu, nghiên cứu ảnh hưởng đồng thời một số yếu tố đến tính chất của vật liệu.

#### **4. Mục tiêu**

Mục tiêu chính của đề tài là nghiên cứu xác định ảnh hưởng thành phần và khả năng thiêu kết composite nền Cu cốt hạt TiC.

Nghiên cứu công nghệ chế tạo vật liệu composite nền Cu cốt hạt TiC. Đưa ra được các thông số công nghệ để có thể ứng dụng vào việc chế tạo tiếp điểm trong công tắc tơ.

#### **5. Cách tiếp cận và phương pháp nghiên cứu**

##### **5.1. Cách tiếp cận**

Cụ thể, các mẫu composite nền Cu cốt hạt TiC thí nghiệm với tỉ lệ cốt hạt TiC từ 1÷5%, công nghệ ép tạo hình và chế độ thiêu kết. Các mẫu thí nghiệm sẽ được đánh giá cơ lý tính (độ bền nén, độ bền kéo, độ mài mòn và độ dẫn điện) qua đó chọn được thành phần và chế độ công nghệ phù hợp để chế tạo vật liệu tiếp điểm điện composite Cu-TiC theo đề xuất.

##### **5.2. Phương pháp nghiên cứu**

Phương pháp nghiên cứu: tổng hợp, cập nhật các tài liệu khoa học liên quan, kết hợp với các số liệu thực nghiệm, lựa chọn giải pháp công nghệ, đưa ra quy trình thực nghiệm chế tạo “composite nền Cu cốt hạt TiC” phù hợp.

Phân tích thành phần vật chất, cỡ hạt và tính chất của các mẫu nghiên cứu.

Khảo sát và thực nghiệm quá trình ép và thiêu kết.

Xử lý số liệu thực nghiệm.

#### **6. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu**

Nghiên cứu lý thuyết về công nghệ luyện kim bột, vật liệu tiếp điểm điện và vật liệu composite nền kim loại.

Xác định công nghệ chế tạo composite nền Cu cốt hạt TiC có thể ứng dụng vào việc chế tạo tiếp điểm trong công tắc tơ phù hợp với điều kiện trong nước.

#### **7. Nội dung nghiên cứu**

Ngoài phần mở đầu, kết luận, tài liệu tham khảo và phụ lục, nội dung nghiên cứu của đề tài được thể hiện trong 4 chương.

## CHƯƠNG 1

### TỔNG QUAN VẬT LIỆU TIẾP ĐIỂM ĐIỆN COMPOSITE NỀN KIM LOẠI

#### 1.1. Khái niệm vật liệu composite

Vật liệu composite là vật liệu tổ hợp gồm hai hay nhiều cấu tử khác nhau về tổ chức, tính chất, không hoặc ít tạo pha trung gian với nhau [20].

Tính chất của vật liệu composite phụ thuộc chủ yếu vào các thành phần tạo nên nó và độ bền liên kết giữa chúng. Đặc điểm nổi bật của composite là phát huy được những ưu điểm của vật liệu thành phần, đồng thời xuất hiện các tính chất mà vật liệu thành phần không có được khi đứng độc lập. Vật liệu composite được đặc trưng bởi các đặc điểm sau:

- Số các vật liệu thành phần tạo nên composite tối thiểu bằng hai.
- Hàm lượng, hình dạng và sự phân bố của các thành phần trong composite được thiết kế trước.
- Thành phần hóa học của các vật liệu thành phần là khác nhau, luôn tồn tại ranh giới phân cách giữa chúng.
- Tính chất của vật liệu composite phụ thuộc chủ yếu vào các vật liệu thành phần với hàm lượng đủ lớn.
- Composite có thể coi là đồng nhất vĩ mô nhưng không đồng nhất vi mô.

Các thành phần trong tổ chức composite được phân loại thành hai phần chính là nền và cốt.

Nền là thành phần liên tục trong toàn bộ thể tích khối composite. Vật liệu nền thường là vật liệu có độ dẻo lớn, tỷ trọng nhỏ và đóng vai trò liên kết các pha cốt, tiếp nhận và truyền tác động bên ngoài vào pha cốt, bảo vệ pha cốt khỏi tác động của môi trường và tạo hình sản phẩm. Nền có thể là kim loại và hợp kim; cũng có thể là vật liệu hữu cơ, vô cơ, gốm, vật liệu cacbon và các vật liệu khác. Tính chất của vật liệu nền quyết định các tham số công nghệ của quá trình chế tạo composite và các đặc tính sử dụng của nó như khối lượng riêng, độ bền riêng, nhiệt độ làm việc, độ bền mỏi và khả năng chống ăn mòn.

Vật liệu cốt là pha gián đoạn phân bố trong nền, đóng vai trò tăng cường cơ, lý tính của vật liệu. Vật liệu cốt có thể là hai hoặc ba pha và thường là các hợp chất có độ bền, độ cứng, nhiệt độ nóng chảy cao.

## 1.2. Phân loại

Có nhiều cách phân loại vật liệu composite như: phân loại theo bản chất vật liệu nền, phân loại theo hình dáng cốt, ...

### 1.2.1. Phân loại theo bản chất vật liệu nền

Tùy thuộc vào vật liệu làm nền mà có thể phân chia composite thành ba loại:

- Composite nền kim loại
- Composite nền polymer
- Composite nền ceramic (vô cơ).

Composite nền kim loại là một loại composite có nền được làm bằng vật liệu kim loại và các hợp kim của chúng. Vật liệu làm nền thường dùng là các kim loại và hợp kim có tính dẻo cao như titan, đồng, magie, nhôm, sắt ...

Composite nền polymer là loại vật liệu composite có nền được làm bằng các loại hợp chất hữu cơ có độ dẻo lớn, mô đun đàn hồi cao. Đây là loại composite được nghiên cứu và đưa vào sản xuất sớm nhất.

Composite nền ceramic là vật liệu composite có nền được làm bằng các hợp chất vô cơ như ôxit, cacbit,... Vật liệu nền của composite loại này thường có cơ tính không đảm bảo do tính giòn và dễ bị phá hủy của nó.

#### 1.2.1.1. Vật liệu composite nền kim loại

Vật liệu composite nền kim loại có ưu điểm là các đặc tính phụ thuộc vào tính chất của nền khá cao, trước hết đó là giới hạn bền, modun đàn hồi khi kéo vuông góc phương sợi cốt, độ bền nén, độ bền uốn, độ dẻo, độ dai phá hủy, ngoài ra composite nền kim loại còn duy trì được các đặc tính bền đến nhiệt độ cao hơn so với composite nền phi kim loại, composite nền kim loại chống ẩm tốt, dẫn điện tốt, dẫn nhiệt tốt ...

Với vật liệu composite nền kim loại, để làm nền người ta sử dụng các kim loại chủ yếu như: Al, Mg, Ni, Cu, Ti... và đặc biệt nhất là Ni và hợp kim của Ni được sử dụng nhiều trong vật liệu chịu nhiệt.

Tính chất của vật liệu composite nền kim loại phụ thuộc vào thành phần của vật liệu nền và cốt, phụ thuộc vào hàm lượng cốt, hình dạng cốt trong nền..., nhưng quan trọng nhất là liên kết giữa cốt và nền [10, 18, 19].

### 1.2.1.2. Vật liệu composite nền phi kim loại

Vật liệu làm nền thường dùng là polyme, gốm, cacbon trong đó phổ biến nhất là nền polyme như: Epoxi, phenolformandehit, polyamid. Để làm cốt với hệ composite nền phi kim này người ta thường dùng các sợi có độ bền, modun đàn hồi cao như: sợi Bo, sợi C, sợi thủy tinh và sợi hữu cơ dưới dạng sợi mảnh. So với các nền polyme khác thì epoxi có cơ tính cao hơn trong khoảng nhiệt độ từ  $60\div 180^{\circ}\text{C}$  điều này đảm bảo cho vật liệu composite những chỉ tiêu bền cao khi nén và trượt. Nhưng về phương diện ổn định nhiệt thì nền epoxi thua kém polyamid và phenolformandehit [20].

Vật liệu composite nền phi kim loại có độ bền riêng và modun đàn hồi cao, tính công nghệ tốt, tính ổn định chống ăn mòn cao hơn nền kim loại. Ngoài ra nó còn có khả năng giảm chấn và khả năng giữ nhiệt cũng như tính chống ma sát, chịu mài mòn tốt. Do sự đông đặc nhanh và hệ số khuếch tán nhỏ trong nền phi kim loại (trừ cốt sợi thủy tinh) lớp chuyển tiếp giữa cốt và nền không tồn tại. Liên kết giữa cốt và nền mang đặc tính dính bám nhờ tương tác phân tử.

Sự tăng độ bền composite không chỉ nhờ sự nâng cao độ bền của bản thân nền mà chủ yếu bởi sự tăng độ cứng vững và độ bền dính kết giữa nó với sợi cốt.

Vật liệu composite nền phi kim loại có ưu điểm so với nền kim loại là có tính chất công nghệ tốt hơn, trong nhiều trường hợp độ bền riêng và modun đàn hồi cao hơn vật liệu composite nền kim loại, đặc biệt là vật liệu composite nền phi kim loại có khối lượng riêng thấp, tính chống ăn mòn cao, chịu mài mòn tốt, modun đàn hồi riêng vượt xa thép hợp kim. Nhưng nhược điểm vật liệu composite nền phi kim loại là độ bền liên kết giữa cốt và nền thấp, độ bền giảm đột ngột khi nung quá  $100\div 200^{\circ}\text{C}$ , dẫn nhiệt dẫn điện kém, không hàn được, môđun đàn hồi thấp.

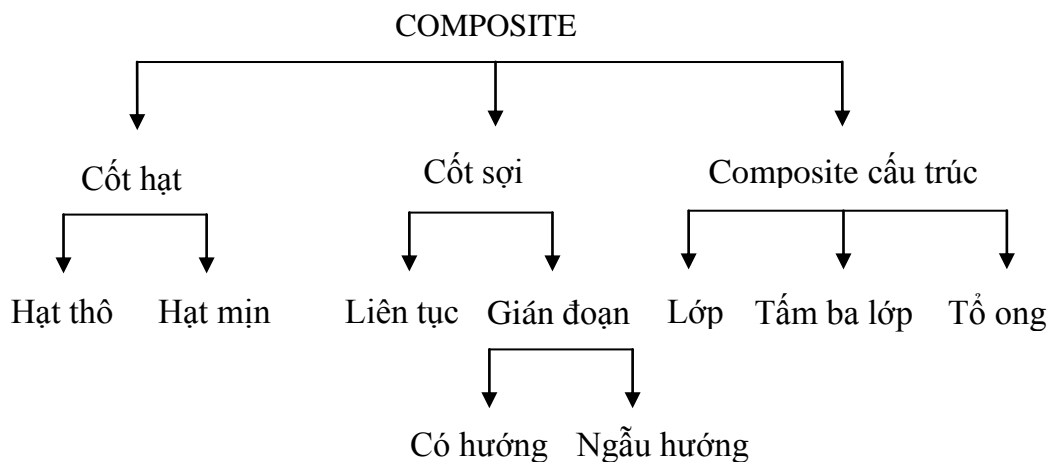
### 1.2.2. Phân loại theo hình dáng cốt

Tùy theo đặc điểm hình dáng của cốt trong vật liệu composite, nó được phân loại theo sơ đồ hình 1.1.

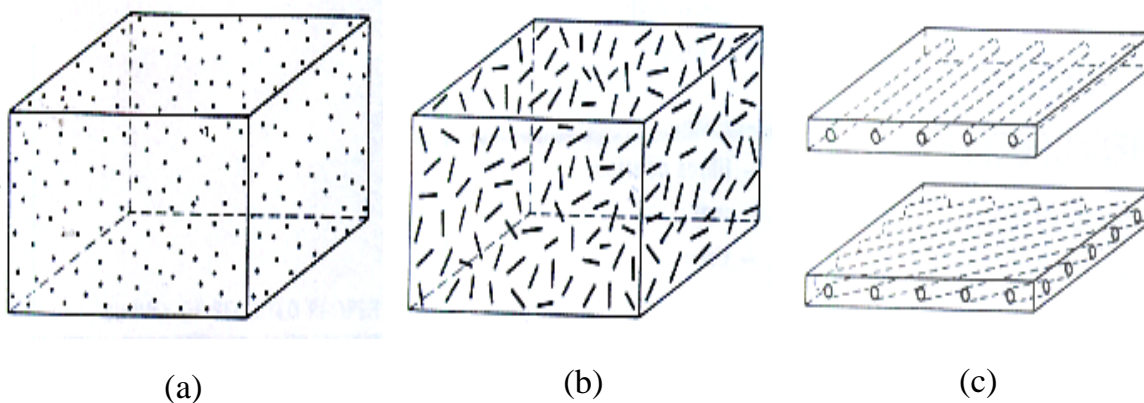
## 1.3. Composite nền kim loại

Vật liệu composite nền kim loại có nền là kim loại và hợp kim có độ dẻo dai cao, tỷ trọng riêng nhỏ, độ bền cao và môđun đàn hồi lớn. Khi đưa thêm các phần tử cốt vào pha nền sẽ tạo ra một loại vật liệu mới có các tính chất ưu việt hơn hẳn các pha thành phần hợp thành nên nó. Các đặc tính đặc trưng của vật liệu composite

nền kim loại là độ dẻo dai cao, độ bền lớn, chịu mài mòn và khả năng làm việc ổn định ở nhiệt độ cao [11, 12].

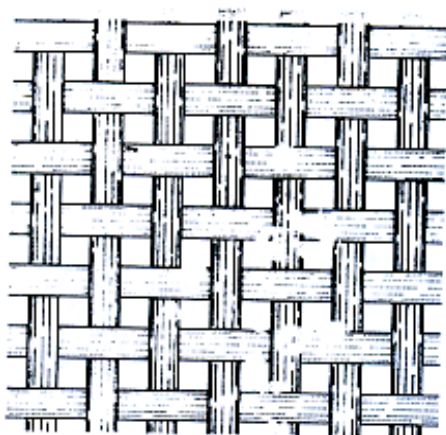


**Hình 1.1.** Sơ đồ phân loại composite theo hình dạng cốt

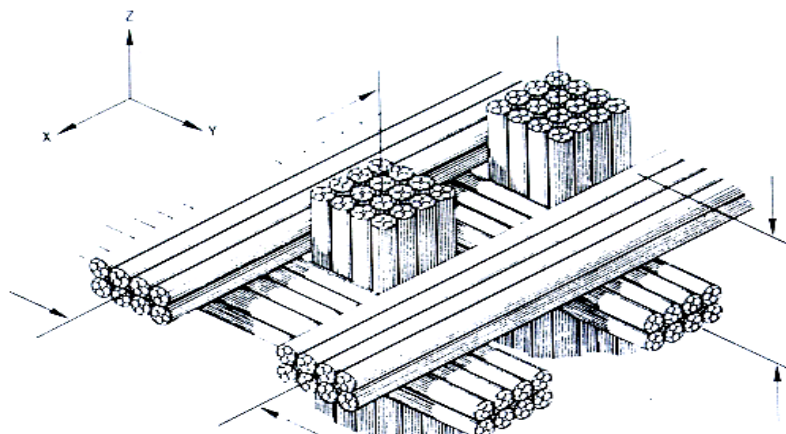


**Hình 1.2.** Một số dạng cấu trúc composite

a. Composite cốt hạt      b. Composite cốt sợi ngắn      c. Composite cốt sợi dài



**Hình 1.3.** Composite cốt hoá 2 chiều



*Hình 1.4. Composite cốt hoá 3 chiều*

### **1.3.1. Thành phần cấu tạo**

Composite được cấu tạo từ hai cấu tử chính đó là nền và cốt. Mỗi cấu tử có một vai trò và tính chất đặc trưng, chúng liên kết với nhau để tạo ra một vật liệu có tính chất tổng hợp, tập hợp các tính chất ưu điểm của các cấu tử thành phần.

#### **1.3.1.1. Vật liệu nền**

Theo mục đích sử dụng mà có loại vật liệu nền khác nhau. Để chế tạo vật liệu kết cấu, cấu tử nền thường là các vật liệu có độ bền riêng cao, tỷ trọng nhỏ như titan, nhôm, magiê và các hợp kim của chúng. Để đáp ứng yêu cầu về vật liệu bền nóng, vật liệu chịu mài mòn thường sử dụng vật liệu nền là các kim loại có nhiệt độ nóng chảy cao như vonfram, crôm và hợp kim của chúng, rất ít khi sử dụng các hợp chất trên cơ sở sắt làm vật liệu nền vì nó có độ bền riêng nhỏ và dễ bị ôxi hóa.

Composite nền đồng và hợp kim của đồng được sử dụng để chế tạo thiết bị trao đổi nhiệt và thiết bị nhiệt do có khả năng dẫn nhiệt tốt. Nhưng chủ yếu composite này vẫn được dùng để sản xuất vật liệu điện như chổi than, tiếp điểm điện do có khả năng dẫn điện tốt. Bên cạnh đó, composite cơ sở đồng còn được sử dụng trong các loại bạc bôi trơn, bạc trượt.

#### **1.3.1.2. Vật liệu cốt**

Tùy theo kích thước, hình dáng và cách sắp xếp của cốt vào nền mà cốt được chia làm ba loại: cốt sợi - râu, cốt hạt, cốt cấu trúc. Vật liệu cốt thường là các tập hợp chất vô cơ có độ bền, độ cứng, nhiệt độ nóng chảy cao và mô đun đàn hồi lớn. Trong thực tế thường sử dụng composite nền kim loại cốt hạt. Composite cốt hạt còn gọi là composite hoá bền phân tán, tạo ra các chốt để ngăn cản sự thay đổi vị trí của các cấu tử trong vật liệu. Cốt là các hạt nhỏ có mô đun đàn hồi cao, nhiệt độ

nóng chảy cao, khối lượng riêng nhỏ, ít tương tác với nền như: cacbua, các nitrua, TiC, SiC, ôxit kim loại  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ....

Cốt TiC có độ cứng, độ bền cao nên thường được sử dụng để chế tạo dụng cụ cắt và các chi tiết trong hàng không vũ trụ.

Cốt sợi thường sử dụng là các loại sợi, râu của các nguyên tử hay các chất có nhiệt độ nóng chảy cao như B<sub>4</sub>C, C, SiC, W, WC.... Sợi có thể liên tục hay gián đoạn với đường kính chỉ vài  $\mu m$ . Tỷ lệ của cốt sợi dài có thể đạt 90% thể tích, do cốt sợi dài có thể sắp xếp được, sợi ngắn đến 30%. Tính chất của vật liệu composite phụ thuộc vào sự phân bố và cách sắp xếp của cốt.

### **1.3.2. Các dạng liên kết nền và cốt**

Liên kết giữa nền và cốt có ảnh hưởng rất lớn đến tính chất của vật liệu composite. Sự truyền tải giữa nền và cốt chỉ xảy ra tốt khi nền và cốt được liên kết chặt chẽ với nhau. Bề mặt tiếp xúc giữa nền và cốt tốt dẫn đến môi trường truyền tải khi có lực tác dụng tốt và khi đó pha cốt mới phát huy được vai trò là pha tăng bền cho vật liệu. Vậy phải có liên kết tốt giữa nền và cốt, đó là yếu tố quan trọng nhất đảm bảo cho sự kết hợp các đặc tính tốt của hai pha nền và cốt. Có rất nhiều loại liên kết giữa nền và cốt nhưng có thể phân ra 3 loại liên kết chính là: liên kết cơ học, liên kết hoá học, liên kết hỗn hợp

#### **1.3.2.1. Liên kết cơ học**

Liên kết cơ học có thể được thực hiện nhờ khớp nối thông qua độ nhấp nhô bề mặt do lực ma sát, hoặc nhờ sự thấm ướt do năng lượng sức căng bề mặt. Trường hợp này xảy ra khi pha nền bị nung chảy và dính ướt với cốt nên có sự khuếch tán tuy là rất nhỏ.

Độ bền liên kết cơ học phụ thuộc vào độ nhám bề mặt vật liệu và mật độ vết nứt của vật liệu, tức là phụ thuộc vào mức độ biến dạng. Khi mức độ biến dạng nhỏ thì mật độ vết nứt ít phụ thuộc vào độ nhám bề mặt giữa nền và cốt. Khi mức độ biến dạng lớn thì nồng độ vết nứt ở cốt có bề mặt bóng không tăng nữa, tức là không xuất hiện thêm vết nứt. Nguyên nhân là do liên kết cơ học giữa nền và cốt bị phá vỡ, không có khả năng truyền lực tác dụng từ nền vào cốt nữa. Trong khi đó ở cốt có bề mặt nhấp nhô hợp lý vẫn xuất hiện vết nứt trên bề mặt nền và cốt, tức là liên kết nền và cốt chưa bị phá vỡ, tải trọng vẫn tiếp tục được truyền từ nền vào cốt cho đến khi độ biến dạng lớn.

### 1.3.2.2. Liên kết có tạo lớp trung gian

Liên kết có tạo lớp trung gian là loại liên kết có sự hình thành vùng trung gian ở ranh giới giữa hai cấu tử. Liên kết này chỉ xảy ra với các cấu tử có khả năng khuếch tán hoặc phản ứng hóa học với nhau.

Phần lớn các hệ composite nền kim loại là hệ ở trạng thái không cân bằng về nhiệt động học. Do đó luôn tồn tại gradien nồng độ giữa nền và cốt. Gradien nồng độ đó chính là động lực trong quá trình khuếch tán và phản ứng hóa học xảy ra khi có các điều kiện nhiệt động học phù hợp.

Lớp bề mặt tiếp xúc được tạo ra bởi phản ứng hóa học và khuếch tán thường có tính chất cơ, lý, hóa khác biệt với tính chất của cấu tử thành phần. Nếu khả năng tạo vùng trung gian được kiểm soát thì sẽ tạo ra liên kết mạnh giữa nền và cốt. Tuy nhiên nếu vùng trung gian này quá dày thì sẽ ảnh hưởng xấu đến tính chất của vật liệu.

### 1.3.2.3. Liên kết hỗn hợp

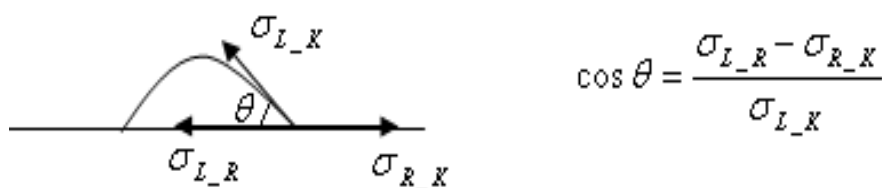
Là liên kết tổng hợp bao gồm cả liên kết cơ học và liên kết hóa học. Tức là nền và cốt liên kết với nhau vừa thông qua độ nhấp nhô bề mặt vừa do tạo vùng trung gian giữa chúng. Sự đánh giá tương tác giữa các cấu tử gắn liền với sự xác định thời gian tối ưu các pha tiếp xúc nhau khi tạo thành composite. Có thể phân ra các trường hợp tiếp xúc giữa nền và cốt như sau: rắn tiếp xúc với rắn, rắn tiếp xúc với lỏng.

Khi có tiếp xúc lỏng - rắn, liên kết được tạo ra chủ yếu là nhờ sự thấm ướt giữa nền và cốt. Thấm ướt tốt là rất cần thiết nhưng chưa phải là điều kiện đủ để có một liên kết tốt, bên cạnh yếu tố góc thấm ướt còn có nhiều yếu tố quan trọng khác ảnh hưởng đến tính chất liên kết giữa cốt và nền như: cơ tính, hoá tính, hình dạng và cấu trúc của vật liệu. Tính toán động học quá trình nóng chảy cho phép ta ước lượng thời gian cần thiết để tạo ra liên kết bền chắc giữa cốt và nền trong quá trình xuất hiện pha lỏng. Lượng thích hợp của pha lỏng ở điểm eutectic có nhiệt độ nóng chảy nhỏ hơn nhiệt độ nóng chảy của các cấu tử là điều kiện cần thiết để thấm ướt dạng sợi và hạt của vật liệu. Đặc trưng cho sự thấm ướt đó là góc thấm ướt  $\theta$  (hình 1.5). Góc  $\theta$  càng nhỏ thì khả năng thấm ướt càng tốt và khi  $\theta = 0$  thì thấm ướt hoàn toàn.

Khi có tiếp xúc rắn - rắn có thể tạo ra liên kết cơ học hoặc hoá học.



Liên kết cơ học giữa cốt và nền là do tác dụng của ngoại lực, nền và cốt thâm nhập vào nhau thông qua sự mấp mô bề mặt của nó từ đó tăng lực ma sát giữa cốt và nền dẫn đến tăng độ bền cho vật liệu.



Hình 1.5. Góc thấm ướt

Liên kết hoá học được tạo ra khi pha rắn gắn kết với pha rắn là nhờ quá trình khuếch tán và phản ứng hoá học. Phần lớn các hệ composite nền kim loại ở trạng thái không cân bằng về mặt nhiệt động học, đây chính là động lực cho quá trình khuếch tán và phản ứng hoá học xảy ra khi có các điều kiện nhiệt động học thích hợp.

**Bảng 1.1.** Một vài ứng dụng của vật liệu composite

TT	Vật liệu nền	Vật liệu cốt	Ứng dụng
1	Cơ sở Cu	C, Si W	Buồng đốt Miệng phun rốc két tàu con thoi Bộ trao đổi nhiệt
2	Cơ sở Ni	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> W SiC TiB <sub>2</sub> , TiC	Khung gá Trục máy Lưỡi dao cạo Vật liệu điện
3	Cơ sở Al	SiC, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , C	Thân máy bay

Việc nghiên cứu về vật liệu composite đã thực sự trở thành một ngành khoa học độc lập. Trên thế giới, đặc biệt là tại các nước công nghiệp phát triển, ngành khoa học vật liệu composite đã tiến rất xa. Vật liệu composite đã được nghiên cứu và ứng dụng rất rộng rãi, nó chiếm tới 80% thành phần của các sản phẩm phục vụ đời sống con người. Trong các ngành công nghệ cao thì vật liệu composite đã trở thành vật liệu không thể thiếu và không thể thay thế được hiện nay. Vật liệu composite đang dần dần thay thế cho vật liệu được sản xuất theo các phương pháp

truyền thống. Vật liệu composite có tính chất kết hợp từ những ưu điểm của các cấu tử, đáp ứng tối đa các yêu cầu về công nghệ. Dưới đây là một vài ứng dụng của vật liệu composite trong ngành hàng không vũ trụ.

## **1.4. Vật liệu tiếp điểm điện**

### **1.4.1. Khái niệm chung về vật liệu tiếp điểm điện**

Vật liệu tiếp điểm điện là chi tiết thiết bị điện, tác dụng của nó là cho dòng điện đi qua trong một thời gian ngắn và cắt mạch, do đó nó có ý nghĩa điều khiển sự vận hành của cơ cấu thiết bị [5].

Tiếp điểm được dùng để đóng mạch điện truyền và cho dòng điện chạy qua và ngắt mạch. Tiếp điểm từ các kim loại nguyên chất và hợp kim đồng nhất thông thường không đáp ứng được yêu cầu sử dụng cụ thể. Tiếp điểm được chế tạo theo phương pháp luyện kim bột đã liên kết được các tính chất của các cấu tử riêng biệt thành vật liệu tổ hợp (composite). Điều này cho phép có thể không chỉ thay thế tiếp điểm được chế tạo từ kim loại quý truyền thống (Au, Ag, Pd, Pt) bằng composite thiêu kết. Tiếp điểm được chế tạo từ composite thiêu kết làm tăng tính chất sử dụng của chúng (độ bền ăn mòn và bền cháy) và giảm tiêu hao vật liệu khi chế tạo.

#### **1.4.1.1. Yêu cầu đối với vật liệu làm tiếp điểm**

Tiếp điểm điện làm việc trong điều kiện hết sức khắc nghiệt: tải trọng lớn, chịu dòng điện lớn, nhiệt độ hồ quang cao,... Ngoài ra, tiếp điểm còn tiếp xúc với môi trường không khí do đó dễ bị ăn mòn và tạo ra một lớp sản phẩm ăn mòn bao phủ trên bề mặt của tiếp điểm, làm xấu đi tính dẫn điện và điện trở tiếp xúc tăng lên.

Ngoài sự ăn mòn trong không khí, tiếp điểm còn chịu sự xói mòn do tia lửa điện xuất hiện giữa các bề mặt tiếp xúc khi đóng ngắt mạch điện. Hiện tượng ăn mòn sẽ xảy ra mạnh hơn đối với các tiếp điểm chế tạo bằng 2 kim loại khác nhau, do tạo ra 1 cặp pin nên gây ra sự ăn mòn điện hóa. Khi điện trở tăng lên, tiếp điểm bị nung nóng, làm nóng chảy cục bộ vật liệu tiếp điểm. Từ các điều kiện làm việc nêu trên, ta có các yêu cầu đối với các vật liệu chế tạo tiếp điểm:

- Tính dẫn điện, dẫn nhiệt tốt để không nóng quá nhiệt độ cho phép khi những tiếp điểm này có dòng điện định mức đi qua.
- Độ bền mòn (ăn mòn hóa học, cơ học tốt).
- Nhiệt độ nóng chảy và nhiệt độ hóa hơi cao, ôxit của nó phải có điện dẫn suất lớn (tức là để có thể chịu được dòng ngắn mạch cao,  $R_{tx}$  nhỏ)

- Độ bền nén cao để có thể chịu được áp suất ép lớn.
- Độ bền đối với hồ quang điện (đối với tiếp điểm đóng, ngắt).
- Giá công dễ dàng mà giá thành hạ

Bên cạnh những điểm nêu trên, nó phải thỏa mãn các điều kiện tùy thuộc và dạng tiếp điểm (có 3 dạng tiếp điểm cố định, di động và trượt)

+ Tiếp điểm cố định: độ bền nén cao để có thể chịu được áp lực lớn (lực ấn lớn), điện trở ổn định trong thời gian làm việc lâu dài ( $R_{tx}$  ổn định)

+ Tiếp điểm di động: hệ này làm việc theo cách ấn (đóng và mở các MC điện, Công tắc tơ, Rơle điện ...), chống mài mòn khi đóng mở, chống hồ quang không bị hàn chặt.

+ Tiếp điểm trượt: Chúng làm việc theo cách trượt như ổ góp máy điện, DCL ... phải có khả năng chống mài mòn tốt.

Căn cứ vào chế độ làm việc, tiếp điểm được chia thành 2 loại: dòng lớn, dòng nhỏ; sự phân chia này chỉ mang tính chất tương đối.

Tiếp điểm dòng lớn sẽ xuất hiện hồ quang điện, dẫn đến nhiệt độ ở bề mặt tiếp điểm tăng cao, dẫn tới nóng chảy cục bộ vật liệu khi có dòng điện đi qua.

Tiếp điểm dòng nhỏ vật liệu chống được sự hao mòn do tần suất đóng ngắt lớn.

Yêu cầu cơ bản đối với các tiếp điểm điện là tính dẫn điện và dẫn nhiệt tốt, ngoài ra điện trở trong của nó phải nhỏ để ít bị nung nóng khi có dòng điện chạy qua và khi bị nung nóng bản thân nó cũng không bị phá hủy. Khả năng truyền điện của các bộ phận tiếp điểm cần đảm bảo sao cho thiết bị làm việc tin cậy khi thu nhỏ kích thước của nó, ngoài ra nó còn đòi hỏi có độ bền ăn mòn trong điều kiện khí quyển và khí hậu tồn tại trong bản thân các thiết bị [5].

#### **1.4.1.2. Các yếu tố ảnh hưởng tới độ bền của các tiếp điểm**

##### **Bản chất bề mặt**

Điện trở của tiếp điểm càng lớn khi điện trở suất của vật liệu càng lớn và điện trở càng nhỏ khi ứng suất của vật liệu càng nhỏ, vì vật liệu càng mềm thì sự biến dạng của vật liệu càng dễ dàng và số lượng điểm tiếp xúc càng lớn, tức là tổng bề mặt tiếp xúc càng tăng lên

Khi phụ tải thay đổi hay ngắn mạch, sinh ra ứng suất rất lớn làm yếu tiếp điểm

Bản chất của vật liệu và những điều kiện làm việc ảnh hưởng đến sự ăn mòn các tiếp điểm (tác động của không khí, nước, hóa chất ...) tạo nên trên bề mặt tiếp xúc lớp làm xấu tính chất dẫn điện, do đó  $R_{tx}$  tăng lên.

Để tránh ăn mòn, cần ngăn không cho không khí ẩm xâm nhập hay bảo vệ các tiếp điểm bằng phương pháp mạ điện (mạ Sn, Ag đối với Cu).

### **Lực ấn**

Là yếu tố rất quan trọng ảnh hưởng đến điện trở tiếp điểm. Khi cùng một diện tích tiếp xúc, nếu lực ấn càng lớn thì diện tích tiếp xúc càng lớn vì diện tích tiếp xúc thực phụ thuộc vào lực ấn.

Lực ấn ở những tiếp điểm cố định được ghép bằng Bulông cần phải tương đối lớn để đảm bảo  $R_{tx}$  nhỏ, nhưng không được quá lớn vì sẽ tạo nên ứng suất lớn trong vật liệu sẽ làm mất tích đàn hồi sẽ làm xấu môi tiếp xúc.

### **Nhiệt độ của tiếp điểm**

Nhiệt độ từ nhiệt độ bình thường đến  $250^{\circ}\text{C}$ , do điện trở suất tăng theo nhiệt độ vì thế điện trở mà dòng điện đi qua tiếp điểm sẽ tăng.

Nhiệt độ từ  $250\div 400^{\circ}\text{C}$  độ bền của vật liệu giảm làm tăng diện tích tiếp xúc sẽ làm giảm điện trở mà dòng điện đi qua.

Nhiệt độ lớn hơn  $400^{\circ}\text{C}$ , điện trở mà dòng điện đi qua sẽ tăng lại cho đến lúc nóng chảy và khi đó điện trở sẽ giảm đột ngột.

### **Trạng thái của bề mặt lúc tiếp xúc**

Diện tích tiếp xúc càng lớn thì càng tốt (bản chất của tiếp xúc mặt là tiếp xúc điểm)

#### **1.4.2. Phân loại vật liệu tiếp điểm**

Vật liệu tiếp điểm được chia ra làm 2 loại: dùng trong kỹ thuật điện nặng và kỹ thuật điện nhẹ (thông tin, điều khiển, điều tiết). Ở đây, sự phân chia rành mạch không tồn tại, song ở mỗi lĩnh vực của kỹ thuật điện có tải trọng đặc trưng riêng biệt. Vật liệu phục vụ cho vấn đề này phải có thành phần xác định. Vật liệu dùng trong kỹ thuật điện nặng ở mức độ nào đó phải chịu được sự ăn mòn hồ quang điện, xuất hiện khả năng nóng chảy, tiếp điểm khi có dòng điện chạy qua. Điều này dẫn tới không an toàn khi thiết bị làm việc.

Trong kỹ thuật điện nhẹ, mục đích được đặt lên hàng đầu là điện trở tiếp xúc và vận chuyển chất của vật liệu không đổi [5].

### **1.4.3. Các loại vật liệu tiếp điểm khác**

#### **1.4.3.1. Vật liệu làm tiếp điểm cố định**

Vật liệu làm tiếp điểm cố định thường sử dụng là đồng, nhôm, sắt ...

Đồng và hợp kim của nó có phẩm chất cứng nên có thể sử dụng ở điều kiện bình thường, để chống sự ăn mòn được tốt thường phủ Ni, tấm Silic, mạ Ag

Nhôm có độ bền thấp, nên không dùng ở nơi có dòng điện ngắn mạch lớn.

Thép có  $\rho$  lớn nên chỉ dùng khi công suất nhỏ và điện áp lớn.

#### **1.4.3.2. Vật liệu làm tiếp điểm di động**

Platin: Có tính ổn định cao đối với sự ăn mòn trong không khí do không tạo màng oxit nên đảm bảo độ ổn định cho tiếp điểm dẫn tới  $R_{tx}$  nhỏ

Bạc: Bạc tinh khiết ít dùng làm tiếp điểm vì bị hồ quang ăn mòn. Tiếp điểm hợp kim Ag và Cu có độ cứng cao và ăn mòn nhỏ thường được sử dụng.

Ngoài ra còn dùng W, Mo làm vật liệu tiếp điểm.

#### **1.4.3.3. Vật liệu làm tiếp điểm trượt**

Đồng và hợp kim của nó: dùng ở tiếp điểm DCL, tiếp điểm MCD, Cổ góp KCD: máy khoan, máy điện một chiều...

Nhôm dùng làm tiếp điểm của các phương tiện vận tải bằng điện (xe điện)

Cacbon dùng trong các chi tiết KCD, các phương tiện vận tải bằng điện vì nó không ăn mòn dây dẫn điện và có tuổi thọ khá cao.

#### **1.4.3.4. Vật liệu làm tiếp điểm có công suất lớn ( MCD có U cao)**

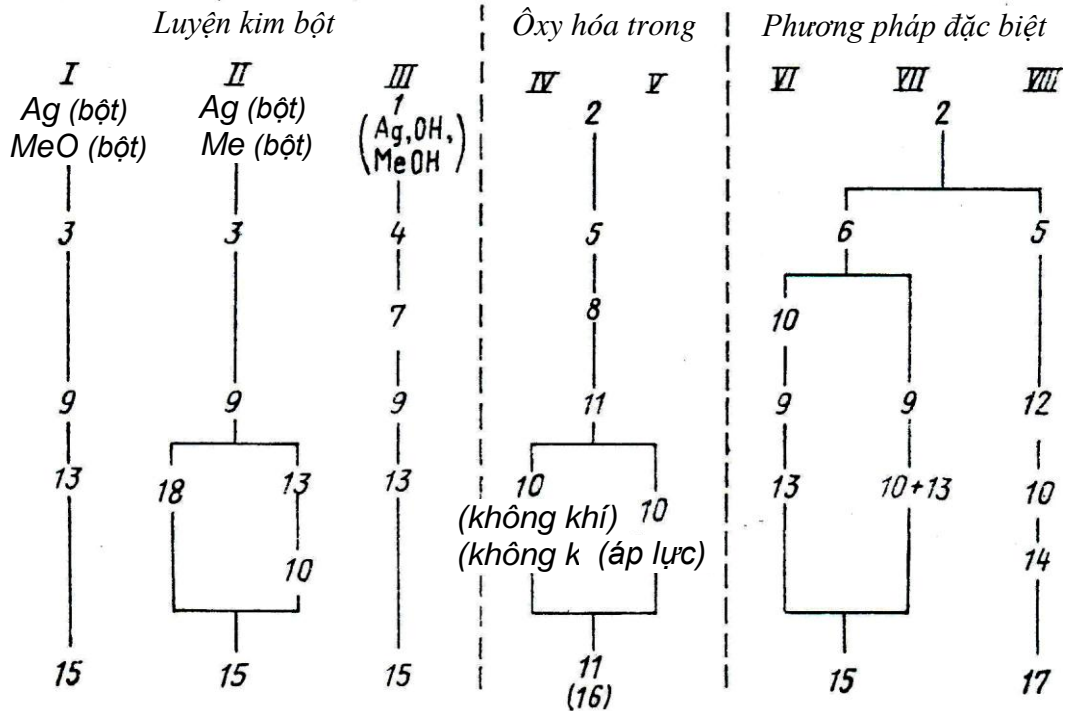
- Là các vật liệu tổng hợp, chúng được tạo nên từ những kim loại khó nóng chảy với kim loại dẫn điện tốt, một kim loại dẫn điện tốt còn kim loại kia có độ bền cao. Những vật liệu này gồm Ag-W, Ag-Ni, Cu-Ni.

- Được sử dụng ở những tiếp điểm có công suất lớn, áp suất tiếp xúc lớn và có độ cứng cao.

### **1.4.4. Phương pháp chế tạo vật liệu composite làm tiếp điểm điện**

Phương pháp chế tạo vật liệu composite biến cứng phân tán theo công nghệ truyền thống (trộn cơ học, ép, thiêu kết). Chất lượng của vật liệu tiếp điểm phụ

thuộc vào sự phân bố đồng đều và nhỏ mịn các hạt á kim. Khi ứng dụng hỗn hợp bột trên cơ sở Ag-Ni và Ag-CdO được tiến hành bằng cách đồng kết tủa hóa học. Composite hệ Ag-CdO, bột trong mỗi phần đều chứa ôxit CdO mịn phân tán bằng cách oxy hóa trong, có thể tồn tại sau khi ép hay thiêu kết. Hình 2.11 trình bày các phương án chế tạo vật liệu thiêu kết trên cơ sở Ag-MeO.



**Hình 1.6.** Các phương pháp chế tạo tiếp điểm hệ Ag-MeO.

- |                      |                          |  |
|----------------------|--------------------------|--|
| 1. Kết tủa hỗn hợp   | 7. Hoàn nguyên từng phần | 13. Thiêu kết                          |
| 2. Hợp kim nóng chảy | 8. Gia công              | 14. Dát mỏng                           |
| 3. Trộn              | 9. Ép                    | 15. Chuẩn kích thước                   |
| 4. Sấy               | 10. Oxy hóa trong        | 16. Đốt dập                            |
| 5. Phôi đúc          | 11. Biến dạng            | 17. Ép đùn                             |
| 6. Phun hợp kim nóng | 12. Chế tạo lá kim loại  | 18. Thiêu kết với ôxit<br>chảy tạo bột |

Dùng phương pháp đốt dập, có thể định hình chi tiết ở dạng bán thành phẩm nhận được khi biến dạng lớn hơn 70%, với các tính chất rất cao. Như vậy sau khi đốt dập với mức độ biến dạng > 75% vật liệu trên cơ sở Ag-CdO, các hạt CdO được định hướng theo chiều biến dạng, gia tăng độ bền nóng của hệ.

## 1.5. Tình hình nghiên cứu composite nền kim loại trên thế giới và Việt Nam

### 1.5.1. Tình hình nghiên cứu trên Thế giới

Trong số các kim loại làm vật liệu nền phổ biến, Cu nổi trội nhờ khả năng dẫn điện tốt [17]. Cu được sử dụng rộng rãi trong dây dẫn điện và hệ thống thiết bị trao đổi nhiệt [10]. Tuy nhiên, nhược điểm lớn nhất của Cu là độ bền thấp, vì vậy đồng cần được tăng bền để đảm bảo các tính năng sử dụng phù hợp mà vẫn giữ được đặc tính nổi trội về khả năng dẫn điện. Phương pháp hóa bền phân tán cho đồng [13] được xem như một phương pháp mới để tạo ra vật liệu có độ bền nhiệt cao mà vẫn giữ được khả năng dẫn điện tốt. Bên cạnh đó, composite nền đồng gia cường bởi các hạt cacbit đã nhận được nhiều sự quan tâm, như một phương pháp lí tưởng tạo ra loại vật liệu vừa có độ bền nhiệt cao vừa đảm bảo độ dẫn điện tốt [17]. Nhiều composite nền Cu gia cường bởi các hạt cacbit được tổng hợp bằng phương pháp in-situ kết hợp với hợp kim hóa cơ học như Cu-NbC [16] và Cu-TiC [10].

Composite nền Cu được gia cường bởi các hạt cacbit WC và TiC có nhiệt độ nóng chảy cao và độ cứng tế vi cao. Các nghiên cứu trước đây trong việc chế tạo các vật liệu composite Cu của Takahashi and Hashimoto chỉ mới thực hiện cho một số cacbit kim loại nhưng chưa thực hiện với cacbit WC làm lớp nền. Các tác giả này cũng đã nghiên cứu hợp chất Cu-Ti-C với các tỉ lệ khác nhau về thành phần của TiC như là 2,5%, 4,15%, 10% và 30% về thể tích bằng phương pháp hợp kim cơ học trong vòng 20 giờ. Nghiên cứu này chỉ tập trung khảo sát cấu trúc phân tử mà không đề cập đến mật độ và quá trình thiêu kết của vật liệu, yếu tố ảnh hưởng tới cơ tính của vật liệu composite nền Cu [25].

Để biết được hướng biến dạng của lớp cốt trong nền kim loại, Baikalova và Lomovsky đã tiến hành quá trình nhiệt luyện bổ sung. Trong các nghiên cứu trước đây cho các hệ Cu-W-C, pha WC và  $W_2C$  đã được quan sát khi nhiệt luyện với nhiệt độ 940°C trong vòng 5 giờ. Bởi vì quá trình nghiên dài (>50 phút) dẫn tới lẫn tạp chất sắt từ bị nghiền và thành khuôn [7].

Trong một nghiên cứu khác, Marques các cộng sự đã tổng hợp composite bao gồm 5%, 10%, 20% thể tích các hạt phân tử NbC tinh thể nano phân tán trong cấu trúc phân tử nano của nền vật liệu đồng ở nhiệt độ phòng [17]. Khi đó, vật liệu nền được tăng cứng bởi sự tăng thể tích của NbC đồng thời phản ánh tính bền nhiệt của các lớp composite ở 600 °C do không có sự xuất hiện của các hạt tinh thể Cu và NbC thô. Độ cứng của Cu-20% NbC tăng đến 4,8GPa sau khi ủ ở 600°C do phản ứng hoàn toàn giữa C và Nb.

Năm 2007, Wang và Wang đã thành công trong việc tổng hợp composite Fe-TiC bằng phương pháp in-situ. Họ đã quan sát quá trình hình thành các phản ứng Fe-TiC-C và cấu trúc phân tử của sản phẩm. Kết quả quan sát cấu trúc phân tử của composite Fe-TiC chỉ ra rằng các phân tử hạt TiC phân bố đồng nhất trong nền sắt. Các phản ứng chỉ ra rằng quá trình chuyển pha  $\alpha\text{Fe} \rightarrow \gamma\text{Fe}$  ở  $765,6^\circ\text{C}$  là sự hình thành của hợp chất  $\text{Fe}_2\text{Ti}$  ở  $1078,4^\circ\text{C}$  điểm cùng tinh giữa Ti và Fe, phản ứng giữa cacbon và  $\text{Fe}_2\text{Ti}$  nóng chảy tạo ra TiC ở  $1138,2^\circ\text{C}$  và sự hình thành các ion  $\text{Fe}_3\text{C}$  (xementit) do quá trình phản ứng cùng tinh giữa cacbon dư và Fe ở  $1146,4^\circ\text{C}$  [26].

Năm 2008, theo Hussain và các cộng sự phương pháp phổ biến nhất để tạo ra các loại vật liệu composite nền kim loại là đúc và luyện kim bột [14]. Trong phương pháp luyện kim bột, hai phương pháp trộn lẫn để kết dính các hạt phân tử khuếch tán trong lớp cốt là nghiền bi và hợp kim hóa cơ học. Phương pháp nghiền bi tốn ít năng lượng hơn, tương đối đơn giản nhưng phương pháp này không đảm bảo sự phân bố đồng nhất của các hạt phân tử khuếch tán vì các hạt nhỏ mịn được tạo ra sẽ kết dính. Phương pháp này thường tạo ra các khuyết tật về ranh giới tạp chất trong vật liệu composite và khó tạo ra liên kết tại biên giới hạt. Phương pháp nghiền năng lượng cao hay phương pháp hợp kim hóa cơ học (mechanical alloying - MA) [8, 9] để liên kết các phân tử hạt nhỏ mịn khuếch tán, đã được ứng dụng rộng rãi trong quá trình phát triển các loại vật liệu composite bởi vì khả năng liên kết nền - cốt tốt.

Đặc tính về độ cứng của composite nền đồng phụ thuộc vào khoảng cách nội phân tử các hạt trong lớp cốt, sự phân bố và độ lớn các hạt của vật liệu cốt [22]. Năm 2008, Rajkovic và các cộng sự đã chế tạo composite nền đồng với hạt cốt có kích thước khác nhau cùng với một lượng  $\text{Al}_2\text{O}_3$  bằng phương pháp oxi hóa trong và nghiền năng lượng cao. Trong nghiên cứu này, việc nghiền Cu-1%Al cho phép tạo ra các hạt nhỏ mịn phân tán ( $1,9\%\text{Al}_2\text{O}_3$  với kích thước xấp xỉ 100 nm) bằng việc ôxi hóa trong. Với Cu-3% $\text{Al}_2\text{O}_3$  tạo ra sự phân bố đồng nhất của loại hạt  $\text{Al}_2\text{O}_3$  trong nền đồng.

Liang và các cộng sự đã công bố quá trình tổng hợp TiC trong hợp chất Cu-Ti-C sử dụng phương pháp phân tích nhiệt vi sai (DTA) và nhiễu xạ tia X (X-ray). Kết quả chỉ ra rằng hợp chất  $\text{Ti}_x\text{Cu}_y$  ( $\text{Ti}_2\text{Cu}$ ,  $\text{TiCu}$ ,  $\text{Ti}_3\text{Cu}_4$  và  $\text{TiCu}_4$ ) được hình thành ban đầu thông qua quá trình phản ứng khuếch tán trạng thái rắn giữa các phân tử Cu và Ti; sau đó lần lượt  $\text{Ti}_2\text{Cu}$  và  $\text{TiCu}$  được hình thành trong Cu-Ti lỏng ở nhiệt độ cùng tích  $1233^\circ\text{K}$ . Các hạt Ti và C không phản ứng được hòa tan trong Cu-Ti lỏng tạo ra sự hình thành hợp chất Cu-Ti-C; kết quả là các hạt TiC hình thành và kết tủa bên ngoài khối chất hợp chất nóng chảy bão hòa. Cùng thời điểm đó, sự hình



thành của hợp chất  $Ti_2Cu$  xảy ra ở các mặt biên giữa các khối lỏng Cu-Ti và các hạt Ti không phản ứng. Vì nhiệt độ tiếp tục tăng, hạt  $Ti_2Cu$  bị nóng chảy và tiếp tục Cu-Ti lỏng được hình thành; và sau đó hạt C tiếp tục hòa tan vào trong Cu-Ti và hạt TiC được hình thành một cách từ từ. Sự giải thích này giúp cho sự nhận thức đầy đủ cơ chế tự lan truyền ở nhiệt độ cao (SHS) trong hợp chất Cu-Ti-C [15].

Năm 2009, Zuhailawati và Mahani đã nghiên cứu ảnh hưởng của thời gian nghiền tới độ cứng và độ dẫn điện của composite Cu-NbC tổng hợp bằng phương pháp in-situ [26]. Nhận thấy rằng các phân tử hạt NbC lắng đọng trong Cu-NbC-C sau quá trình thiêu kết. Các hạt kết tủa này làm tăng cứng cho vật liệu, tuy nhiên độ dẫn điện thấp bởi sự phân tán các hạt NbC nhỏ mịn.

### 1.5.2. Tình hình nghiên cứu ở Việt Nam

Ở nước ta, hiện nay cũng có khá nhiều trung tâm nghiên cứu vật liệu composite được hình thành như Viện khoa học vật liệu, Viện khoa học công nghệ Quân đội và các trường đại học kỹ thuật. Tuy nhiên các trung tâm nghiên cứu này vẫn chủ yếu tập trung nghiên cứu về vật liệu composite nền polymer và chưa chú trọng đến việc nghiên cứu vật liệu composite nền kim loại và vô cơ. Những năm gần đây, tình hình kinh tế nước ta đang phát triển rất nhanh, yêu cầu của quá trình công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước đặt ra các yêu cầu cao đối với khoa học và công nghệ, trong đó có ngành kỹ thuật vật liệu, đặc biệt là vật liệu kim loại.

Phòng thí nghiệm Luyện kim bột, Bộ môn Vật liệu kim loại màu và composite trường Đại học Bách Khoa Hà nội đã có dự án với Bỉ (dự án VLIR-HUT) về chế tạo vật liệu MMCs. Tại đây đã chế tạo thành công nhiều sản phẩm như hợp kim cứng, chuỗi than, bạc bôi trơn...

Năm 2004, Trung tâm nghiên cứu Vật liệu học - khoa Khoa học & Công nghệ vật liệu - trường Đại học Bách khoa Hà nội đã nghiên cứu hoàn thiện công nghệ sản xuất guốc hãm bằng vật liệu composite cho đầu máy và toa xe phục vụ ngành đường sắt. Đã chuyển giao công nghệ cho Xí nghiệp Vật tư vận tải Đường sắt Đông Anh - Tổng công ty Đường sắt Việt nam và các cơ sở khác để sản xuất đại trà giúp ngành đường sắt chủ động được một loại chi tiết ma sát phục vụ cho ngành. Ưu điểm của guốc hãm bằng vật liệu composite là tỷ trọng nhỏ (khoảng  $2,67 \text{ g/cm}^3$ ), hệ số ma sát cao [6].

Gần đây, Viện Kỹ thuật Phòng không - Không quân và Viện Công nghệ - Tổng cục Công nghệ Quốc phòng thuộc Bộ Quốc phòng đã nghiên cứu chế tạo má phanh máy bay bằng công nghệ ép nóng. Má phanh máy bay gồm 3 lớp: tấm đế

bằng thép hợp kim; lớp vật liệu ma sát là composite tổ hợp từ Fe, Cu, thạch anh, amiăng, barit và grafit được chế tạo theo công nghệ luyện kim bột; lớp trung gian giữa đế và vật liệu ma sát là tổ hợp của Fe-Cu [3].

Năm 2009, luận án tiến sĩ của Phạm Ngọc Diệu Quỳnh đã nghiên cứu nâng cao cơ tính và tăng cường khả năng cắt gọt của thép gió bằng việc đưa nano TiC vào nền thép gió siêu mịn, tạo vật liệu composite có cấu trúc nano-macro hỗn hợp theo công nghệ luyện kim bột [4].

Năm 2011, luận án tiến sĩ của Ngô Kiên Cường đã nghiên cứu chế tạo vật liệu tổ hợp bền nhiệt, độ dẫn điện cao bằng phương pháp kết hợp ôxy hóa bên trong và biến dạng dẻo trong ép chảy hệ Cu-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> và Cu-Cr [1].

Trường Đại học bách khoa Hà nội và một vài trung tâm nghiên cứu thuộc Quân đội đã tiến hành nghiên cứu về vật liệu composite nền kim loại. Đây là một lĩnh vực mới đối với ngành khoa học vật liệu nước.

## CHƯƠNG 2

### CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO COMPOSITE NỀN Cu CỐT HẠT TiC

#### 2.1. Cơ sở lý thuyết chế tạo composite nền Cu cốt hạt TiC

Vật liệu composite Cu-TiC là vật liệu có nền bằng Cu, cốt là các hạt TiC nhỏ mịn, nhiệt độ nóng chảy lớn, mô đun đàn hồi lớn, tỷ trọng nhỏ. Đây là một loại composite hóa bền phân tán. Pha cốt TiC phân tán vào trong nền Cu đóng vai trò làm hãm chuyển động của lệch hoặc hóa bền gián tiếp nhờ cản trở quá trình kết tinh lại sau biến dạng dẻo và xử lý nhiệt.

Cốt hạt TiC kết hợp với nền Cu nhờ lực ma sát giữa chúng. Liên kết này chịu ảnh hưởng của bề mặt tiếp xúc giữa nền Cu và cốt TiC. Khi mặt tiếp xúc có độ nhám lớn thì composite tạo thành có liên kết nền cốt bền vững [15].

Giới hạn bền, độ bền nén, độ cứng, độ dẻo của vật liệu composite sẽ chịu tác động của độ đồng đều thành phần, độ phân tán và mức độ nhỏ mịn của pha cốt. Nói một cách khác, độ bền, độ cứng, độ dẻo dai của composite phụ thuộc vào thành phần, kích thước và sự phân bố pha cốt TiC trong nó.

##### 2.1.1. Tính chất của vật liệu nền Cu

Đồng (Cu) là vật liệu dẫn điện quan trọng nhất trong các vật liệu kỹ thuật dẫn điện vì nó có những ưu điểm nổi trội so với các vật liệu dẫn điện khác.

##### ***Đặc tính chung:***

- Điện trở suất  $\rho_{Cu}$  nhỏ (chỉ lớn hơn so với bạc (Ag)).
- Có độ bền đủ lớn, chống mài mòn và ăn mòn tốt.
- Dễ gia công: cán mỏng thành lá, kéo thành sợi, uốn, hàn.
- Có khả năng tạo thành hợp kim tốt.
- Là kim loại hiếm chỉ chiếm khoảng 0,01% trong lòng đất

Đồng dùng trong kỹ thuật điện phải được tinh luyện điện phân, một lượng tạp chất rất nhỏ thì tính dẫn điện của nó cũng giảm đi đáng kể.

Qua nghiên cứu, thấy rằng: nếu trong đồng có 0,5% Zn, Ni hay Al thì điện dẫn suất của nó ( $\gamma_{Cu}$ ) giảm đi 25÷40% và nếu trong đồng có 0,5% Ba, As, P, Si thì có thể giảm đến 55%. Vì vậy để làm vật dẫn, thường chỉ dùng đồng điện phân chứa trên 99,9% Cu [5].

Do thế điện cực của đồng dương hơn so với hydro, do vậy nó là kim loại có tính ổn định chống ăn mòn tốt.

**Bảng 2.1.** Các tính chất vật lý hóa học chính của đồng điện phân

Đặc tính	Đơn vị đo lường	Chỉ tiêu
- Trọng lượng riêng ở 20°C	Kg/dm <sup>3</sup>	8,90
- Điện trở suất ở 20°C	Ωmm <sup>2</sup> /m	
+ Dây mềm	-	0,01748
+ Dây cứng	-	0,01786
- Hệ số thay đổi điện trở suất theo nhiệt độ ở 0 ÷ 150°C	1/°C	0,00393
- Nhiệt độ nóng chảy	W/cm.grd	3,92
- Nhiệt lượng riêng trung bình ở 25°C	°C	1083
- Điểm sôi ở 760mmHg	Kcal/kg.grd	0,0918
- Hệ số giãn nở dài trung bình ở 20°C	°C	2325
- Nhiệt độ kết tinh lại	1/độ ( grd)	16,42.10 <sup>-6</sup>
- Modun đàn hồi, E	°C	200
- Độ bền kéo	kG/mm <sup>2</sup>	13000
+ Dây mềm	kG/mm <sup>2</sup>	
+ Dây cứng		21
- Thế điện hóa so với H		45
	V	+ 0,34

Trong khí quyển, đồng hầu như không bị ăn mòn. Ngay ở nhiệt độ thường trong không khí ẩm, đồng đã bị oxy hóa tạo ra màng Cu<sub>2</sub>O và trở nên đỏ thẫm. Màng Cu<sub>2</sub>O có cấu tạo xít chặt, bảo vệ đồng khỏi bị oxy hóa tiếp tục.

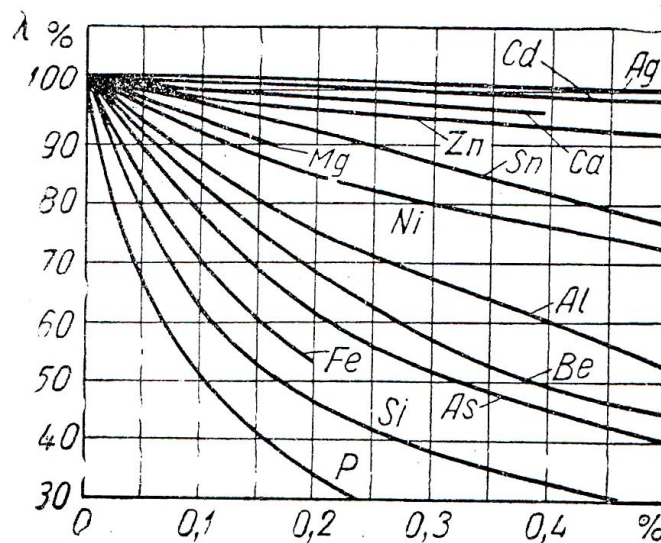
Trong khí quyển ẩm có CO<sub>2</sub>, bề mặt đồng bị mờ và hình thành các đốm màu xanh. Sản phẩm rỉ đồng trong điều kiện này có thành phần chủ yếu gồm rỉ CuCO<sub>3</sub>.Cu(OH)<sub>2</sub>. Rỉ đồng rất độc với con người.

Đồng có khả năng chịu đựng tốt trong nhiều môi trường hữu cơ hoạt tính như rượu, các axit axetic, xitric, lactic, oxalic ... Trong nước biển đồng bị ăn mòn không đáng kể. Các dung dịch axit clohydric, sunfuric loãng (không có oxy hoặc các chất oxy hóa khác) tác dụng yếu lên đồng. Ngược lại, dung dịch axit có chứa oxy và các

chất oxy hóa khác gây ăn mòn đồng rất mạnh. Dung dịch amoniac, các muối amoni là những môi trường gây phá hủy đồng mạnh.

Do đồng có độ dẫn điện cao, dẫn nhiệt cao và độ bền ăn mòn cao nên thường được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp điện. Đồng có mặt hầu hết trong các chi tiết, thiết bị điện như dây dẫn, tiếp điểm điện, công tắc, động cơ điện. Bên cạnh đó đồng cũng được sử dụng khá nhiều trong công nghiệp để chế tạo các vật liệu ma sát, vật liệu kết cấu, chế tạo máy.

Tuy nhiên đồng nguyên chất lại có cơ tính thấp vì vậy ta phải hợp kim hóa nền đồng để tạo cơ tính cao cho đồng. Hàm lượng nhỏ tạp chất cũng làm giảm tính dẫn điện của đồng và làm xấu đi tính chất công nghệ của nó. Mỗi tạp chất lại có những ảnh hưởng khác nhau. Tạp Bi, Pb, S ..., ảnh hưởng không đáng kể đến độ dẫn điện của đồng nhưng làm giảm đột ngột tính chất cơ học. Sắt là tạp chất có hại, sắt làm giảm tính chất điện và mài mòn của Cu. Ôxy ảnh hưởng đến tính chất cơ học, tính công nghệ của đồng như: khó hàn (gây cản trở trong quá trình hàn). Phôpho làm giảm đột ngột độ dẫn điện, nhiệt của đồng. Dưới đây là đồ thị thể hiện ảnh hưởng của tạp chất đến độ dẫn điện của đồng (hình 3.1).



**Hình 2.1.** Ảnh hưởng của một số tạp chất đến độ dẫn điện của đồng

#### **Ứng dụng:**

- Đồng mềm được dùng ở những nơi cần độ bền uốn lớn như: ruột dẫn điện cáp, thanh góp điện áp cao, dây dẫn điện, dây quấn trong các máy điện.

- Đồng cứng được dùng ở những nơi yêu cầu độ bền cao, chịu được mài mòn như làm cổ góp điện, các thanh dẫn ở tủ phân phối, các thanh cái các trạm biến áp, các lưỡi dao chính của cầu dao, các tiếp điểm của thiết bị bảo vệ...

### 2.1.2. Tính chất của cốt hạt TiC

Cacbit Titan (TiC) với tính chất độc đáo duy nhất như nhiệt độ nóng chảy rất cao ( $T_{\text{nóng chảy}} = 3160^{\circ}\text{C}$ ), độ cứng cao, điện trở thấp, độ dẫn nhiệt và dẫn điện cao, bền trong các môi trường xâm thực mạnh và khả năng chịu mài mòn tốt, được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực. Chính vì vậy cacbit titan là vật liệu quý có thể thay thế hoặc kết hợp với vonfram tạo ra các hợp kim có độ cứng và độ bền nhiệt cao dùng làm các cánh tuốc bin khí, rôto, các linh kiện cho các thiết bị thử nghiệm nhiệt độ cao như hợp kim hệ WC-TiC-Co, WC-TiC-TaC-Co, WZ trên cơ sở TiC (35÷75%) liên kết với Ni-Co-Cr. Một lượng lớn cacbit titan được sử dụng để làm thép cacbit để tăng tính cứng và độ bền chống mài mòn của vật liệu, làm thép gió ... Thép cacbit có hệ số ma sát rất thấp so với các vật liệu chống mài mòn khác. Khoảng 95% cacbit titan sản xuất được sử dụng làm hợp kim cứng và vật liệu chịu nhiệt. Bột cacbit titan còn được sử dụng để phun phủ lên các lớp bề mặt vật liệu là tăng tuổi thọ và tiết kiệm nguyên vật liệu nhất là trong các lĩnh vực công nghiệp hàng không, vũ trụ, trong lĩnh vực tự động hoá và năng lượng nguyên tử. Ngoài ra cacbit titan còn được ứng dụng để làm vật liệu bột mài, làm chất xúc tác, làm điện cực thay thế graphite chịu được nhiệt độ cao, chống mài mòn, điện trở cao, dẫn nhiệt tốt.

TiC được sử dụng làm vật liệu cốt dưới dạng cốt hạt. Do kích thước của cacbit nhỏ nên chúng dễ phân tán đều trên nền đồng, cản trở chuyển động của lệch và gây ra hiệu ứng hóa bền cho composite.

Trọng lượng riêng ở 20°C:	4,93g/cm <sup>3</sup>
Nhiệt độ nóng chảy:	3160°C
Độ cứng ở nhiệt độ phòng:	30÷40MPa

TiC có độ bền, độ cứng cao, điện trở thấp, độ dẫn nhiệt và dẫn điện cao, bền trong môi trường xâm thực mạnh và khả năng chịu mài mòn tốt.

Hệ TiC là một hệ hòa tan hữu hạn, chúng tạo thành 3 hợp chất trung gian với nhau là TiC<sub>3</sub>, TiC<sub>0,5</sub> và TiC. Mỗi hợp chất có một kiểu mạng đặc trưng và tồn tại ở những vùng có nhiệt độ và thành phần nhất định.

TiC<sub>3</sub> là dung dịch rắn của cacbon trong titan. Nó được tạo thành trong vùng nhiệt độ từ 1000°C đến 2000°C và có mức hòa tan tối đa của C vào trong Ti là 0,02%. Kiểu mạng của dung dịch này là lập phương tâm khối.

TiC<sub>0,5</sub> là dung dịch rắn của Ti hòa tan tối đa 0,025% C. Dung dịch này được hình thành ở nhiệt độ từ 50÷1000°C và có kiểu mạng sáu phương đơn giản.

TiC được tạo ra trong vùng nhiệt độ từ  $2000 \div 3200^\circ\text{C}$  với mức độ hòa tan tối đa C vào trong nó là  $0,35 \div 0,5\%$ . Kiểu mạng của TiC là lập phương tâm mặt.

### 2.1.3. Lý thuyết hóa bền bằng pha phân tán

Vật liệu composite hoá bền phân tán còn được gọi là composite cốt hạt trong đó vật liệu cốt là các hạt khó chảy như ôxít, nitrua, cacbua ( $\text{SiC}, \dots$ ). Vật liệu cốt này có đặc tính là modun đàn hồi cao, khối lượng riêng nhỏ, tác dụng yếu với nền. Vật liệu cốt  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , SiC phổ biến và giá thành rẻ. Vật liệu composite hoá bền phân tán chủ yếu được chế tạo bằng phương pháp luyện kim bột. Ngoài ra còn có thể đưa trực tiếp hạt cốt vào kim loại (hợp kim) lỏng trước khi rót đúc.

Trong composite hoá bền phân tán, nền tiếp nhận phần lớn tải trọng còn các phần tử cốt phân tán kìm hãm sự chuyển động của lệch khi đặt tải và ngăn cản sự phát triển của biến dạng dẻo và tác dụng hãm lệch càng lớn độ bền càng cao. Các hạt cốt còn có tác dụng hoá bền gián tiếp khi tạo nên tổ chức với sự không đồng trục rất lớn của các hạt (dạng thớ). Tổ chức này tạo thành khi kết hợp biến dạng dẻo với ủ, lúc này các hạt cốt sẽ cản trở một phần hoặc hoàn toàn quá trình kết tinh lại. Ưu điểm của vật liệu composite hoá bền phân tán so với vật liệu composite cốt sợi là có tính đẳng hướng về tính chất.

Mục đích của vấn đề nghiên cứu là tăng độ bền của vật liệu bằng cách giảm kích thước của hạt bột hóa bền cho nên việc xem xét lý thuyết hóa bền phân tán là cần thiết và nguyên tắc chung của việc hóa bền chính là sự cản trở của lệch.

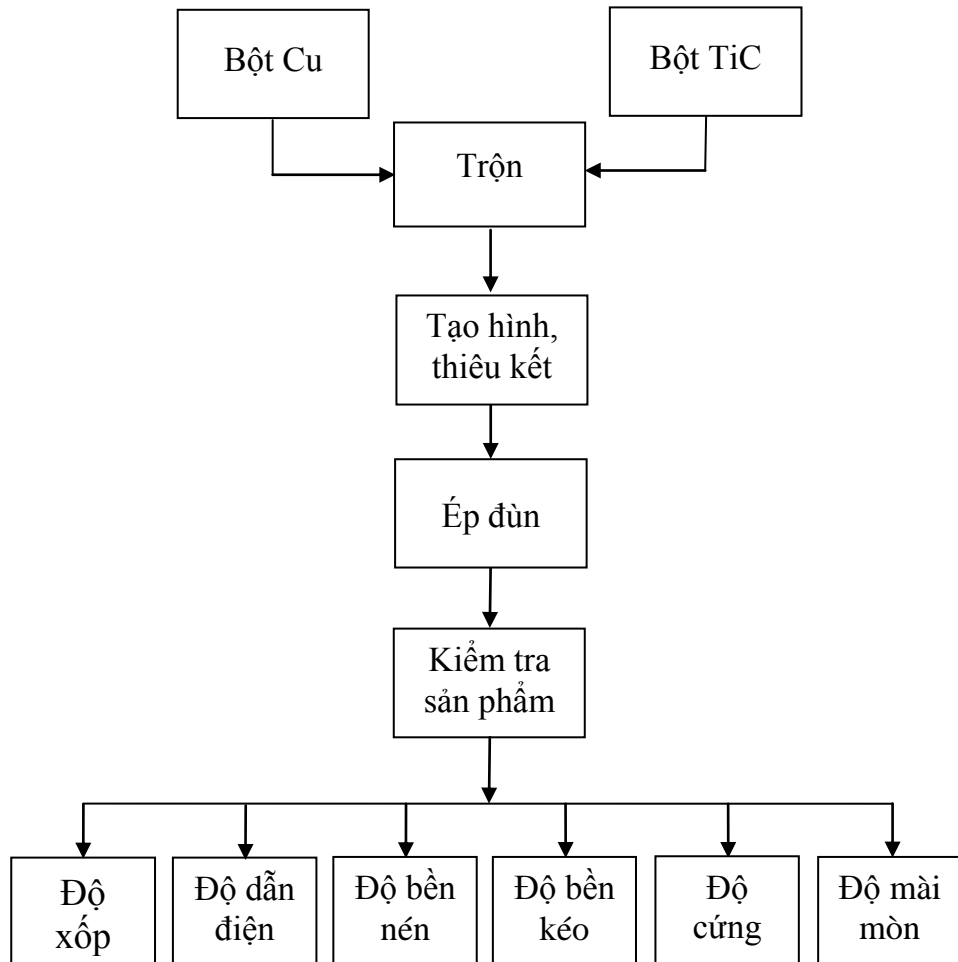
Sự có mặt của pha phân tán ở trong nền làm tăng khả năng chống lại biến dạng dẻo của vật liệu, đó chính là mục đích của hóa bền bằng pha phân tán trong vật liệu. Ta cần phân biệt rõ hóa bền phân tán và biến cứng phân tán (hay còn gọi là sự hóa già). Khi hóa già các hạt phân tán sẽ được tiết ra từ dung dịch rắn và phụ thuộc nhiệt độ. Hợp kim hóa già ở trạng thái cân bằng giả ổn định, khi nhiệt độ tăng lên pha giả ổn định sẽ chuyển sang một cấu trúc khác, chuyển hóa thành pha cân bằng hơn và cuối cùng hòa tan vào trong nền tạo thành dung dịch rắn. Đối với hợp kim hóa bền bằng pha phân tán, pha phân tán không tương tác với nền và tồn tại trong nền cả ở nhiệt độ cao. Tính tương hợp hoàn toàn của pha phân tán cùng với nền đạt được trong trường hợp kim loại nền có oxít khó nóng chảy hoặc kim loại thứ hai không hòa tan [2].

Ví dụ như Ni trong Ag ở hợp kim hệ Ag-Ni. Trường hợp khi hai pha hóa bền phân tán không hòa tan vào nhau sự phân bố pha phân tán trong nền ngay cả khi nhiệt độ tăng cao cũng sẽ không thay đổi, lý do này có thể giải thích như sau:

## 2.2. Công nghệ tổng hợp vật liệu composite Cu-TiC

### 2.2.1. Quy trình nghiên cứu

Trên cơ sở lý thuyết đã trình bày ở phần trên, căn cứ vào các tài liệu đã tham khảo, với nội dung và yêu cầu như đã nêu, tác giả đã xây dựng quy trình nghiên cứu công nghệ tổng hợp vật liệu composite nền Cu cốt hạt TiC như hình 2.2.



**Hình 2.2.** Sơ đồ công nghệ tổng hợp vật liệu composite nền Cu cốt hạt TiC

### 2.2.2. Nguyên vật liệu

#### 2.2.2.1. Bột Cu

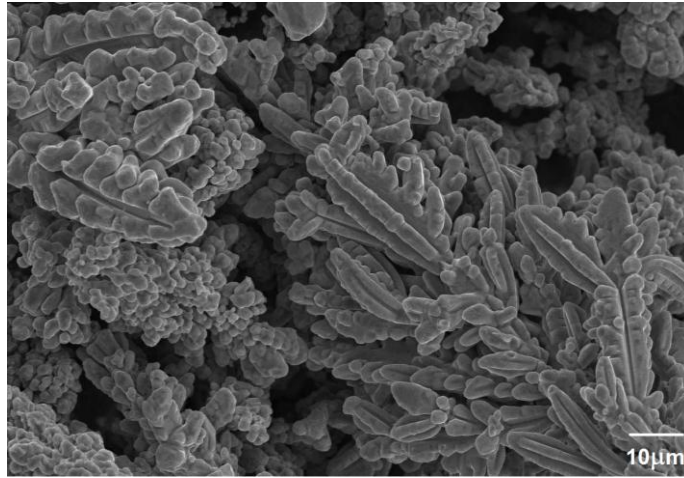
Bột Cu có độ sạch trên 99%, kích thước hạt nhỏ hơn 10  $\mu\text{m}$  và xuất xứ từ Trung Quốc với thành phần hóa học như trong bảng 2.2.

**Bảng 2.2.** Thành phần hóa học của bột Cu

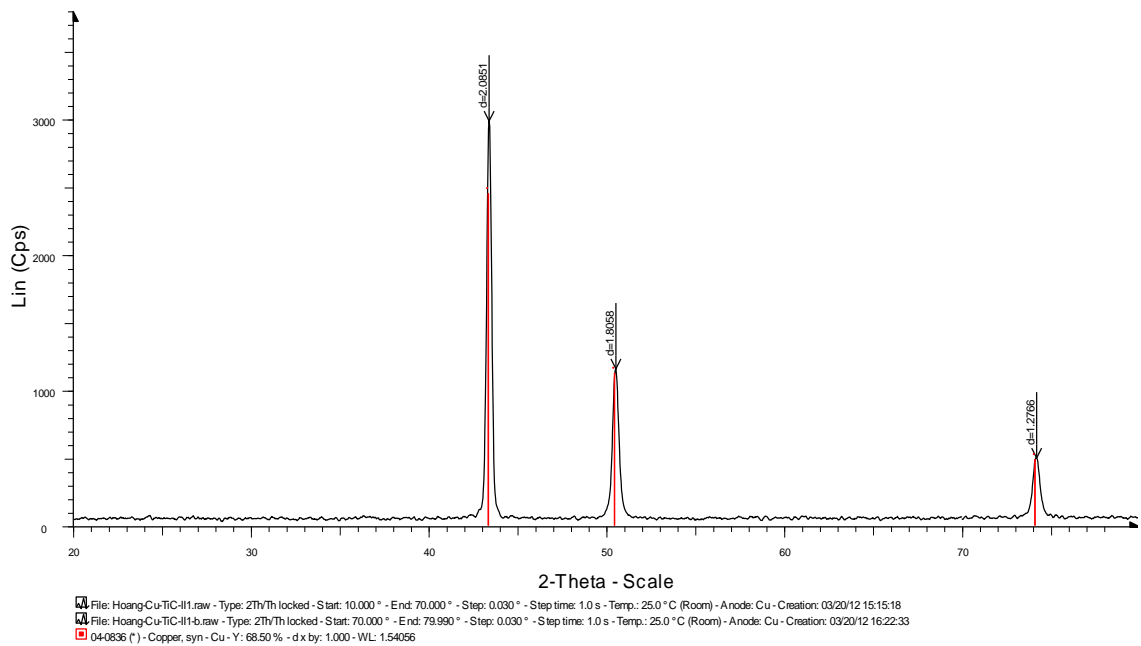
Nguyên tố	Cu	Fe	Ag	Sn, Sb	P	khác
Hàm lượng, %	99.9	0.01	0.005	0.01	0.005	còn lại



Hình dạng và kích thước của bột Cu được trình bày ở hình 2.3. Thành phần pha của bột Cu phân tích qua nhiễu xạ Ronghen được trình bày ở hình 2.4. Từ kết quả phân tích nhiễu xạ Ronghen chứng tỏ Cu có độ sạch như trong bảng 2.2



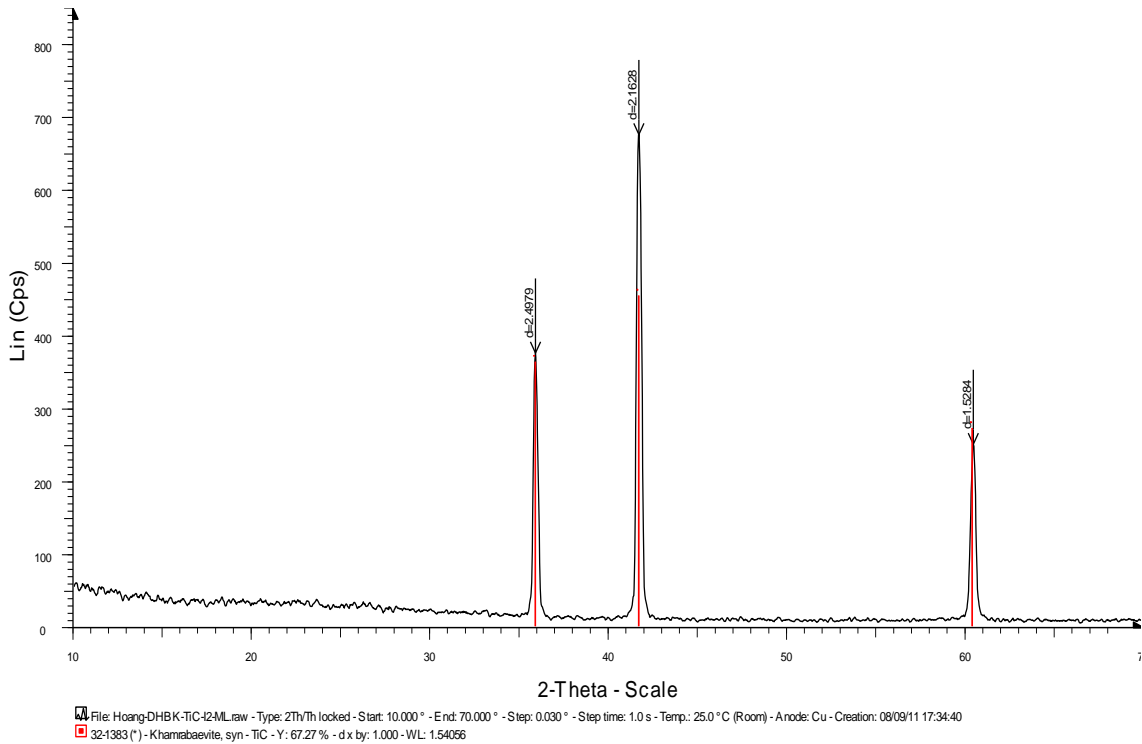
**Hình 2.3.** Ảnh SEM của bột Cu



**Hình 2.4.** Giảm đồ nhiễu xạ Ronghen của bột Cu

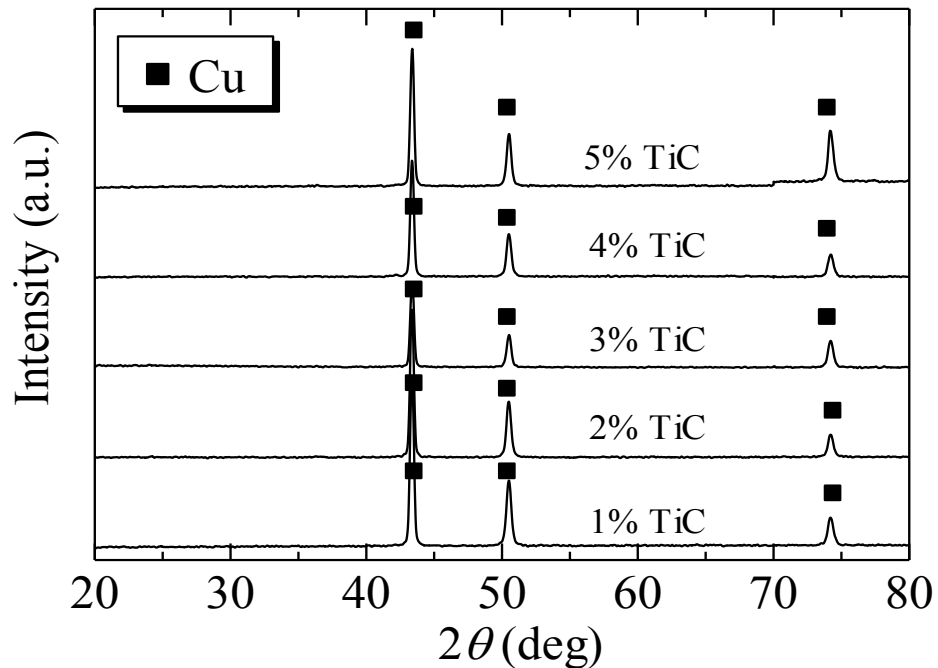
### 2.2.2.2. Bột TiC

Bột TiC với độ sạch  $\geq 98\%$  và kích thước hạt  $\leq 5\mu\text{m}$  có xuất xứ từ Mỹ. Thành phần pha của bột TiC phân tích qua nhiễu xạ Ronghen được trình bày ở hình 2.5.

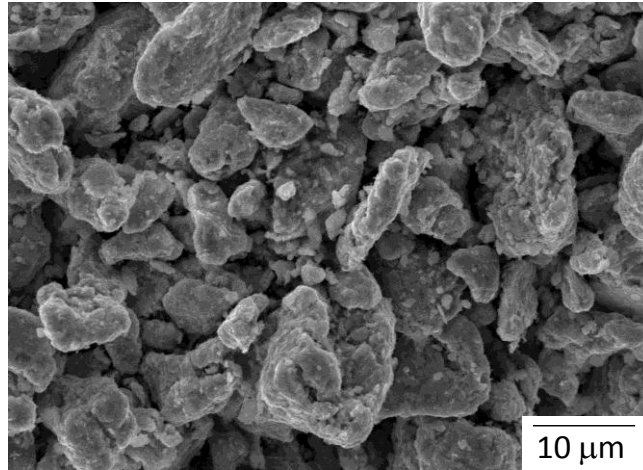


**Hình 2.5.** *Giản đồ nhiễu xạ Ronghen bột TiC*

Hỗn hợp bột Cu và TiC sau nghiền với thành phần phối liệu khác nhau được trộn đều trong máy nghiền hành tinh trong thời gian 2 giờ với tốc độ vòng quay là 150 vòng/phút. Qua phổ nhiễu xạ Ronghen hỗn hợp bột Cu-TiC sau trộn (hình 2.6) chứng tỏ trong quá trình trộn không xảy ra phản ứng hóa học giữa Cu và TiC.



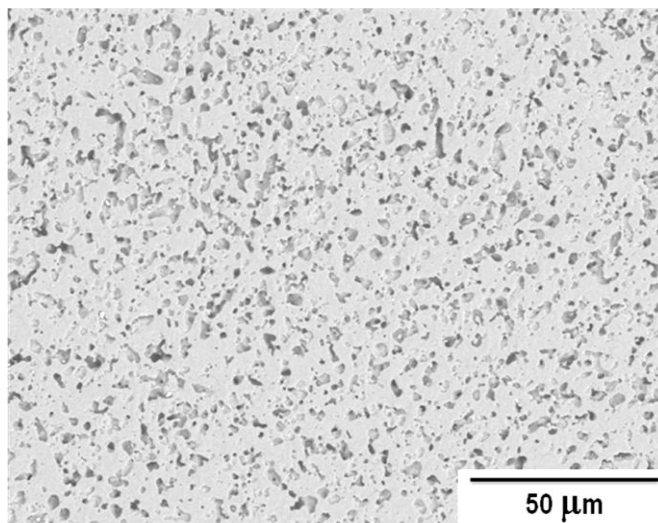
**Hình 2.6.** *Giản đồ nhiễu xạ Ronghen hỗn hợp bột Cu-TiC sau trộn*



**Hình 2.7.** Ảnh SEM của hỗn hợp bột Cu-3%TiC sau trộn

Hình 2.7 là ảnh SEM của hỗn hợp bột Cu-3%TiC sau 2 giờ trộn trong máy nghiền hành tinh, cho thấy các hạt nano TiC đã bám dính lên bề mặt bột Cu dẻo bị biến dạng.

Hình 2.8 là tổ chức tế vi của của hỗn hợp bột Cu-3%TiC sau ép gồm các hạt TiC (màu đen) và nền Cu (màu xám), cho thấy qua 2 giờ trộn trong máy nghiền hành tinh thì các hạt TiC đã phân bố đồng đều trên nền Cu.



**Hình 2.8.** Ảnh tổ chức tế vi của hỗn hợp bột Cu-3%TiC sau tạo hình

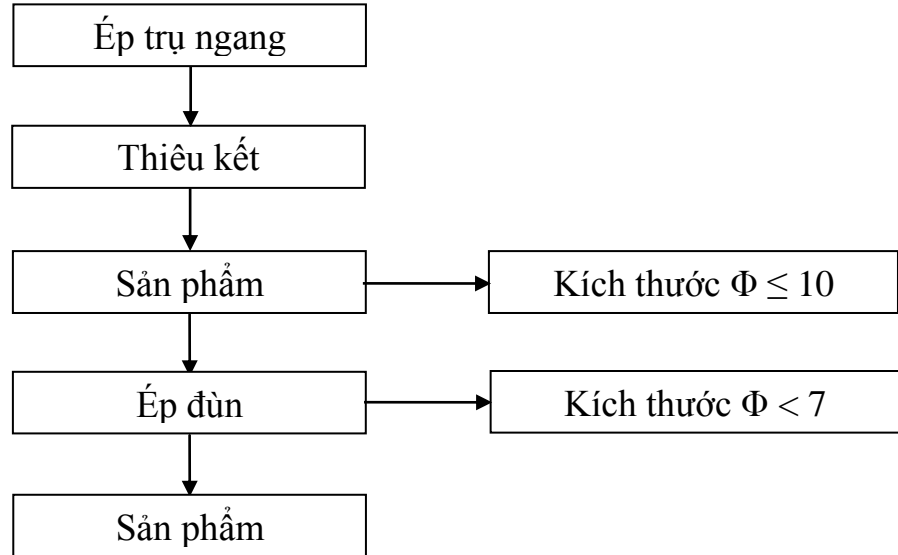
### 2.2.3. Các bước tiến hành

#### 2.2.3.1. Quá trình ép tạo hình và thiêu kết sơ bộ

Trong đề tài nghiên cứu, ngoài việc khảo sát cơ tính với mục đích sử dụng vật liệu tổng hợp Cu-TiC ứng dụng trong ngành kỹ thuật điện, chúng tôi tiến hành xác định tính chất điện của vật liệu đó mà đặc trưng nhất là khả năng dẫn điện của vật liệu. Xác định điện trở riêng của vật liệu được tiến hành theo công thức sau:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} \Rightarrow \rho = \frac{R \cdot S}{l} \quad (2.1)$$

Từ công thức trên có thể thấy, để tăng độ chính xác khi xác định điện trở kích thước mẫu phải có tiết diện nhỏ và chiều dài lớn.



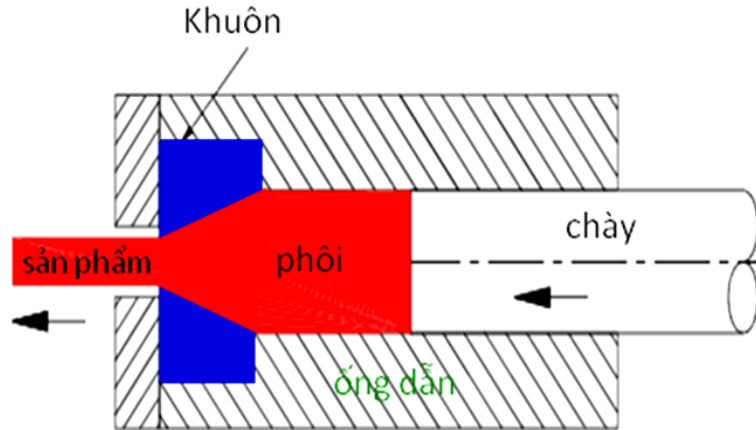
**Hình 2.9.** Sơ đồ công nghệ tạo hình vật liệu composite nền Cu cốt hạt TiC

Việc sử dụng công nghệ ép đùn vừa có thể tạo ra được mẫu dài có tiết diện nhỏ và kích thước chính xác, còn có thể tăng mật độ vật ép. Quá trình tạo mẫu tiến hành theo sơ đồ hình 2.9.

Khuôn ép sơ bộ được chế tạo có đường kính 10mm, dài 100mm, tiết diện tiếp xúc với chày ép là 1570 mm<sup>2</sup> và ép ở các áp lực 200 MPa. Mẫu sau khi ép sơ bộ được thiêu kết trong lò ở nhiệt độ các nhiệt độ 850, 900 và 950 °C, thời gian giữ nhiệt 2 giờ trong môi trường hoàn nguyên.

### 2.2.3.2. Quá trình ép đùn

Ép đùn là một phương pháp tạo hình vật liệu quan trọng. Từ thế kỷ 19, ép đùn đã được ứng dụng để sản xuất ống chì và đến cuối thế kỷ này mới ép đùn được đồng thau. Ép đùn nguội được áp dụng cho các vật liệu phù hợp với biến dạng nguội như thiếc, kẽm, đồng, nhôm và hợp kim của chúng, thép cacbon thấp và được sử dụng để sản xuất các sản phẩm rỗng và hình dạng đặc biệt [27].



**Hình 2.10.** Mô hình nguyên lý quá trình ép đùn nguội

Vật liệu nhận được sau thiêu kết có mật độ không cao, một số tính chất không đảm bảo nên chúng tôi đã tiến hành ép đùn để tăng mật độ, làm giảm tiết diện (sản phẩm sau ép đùn có đường kính nhỏ hơn 7 mm) và tăng chiều dài. Hình 2.12 là mô hình nguyên lý ép đùn.

## 2.2.4. Thiết bị nghiên cứu

### 2.2.4.1. Máy nghiền hành tinh

Để trộn đồng đều thành phần, tăng cường khả năng phân bố cốt đều vào trong nền và làm giảm kích thước hạt, bột được đưa vào máy nghiền hành tinh 1 tang quay Pulverisette (hình 2.11). Đây là loại máy nghiền được sản xuất ở Cộng hòa Liên bang Đức. Bi và tang nghiền trộn được làm bằng hợp kim cứng, tốc độ quay tối đa 500 vòng/phút.



**Hình 2.11.** Máy nghiền hành tinh Pulverisette

### 2.2.4.2. Thiết bị thiêu kết



*Hình 2.12. Thiết bị thiêu kết Linn 1300*

Sản phẩm sau ép tạo hình được tiến hành thiêu kết trong lò Linn 1300 (hình 2.12) có nhiệt độ nung lớn nhất là  $1300^{\circ}\text{C}$ . Lò Linn 1300 được sản xuất tại Cộng hòa Liên bang Đức và chương trình hoạt động sử dụng hệ thống điều khiển SE-40Li.

Môi trường thiêu kết, với vật liệu composite nền Cu thường sử dụng là môi trường hoàn nguyên.

### 2.2.5. Các phương pháp phân tích, kiểm tra

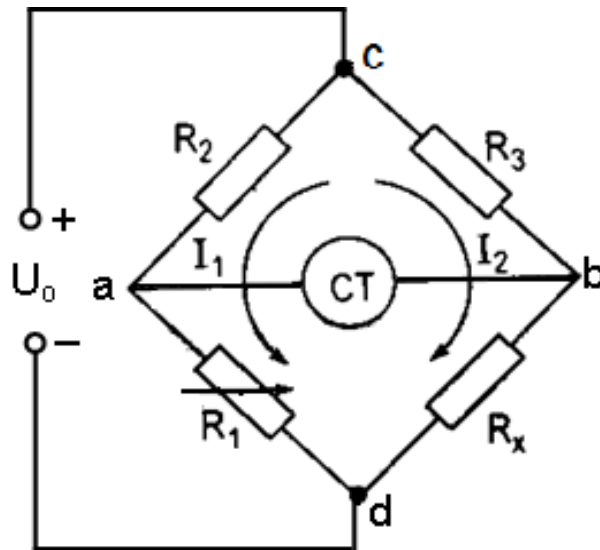
Trong quá trình kiểm tra các tính chất của composite nền Cu cốt hạt TiC như giới hạn bền kéo, giới hạn bền nén, độ cứng, độ mài mòn và độ dẫn điện chúng tôi đã sử dụng nhiều phương pháp khác nhau để phân tích. Các phương pháp, thiết bị phân tích cơ tính đã được trình bày ở nhiều tài liệu khác nhau. Trong luận án này chúng tôi trình bày tập trung vào phương pháp kiểm tra độ dẫn điện của vật liệu.

Để kiểm tra độ dẫn điện có nhiều phương pháp nhưng ở đây đề tài chỉ nêu lên hai phương pháp đã sử dụng để đo độ dẫn điện của vật liệu composite, đó là: Cầu cân bằng điện trở (cầu Wheatstone và cầu Kelvin) và phương pháp dựa vào hiệu ứng Hall.

#### 2.2.5.1. Phương pháp cầu đơn (cầu Wheatstone)

Cầu đơn là một thiết bị dùng để đo điện trở chính xác. Mạch cầu được trình bày hình 2.13 gồm hai điện trở cố định  $R_2$  và  $R_3$  và điện trở điều chỉnh được  $R_1$ ,

điện trở cần đo  $R_x$  và điện kế chỉ không (CT). Cầu được cung cấp bằng nguồn điện một chiều  $U_0$ . Các điện trở  $R_1, R_2, R_3$  được chế tạo bằng điện trở Manganin có độ ổn định và độ chính xác cao.



**Hình 2.13.** Sơ đồ nguyên lý cầu đơn

Để xác định điện trở chưa biết  $R_x$  ta điều chỉnh biến trở  $R_1$  cho tới khi điện kế chỉ zêrô, lúc đó cầu ở chế độ cân bằng nghĩa là điện kế tại hai điểm  $V_a = V_b$  ( $U_{ab}=0$ ) do dòng điện không đi qua điện kế nên  $I_1$  sẽ chạy qua  $R_1, R_2$  và  $I_2$  chạy qua  $R_3, R_x$  ta có:

$$I_1 R_2 = I_2 R_3 \quad (2.2)$$

$$I_1 R_1 = I_2 R_x \quad (2.3)$$

Chia 2 biểu thức cho nhau, ta được

$$\frac{I_1 R_2}{I_1 R_1} = \frac{I_2 R_3}{I_2 R_x} \text{ hay } \frac{R_2}{R_1} = \frac{R_3}{R_x} \text{ và } R_x R_2 = R_1 R_3 \quad (2.4)$$

Từ 3.5 tính được điện trở cần đo

$$R_x = \frac{R_3}{R_2} R_1 \quad (2.5)$$

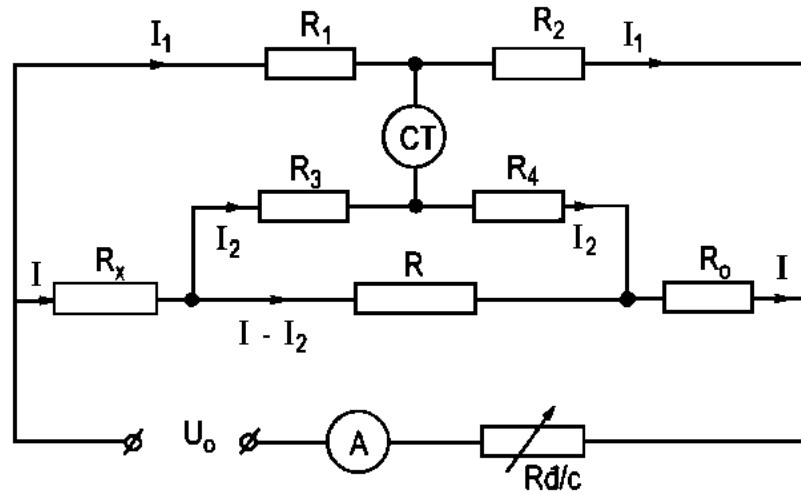
Cấp chính xác của cầu đơn đo điện trở thuần phụ thuộc vào giới hạn đo.

Ví dụ: giải đo  $R = 50 \div 10^5 \Omega$  cấp chính xác 0,05%

giải đo  $R = 10^5 \div 10^6 \Omega$  đạt cấp chính xác 0,5%.

### 2.2.5.2. Phương pháp cầu kép (Cầu Kelvin)

Để đo các điện trở nhỏ thường dùng cầu kép ( $10^{-6} \div 1\Omega$ ), hình 2.14. Cầu kép khác với cầu đơn ở chỗ có thêm một số điện trở, trong đó  $R_0$  là điện trở chuẩn có giá trị nhỏ và  $R_1, R_2, R_3, R_4$  là những điện trở điều chỉnh được.



**Hình 2.14.** Sơ đồ nguyên lý cầu kép

Nếu tỉ số  $R_3/R_4$  giống như  $R_1/R_2$  thì sai số do độ sụt áp trên  $R$  được bỏ qua. Giả sử khi chỉ thị chỉ zêrô (không có dòng điện qua chỉ thị) và điện áp đầu ra của chỉ thị là  $U_{CT}=0$ . Với điều kiện trên ta có dòng  $I_1$  sẽ chạy qua  $R_1$  và  $R_2$ , dòng  $I$  chạy qua  $R_x, R_0$ , dòng  $I_2$  qua  $R_4$  và  $R_3$  và  $I - I_2$  chạy qua  $R$ .



**Hình 2.15.** Cầu điện trở cân bằng

Sau công đoạn thiêu kết thì sản phẩm thu được có hình dáng và kích thước nhất định, cơ lý tính ổn định. Điện trở là đại lượng đặc trưng cho tính chất vật lý của vật liệu, thể hiện khả năng cản trở dòng điện của vật liệu. Trong nghiên cứu này



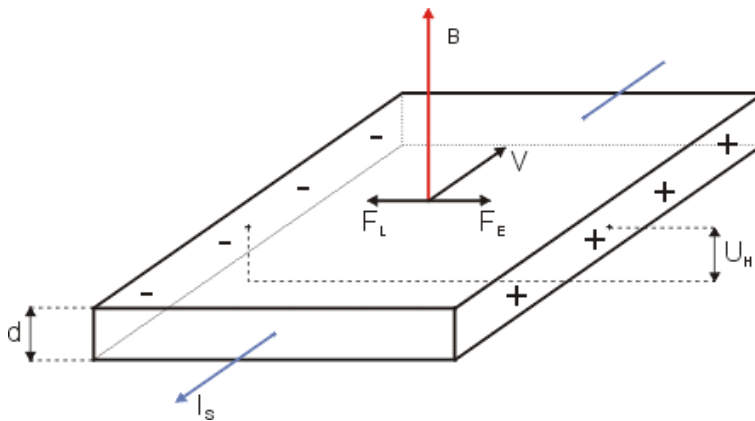
chúng tôi sử dụng phương pháp cầu cân bằng điện trở để tiến hành xác định điện trở của sản phẩm. Phương pháp cầu cân bằng điện trở cho phép xác định được giá trị điện trở tuyệt đối của vật liệu với sai số nhỏ (0,01%).

Điện trở suất của mẫu composite nền Cu cốt hạt TiC sau thiêu kết được xác định bằng thiết bị đo điện trở là cầu cân bằng kép (Liên Xô cũ) (hình 2.15).

### 2.2.5.3. Phương pháp hiệu ứng Hall

Hiệu ứng Hall là một hiệu ứng vật lý được thực hiện khi áp dụng một từ trường vuông góc lên một bản làm bằng kim loại hay chất bán dẫn hoặc chất dẫn điện nói chung (gọi là thanh Hall) có dòng điện chạy qua. Lúc đó người ta nhận được hiệu điện thế (hiệu thế Hall) sinh ra tại mặt đối diện của thanh Hall. Tỷ số giữa hiệu điện thế Hall và dòng điện chạy qua thanh Hall gọi là điện trở Hall, đặc trưng cho vật liệu làm nên thanh Hall. Hiệu ứng này được khám phá bởi Edwin Herbert Hall vào năm 1879.

Hiệu ứng Hall được giải thích dựa vào bản chất của dòng điện chạy trong vật dẫn điện. Dòng điện này chính là sự chuyển động của các điện tích (như electron trong kim loại). Khi chạy trong từ trường, các điện tích chịu lực Lorentz bị đẩy về một trong hai phía của thanh Hall, tùy theo điện tích chuyển động đó âm hay dương. Sự tập trung các điện tích về một phía tạo ra sự tích điện trái dấu ở hai mặt của thanh Hall và gây ra điện thế Hall.



**Hình 2.16.** Hướng và chiều tác dụng trong hiệu ứng Hall

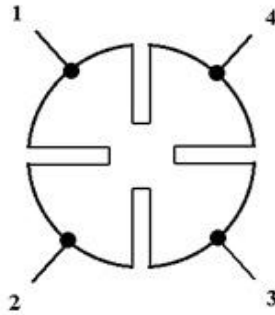
Để đảm bảo phép đo đáng tin cậy, mẫu đo phải đáp ứng các yêu cầu sau:

- Độ dày của mẫu phải đồng đều.
- Mẫu đồng nhất (không có lỗ hổng, bọt khí...) không có dị hướng.
- Bốn điện cực nằm ở mép của mẫu.
- Diện tích tiếp xúc của điện cực phải nhỏ hơn một bậc so với diện tích mẫu.

Để tính điện trở bề mặt ( $R_s$ ) ứng với các lần đo khác nhau ta cần tính  $R_{doc}$  và  $R_{ngang}$  như công thức.

$$R_{doc} = \frac{R_{12,34} + R_{34,12} + R_{21,43} + R_{43,21}}{4} \quad (2.6)$$

$$R_{ngang} = \frac{R_{23,41} + R_{41,23} + R_{32,14} + R_{14,32}}{4} \quad (2.7)$$



**Hình 2.17.** Hình dạng mẫu đo được sử dụng trong nghiên cứu

Với mẫu đáp ứng tốt các yêu cầu về mẫu đo như trên thì  $R_{doc} = R_{ngang} = R_s$ , khi đó điện trở bề mặt là:

$$R_s = \frac{\pi \cdot R}{\ln 2} \quad (3.18)$$



**Hình 2.18.** Máy đo hiệu ứng Hall (Hall Measurement system 7600 Series)

Để đối sánh độ dẫn điện của lớp biến dạng và không biến dạng sau ép đùn nguội, sản phẩm đã được đo điện trở bằng máy đo hiệu ứng Hall (Hall Measurement system 7600 Series) (hình 2.18). Hệ đo hiệu ứng Hall do hãng Lakeshore - Mỹ chế tạo, thiết bị sử dụng hệ điều hành windows NT để điều khiển

giúp cho người vận hành dễ dàng sử dụng với các giao diện thân thiện. Các kết quả đo được xử lý hoàn toàn tự động bằng máy cho kết quả nhanh chóng với độ chính xác cao.

#### 2.2.5.4. Máy đo độ cứng

Độ cứng của vật liệu composite Cu-TiC được kiểm tra trên máy đo độ cứng Máy đo độ cứng Mitutoyo Rockwell, Model: HR-521 (hình 2.19) và Máy đo độ cứng tế vi QUALITEST, Model: QV-1000DM (hình 2.20) của Phòng Công nghệ vật liệu - Viện nghiên cứu phát triển công nghệ cao về Kỹ thuật công nghiệp, trường đại học Đại học Kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên.



*Hình 2.19. Máy đo độ cứng Mitutoyo Rockwell, Model: HR-521*



*Hình 2.20. Máy đo độ cứng tế vi QUALITEST, Model: QV-1000DM.*

### 2.2.5.5. Máy đo độ bền nén, kéo

Độ bền kéo, nén của vật liệu composite Cu-TiC được kiểm tra trên Máy thử cơ tính vạn năng Model: WP310 của Bộ môn Thiết kế Cơ khí - khoa Cơ khí, trường đại học Kỹ thuật Công nghiệp (hình 2.21).



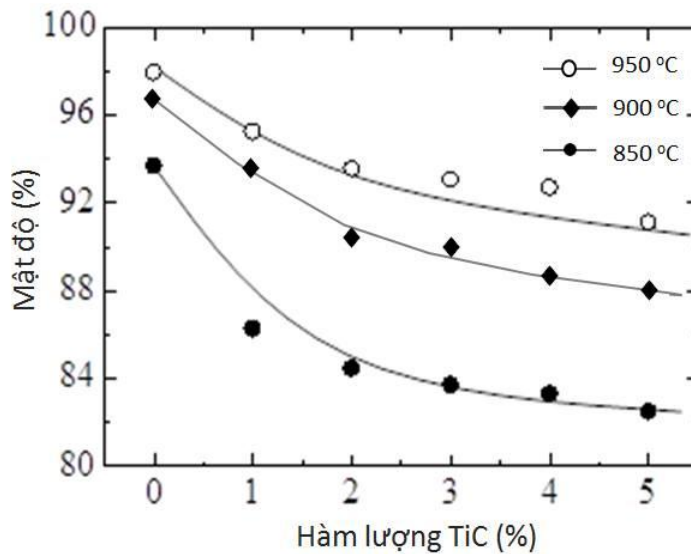
*Hình 2.21. Máy thử cơ tính vạn năng (Nhà sản xuất: GUNT, Model: WP310)*

### CHƯƠNG 3

#### CÔNG NGHỆ TỔNG HỢP COMPOSITE NỀN Cu CỐT HẠT TiC

Trong chương này, nhóm nghiên cứu trình bày các bước tiến hành nghiên cứu tổng hợp composite nền Cu cốt hạt TiC và sử dụng phương pháp ép đùn sản phẩm luyện kim bột sau thiêu kết nhằm mục đích giảm độ xốp, tăng mật độ và thay đổi cơ tính vật liệu.

#### 3.1. Ảnh hưởng của hàm lượng TiC và nhiệt độ thiêu kết đến mật độ của composite nền Cu cốt hạt TiC

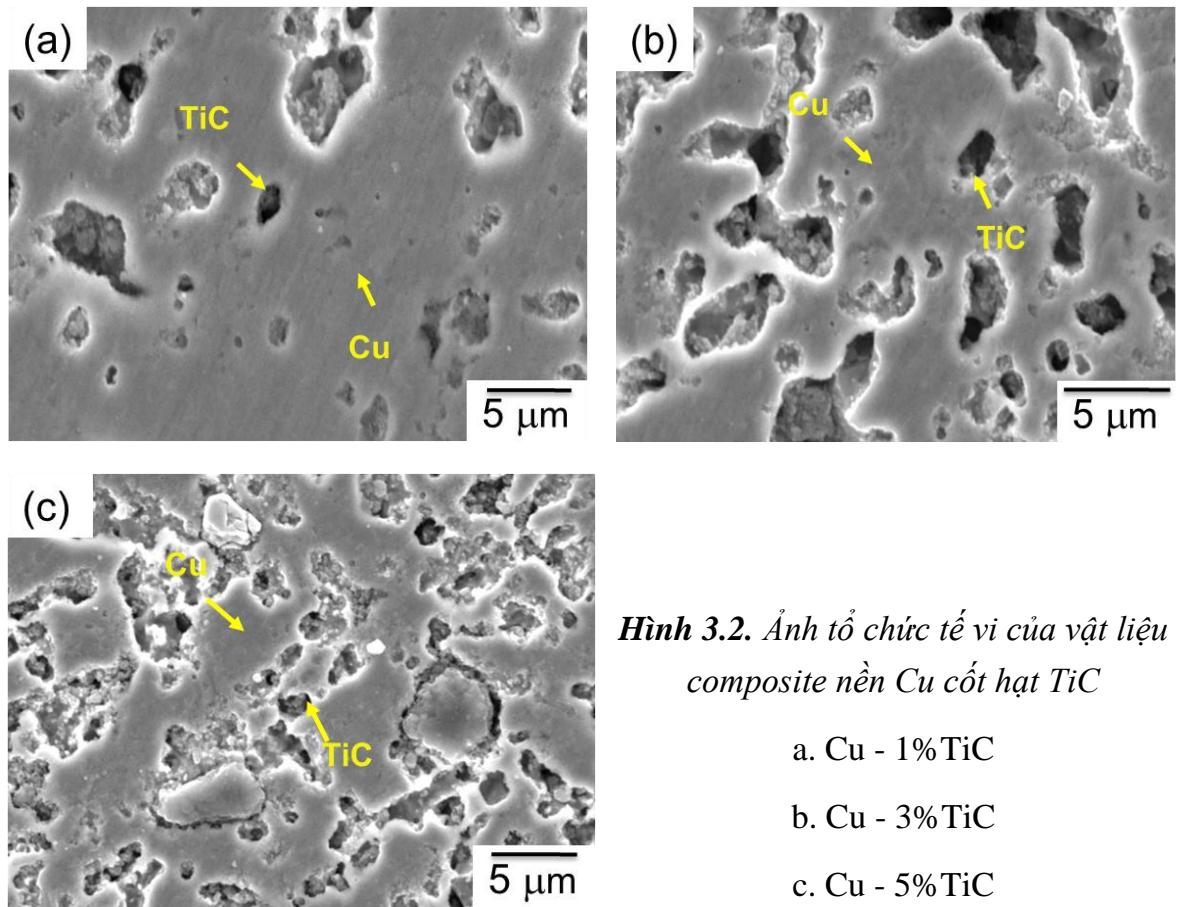


**Hình 3.1.** Ảnh hưởng của hàm lượng TiC và nhiệt độ thiêu kết đến mật độ của composite nền Cu cốt hạt TiC

Hình 3.1 cho thấy ảnh hưởng của hàm lượng TiC và nhiệt độ thiêu kết đến mật độ của composite nền Cu cốt hạt TiC. Khi hàm lượng TiC tăng thì mật độ của composite giảm. Do TiC là pha cứng nên khó đạt được mật độ cao khi ép, hơn nữa trong quá trình thiêu kết các hạt TiC nhỏ mịn và phân tán cản trở sự khuếch tán giữa các hạt đồng, cản trở việc co ngót và làm tăng độ xốp. Khi nhiệt độ thiêu kết tăng thì độ xốp giảm đi đáng kể làm tăng mật độ composite. Từ kết quả cho thấy mật độ của các mẫu thiêu kết ở 900 °C tăng mạnh hơn ở 850 °C và tiệm cận với mật độ của các mẫu thiêu kết ở 950 °C nên chúng tôi đã lựa chọn mẫu thiêu kết ở 900 °C để nghiên cứu sự ảnh hưởng của ép đùn đến các tính chất của composite Cu-TiC.

Hình 3.2 là ảnh tổ chức tế vi đặc trưng của các mẫu composite nền Cu cốt hạt TiC gồm các hạt TiC (màu đen) và nền Cu (màu xám). Từ ảnh tổ chức tế vi của

composite nền Cu cốt hạt TiC cho thấy sự phân bố đồng đều hạt TiC trên nền Cu. Điều đó đóng góp vào sự tăng cơ tính của composite nền Cu cốt hạt TiC.



Từ kết quả nghiên cứu, cho thấy nhiệt độ thiêu kết ảnh hưởng nhỏ hơn so với ảnh hưởng của hàm lượng TiC đến mật độ của vật liệu. Vật liệu nhận được chưa đáp ứng được yêu cầu của đề tài nhưng đây là cơ sở để nhóm nghiên cứu tiếp tục tiến hành nghiên cứu sự ảnh hưởng của biến dạng và hàm lượng TiC đến tính chất của vật liệu composite nền Cu cốt hạt TiC.

Biến dạng sản phẩm luyện kim bột sau thiêu kết nhằm mục đích giảm độ xốp, tăng mật độ và thay đổi cơ tính vật liệu. Đối với một số trường hợp, nó còn tác động đến sự thay đổi kích thước hạt, định hướng lại hạt ... từ đó làm thay đổi không chỉ các tính chất cơ học mà cả các tính chất vật lý, hóa học của nó. Phần tiếp theo, nhóm nghiên cứu trình bày các kết quả nghiên cứu về biến dạng (ép đùn nguội) sản phẩm luyện kim bột với các thành phần phối liệu khác nhau. Các nghiên cứu này dựa trên chế độ công nghệ (nhiệt độ, thời gian thiêu kết, lực ép ban đầu, ...) đã được xác định.

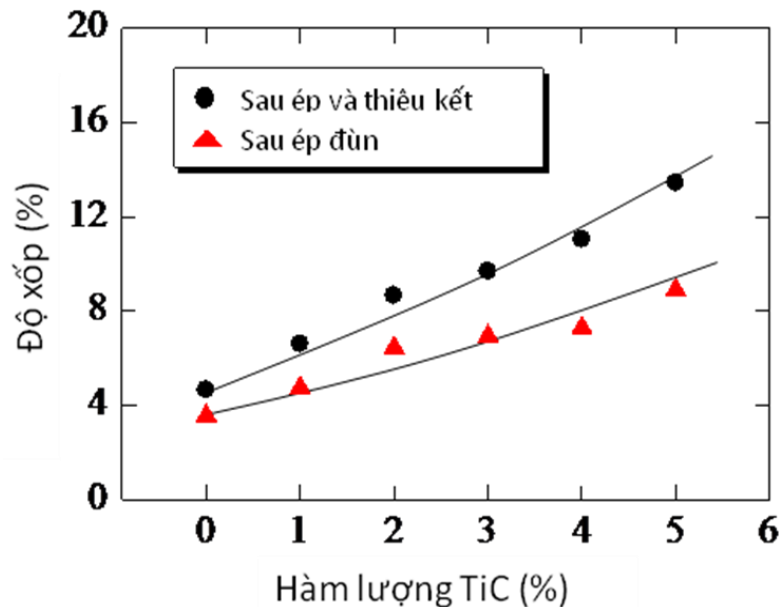
### 3.2. Ảnh hưởng của ép đùn nguội đến độ xốp của composite nền Cu cốt hạt TiC

Qua các nghiên cứu ở trên cùng với các thông tin đã được công bố ở các công trình khoa học [15, 25, 26] tác giả đã mở rộng vùng nghiên cứu hàm lượng TiC lên đến 5%. Các kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng của hàm lượng TiC đến độ xốp của composite nền Cu cốt hạt TiC sau ép-thiêu kết và sau ép đùn nguội được trình bày trong bảng 3.1.

**Bảng 3.1.** Sự ảnh hưởng của hàm lượng TiC đến độ xốp của vật liệu composite nền Cu cốt hạt TiC sau ép-thiêu kết và sau ép đùn nguội

Hàm lượng TiC, %	Độ xốp, %	
	Sau ép-thiêu kết	Sau ép đùn nguội
0	4,655	3,563
1	6,612	4,764
2	8,664	6,452
3	9,690	6,945
4	11,058	7,324
5	13,452	8,912

Kết quả ảnh hưởng của hàm lượng TiC và ép đùn nguội đến độ xốp của composite nền Cu cốt hạt TiC trong bảng 3.1 được trình trên hình 3.3.



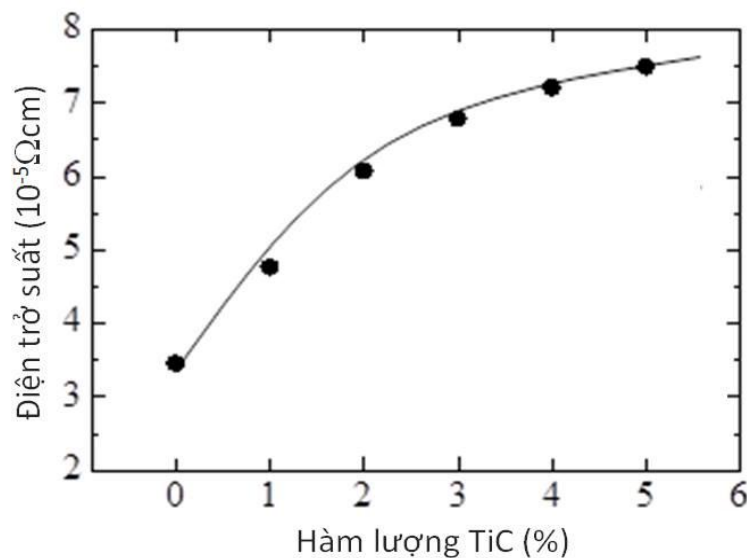
**Hình 3.3.** Ảnh hưởng của ép đùn nguội và hàm lượng TiC đến độ xốp của composite nền Cu cốt hạt TiC

Từ hình 3.3 cho thấy ảnh hưởng của ép đùn nguội và hàm lượng TiC đến độ xốp của composite nền Cu cốt hạt TiC. Khi hàm lượng TiC tăng thì độ xốp vật liệu tăng. Do TiC là pha cứng nên khó đạt được mật độ cao khi ép, hơn nữa trong quá trình thiêu kết các hạt TiC nhỏ mịn và phân tán cản trở sự khuếch tán giữa các hạt đồng, giảm co ngót và làm tăng độ xốp.

Với 3% TiC, trước ép đùn độ xốp của composite khoảng 10%, sau khi ép đùn độ xốp của vật liệu giảm xuống dưới 7%. Điều này chứng tỏ ép đùn nguội làm mật độ của composite nền Cu cốt hạt TiC tăng lên đáng kể.

### 3.3. Ảnh hưởng của ép đùn nguội đến độ dẫn điện của composite nền Cu cốt hạt TiC

Độ dẫn điện của vật liệu composite nền Cu cốt hạt TiC sau ép đùn nguội được đo điện trở suất bằng phương pháp cầu cân bằng, các kết quả đó được biểu diễn trong hình 3.4.

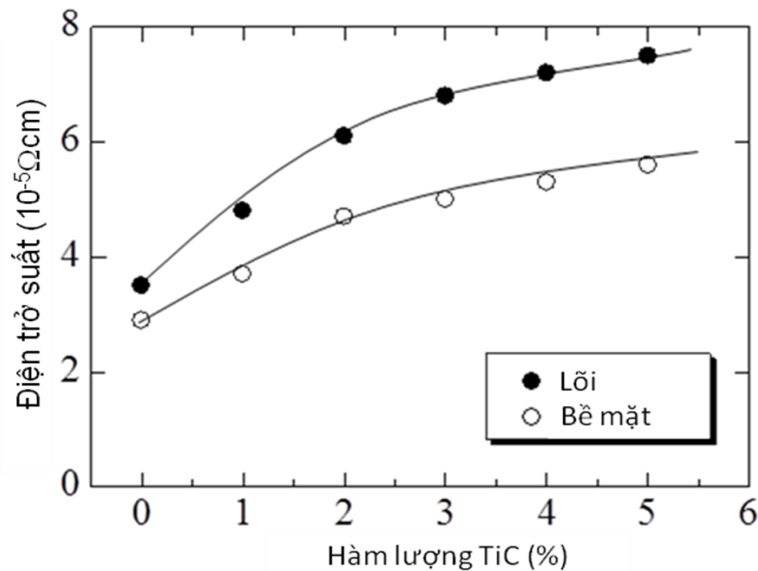


**Hình 3.4.** Ảnh hưởng của hàm lượng TiC đến điện trở suất của composite nền Cu cốt hạt TiC

Từ hình 3.4 cho thấy, Ảnh hưởng của hàm lượng TiC đến điện trở suất của vật liệu composite nền Cu cốt hạt TiC. Khi hàm lượng TiC tăng thì điện trở suất tăng là do mật độ của composite giảm. Điện trở suất tăng mạnh khi hàm lượng TiC lớn hơn 2 % điều này hoàn toàn phù hợp với lý thuyết. Mặt khác, sau khi ép đùn nguội thì điện trở suất của composite nền Cu cốt hạt TiC giảm đáng kể so với trước ép, tức là độ dẫn điện của vật liệu tăng. Điều này chứng tỏ, sau ép đùn nguội mật độ tăng đáng kể dẫn đến độ dẫn điện của composite tăng.



Ép đùn nguội không chỉ ảnh hưởng đến điện trở thể tích của vật liệu mà còn tạo ra sự dị hướng về mặt tổ chức. Chúng tôi đã tiến hành đo kiểm điện trở suất của lớp bị biến dạng (bề mặt) và không bị biến dạng (lõi) bằng phương pháp đo hiệu ứng Hall, kết quả được thể hiện ở hình 3.5. Sự ảnh hưởng của hàm lượng TiC đến điện trở suất của composite nền Cu cốt hạt TiC cũng có kết quả theo quy luật như của sau ép đùn nguội.



**Hình 3.5.** Điện trở suất của lớp bị biến dạng (bề mặt) và không bị biến dạng (lõi) composite nền Cu cốt hạt TiC

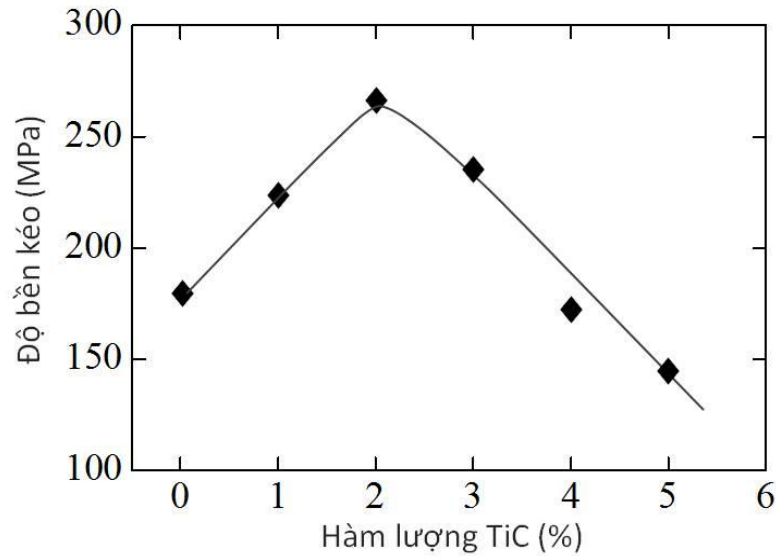
Từ kết quả cho thấy điện trở suất tại lõi lớn hơn tại bề mặt, điều này chứng tỏ sự biến dạng làm tăng khả năng dẫn điện của composite. Mặt khác, điện trở suất ở lõi nhỏ hơn so với mẫu sau ép và thiêu kết, do sau ép đùn nguội độ xốp giảm làm tăng độ dẫn điện của composite. Ở lớp bị biến dạng khi hàm lượng dưới 3%TiC điện trở suất nhỏ hơn so với composite sau ép đùn nguội, nhưng khi hàm lượng TiC lớn hơn 3% thì điện trở suất lại lớn hơn. Điều này chứng tỏ khi hàm lượng hạt TiC cao khi biến dạng đã xảy ra hiện tượng nứt tế vi làm giảm tính dẫn điện.

### 3.4. Ảnh hưởng của ép đùn nguội đến độ bền kéo của composite nền Cu cốt hạt TiC

Kết quả nghiên cứu sự ảnh hưởng của hàm lượng TiC đến độ bền kéo của composite nền Cu cốt hạt TiC được trình bày trong hình 3.6.

Hình 3.6 cho thấy ảnh hưởng của hàm lượng TiC đến độ bền kéo của composite nền Cu cốt hạt TiC. Sau ép đùn nguội thì độ bền kéo đạt cực đại khi hàm lượng TiC là 2%, do biến dạng làm mật độ của composite nền Cu cốt hạt TiC tăng. Nhưng khi vượt quá 2%TiC thì độ bền kéo lại giảm có thể do thể tích các hạt TiC

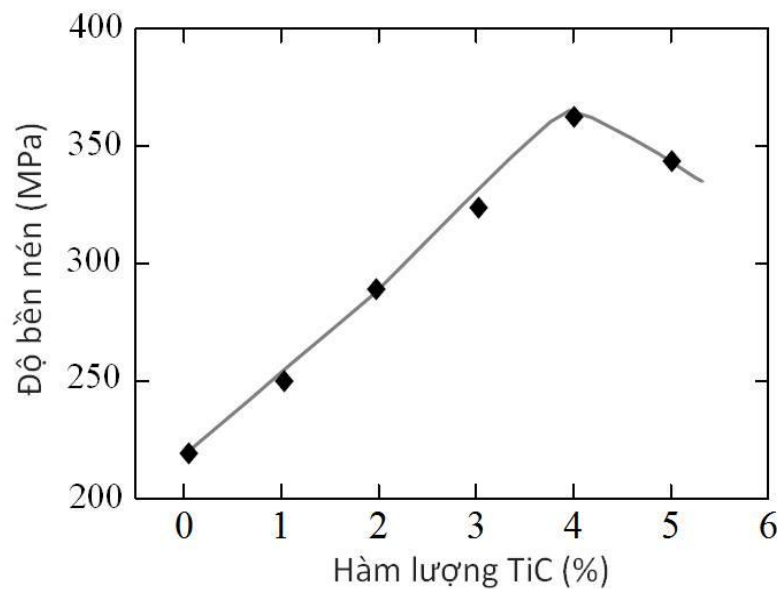
nhiều nên độ xốp tăng. Ép đùn nguội làm tăng đáng kể độ bền kéo của composite nền Cu cốt hạt TiC.



*Hình 3.6. Ảnh hưởng của hàm lượng TiC đến độ bền kéo của composite nền Cu cốt hạt TiC*

### 3.5. Ảnh hưởng của ép đùn nguội đến độ bền nén của composite nền Cu cốt hạt TiC

Kết quả nghiên cứu sự ảnh hưởng của hàm lượng TiC đến độ bền nén của composite nền Cu cốt hạt TiC được trình bày trong hình 3.7.



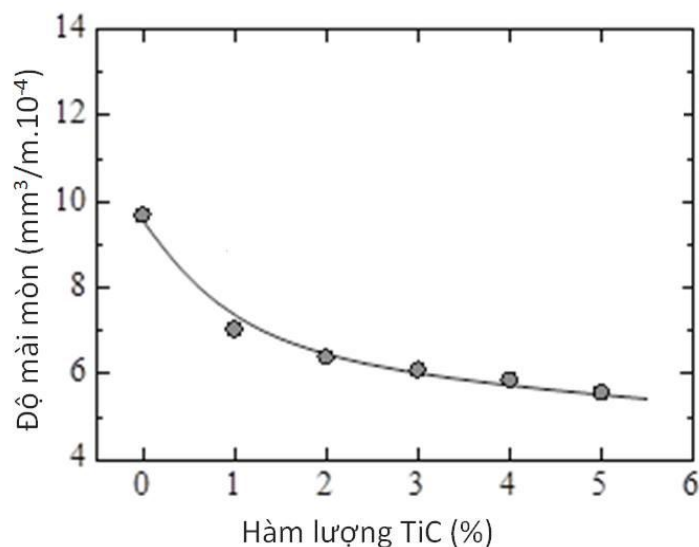
*Hình 3.7. Ảnh hưởng của hàm lượng TiC đến độ bền nén của composite nền Cu cốt hạt TiC*

Hình 3.7 cho thấy ảnh hưởng của hàm lượng TiC đến độ bền nén của composite nền Cu cốt hạt TiC. Sau thiêu kết ở 900°C và ép đùn thì độ bền nén đạt giá trị lớn nhất khi hàm lượng TiC là 4%TiC, nhưng khi vượt quá hàm lượng này thì độ bền nén lại giảm do hàm lượng pha cốt nhiều dẫn tới làm giảm tính khả ép và khả thiêu của composite được tổng hợp bằng phương pháp luyện kim bột tức mật độ giảm.

So với thử kéo, độ bền nén của composite nền Cu cốt hạt TiC có thể đạt cực đại với hàm lượng 4%TiC chính là do khi thử nén, các vết nứt tế vi có thể được hàn kín lại làm tăng khả năng chịu tải của vật liệu.

### 3.6. Ảnh hưởng của ép đùn nguội đến độ mài mòn của composite nền Cu cốt hạt TiC

Kết quả nghiên cứu sự ảnh hưởng của hàm lượng TiC đến độ mài mòn của composite nền Cu cốt hạt TiC được trình bày trong hình 3.8.

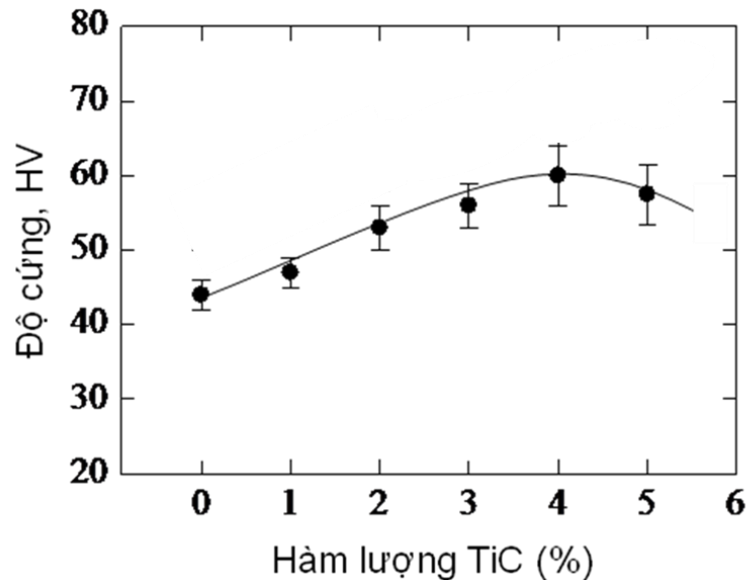


**Hình 3.8.** Ảnh hưởng của hàm lượng TiC đến độ mài mòn của composite nền Cu cốt hạt TiC

Từ hình 3.8 thấy rõ ảnh hưởng của hàm lượng TiC đến độ mài mòn của composite nền Cu cốt hạt TiC. Khi cho thêm 1%TiC vào nền Cu thì khả năng chịu mài mòn của vật liệu composite nền Cu cốt hạt TiC tăng mạnh so với đồng nguyên chất. Mặt khác, do mẫu qua ép đùn nguội mật độ cao hơn và liên kết giữa nền Cu với cốt hạt TiC cũng bền vững hơn nên khi kiểm tra độ mài mòn các hạt TiC khó bị tách ra khỏi nền Cu làm tăng ma sát vì vậy khả năng chịu mài mòn tốt hơn do. Khi hàm lượng TiC tăng thì khả năng chịu mài mòn của composite cũng tăng nhưng không đáng kể.

### 3.7. Ảnh hưởng của ép đùn nguội đến độ cứng của composite nền Cu cốt hạt TiC

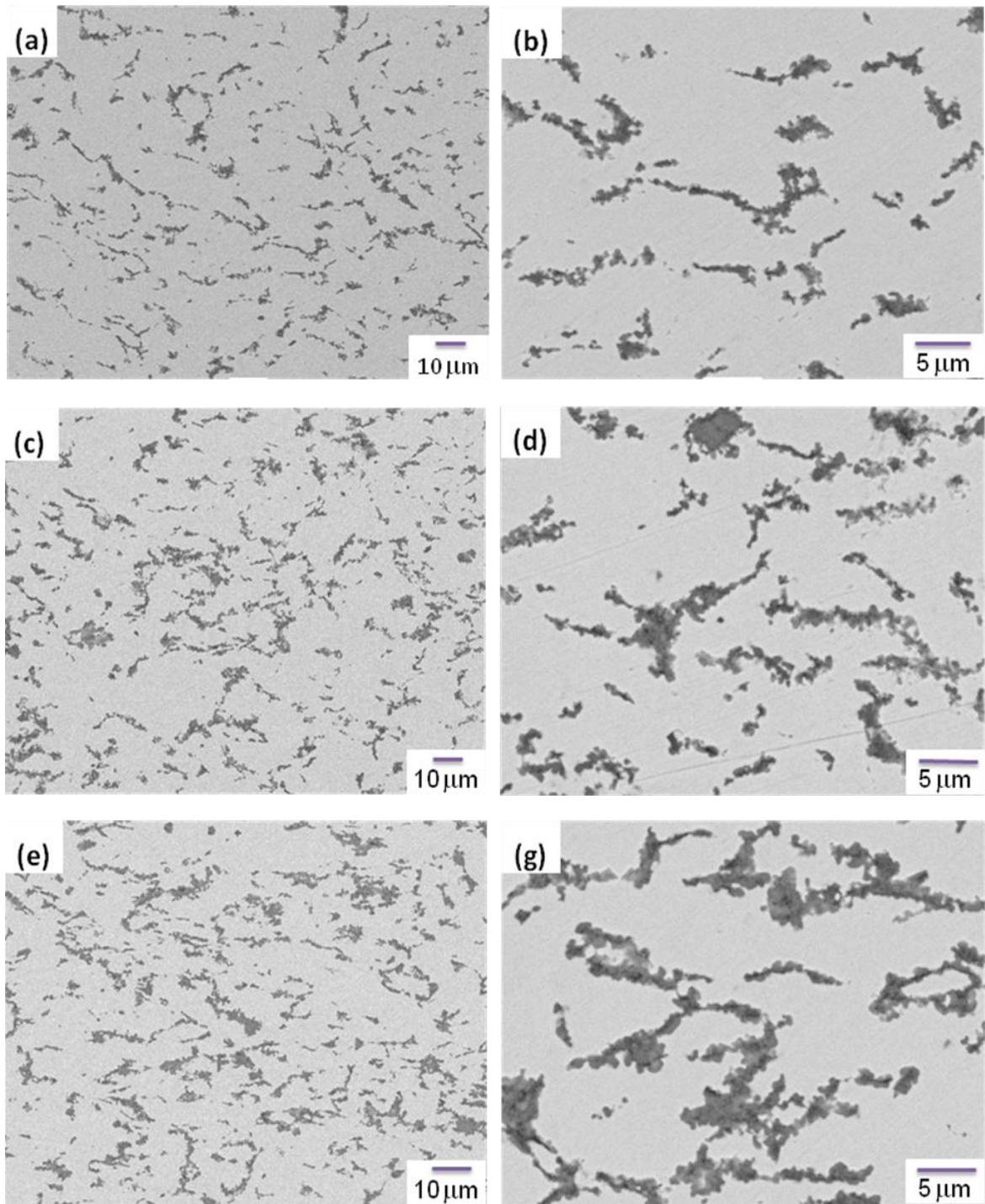
Kết quả nghiên cứu sự ảnh hưởng của hàm lượng TiC đến độ cứng của composite nền Cu cốt hạt TiC được trình bày trong hình 3.9.



**Hình 3.9.** Ảnh hưởng của ép đùn nguội và hàm lượng TiC đến độ cứng của composite nền Cu cốt hạt TiC

Từ hình 3.9 cho thấy ảnh hưởng của hàm lượng TiC đến độ cứng của composite nền Cu cốt hạt TiC. Khi hàm lượng TiC tăng thì độ cứng tăng, điều này hoàn toàn phù hợp với lý thuyết. Mặt khác, độ cứng sau ép và thiêu kết đạt giá trị cực đại khi hàm lượng TiC là 3,7% nhưng sau ép đùn nguội làm giảm đáng kể độ xốp và khả năng liên kết nền-cốt tốt hơn dẫn đến độ cứng có giá trị cực đại lớn hơn. Hay là sau ép đùn độ cứng của của vật liệu composite tăng.

Hình 3.10 là tổ chức tế vi đặc trưng của các mẫu composite nền Cu cốt hạt TiC gồm các hạt TiC (màu đen) và nền Cu (màu xám). Qua các ảnh tổ chức tế vi của composite với hàm lượng TiC khác nhau cho thấy sự phân bố đồng đều hạt TiC trên nền Cu. Điều đó đóng góp vào sự tăng cơ tính của composite. Nhưng khi hàm lượng TiC  $\geq 4\%$  thì giới hạn bền nén của composite lại giảm (hình 3.7), vì với hàm lượng đó thì thể tích hạt TiC tăng đáng kể nên xảy ra sự tập trung của các hạt TiC làm giảm mật độ do đó làm giảm cơ tính của vật liệu.

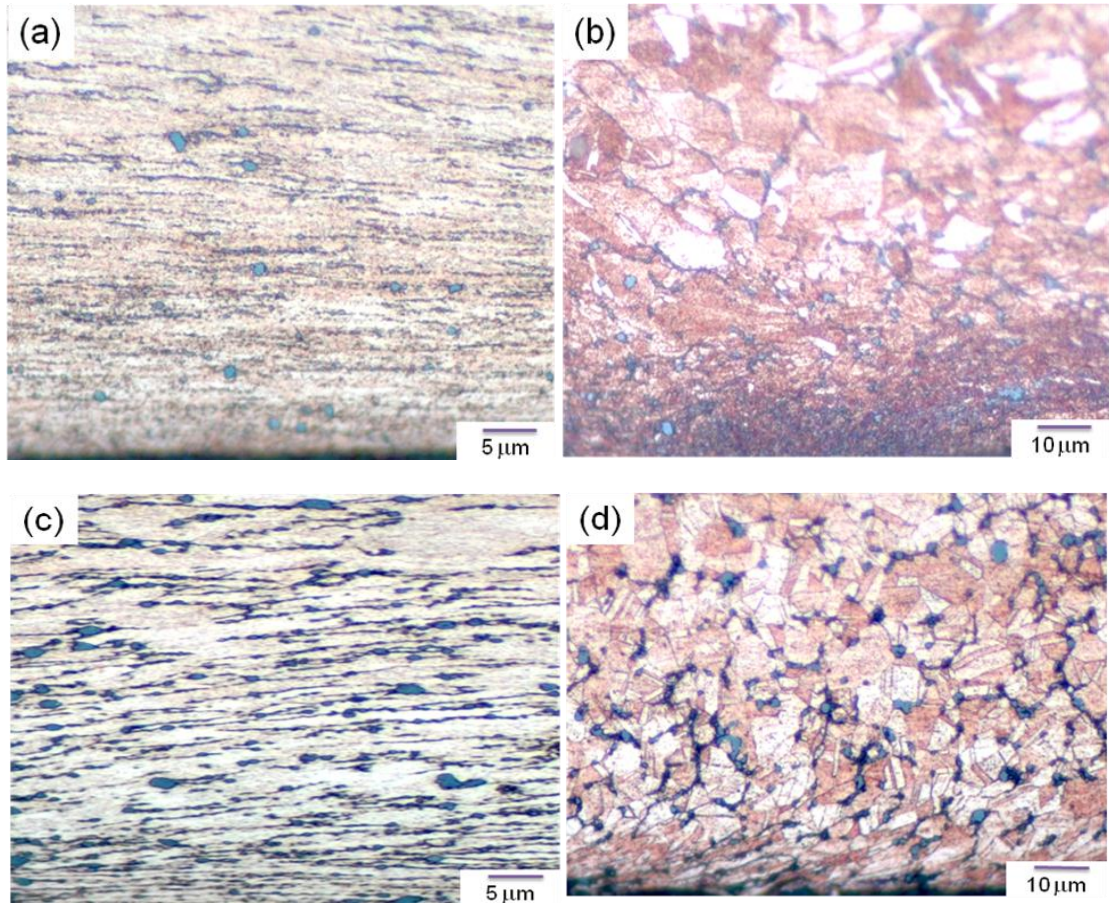


**Hình 3.10.** Ảnh tổ chức tế vi của composite nền Cu cốt hạt TiC sau ép đùn nguội

*a, b - 3% TiC*

*c, d - 4% TiC*

*e, g - 5% TiC*



**Hình 3.11.** Ảnh tổ chức tế vi lớp biến dạng của composite nền Cu cốt hạt TiC

*a, b - 2% TiC      c, d - 3% TiC*

Hình 3.11 cho thấy tổ chức tế vi của composite nền Cu cốt hạt TiC sau ép đùn nguội, ở phần lõi các hạt đồng có dạng đa cạnh, còn ở lớp bề mặt đã chịu ảnh hưởng của lực ép đùn nên các hạt đồng có dạng trụ dài định hướng theo chiều biến dạng và làm mật độ cao hơn trong lõi. Điều này giải thích sự giảm điện trở suất hay tăng độ dẫn điện của composite nền Cu cốt hạt TiC sau ép đùn nguội (hình 3.5).

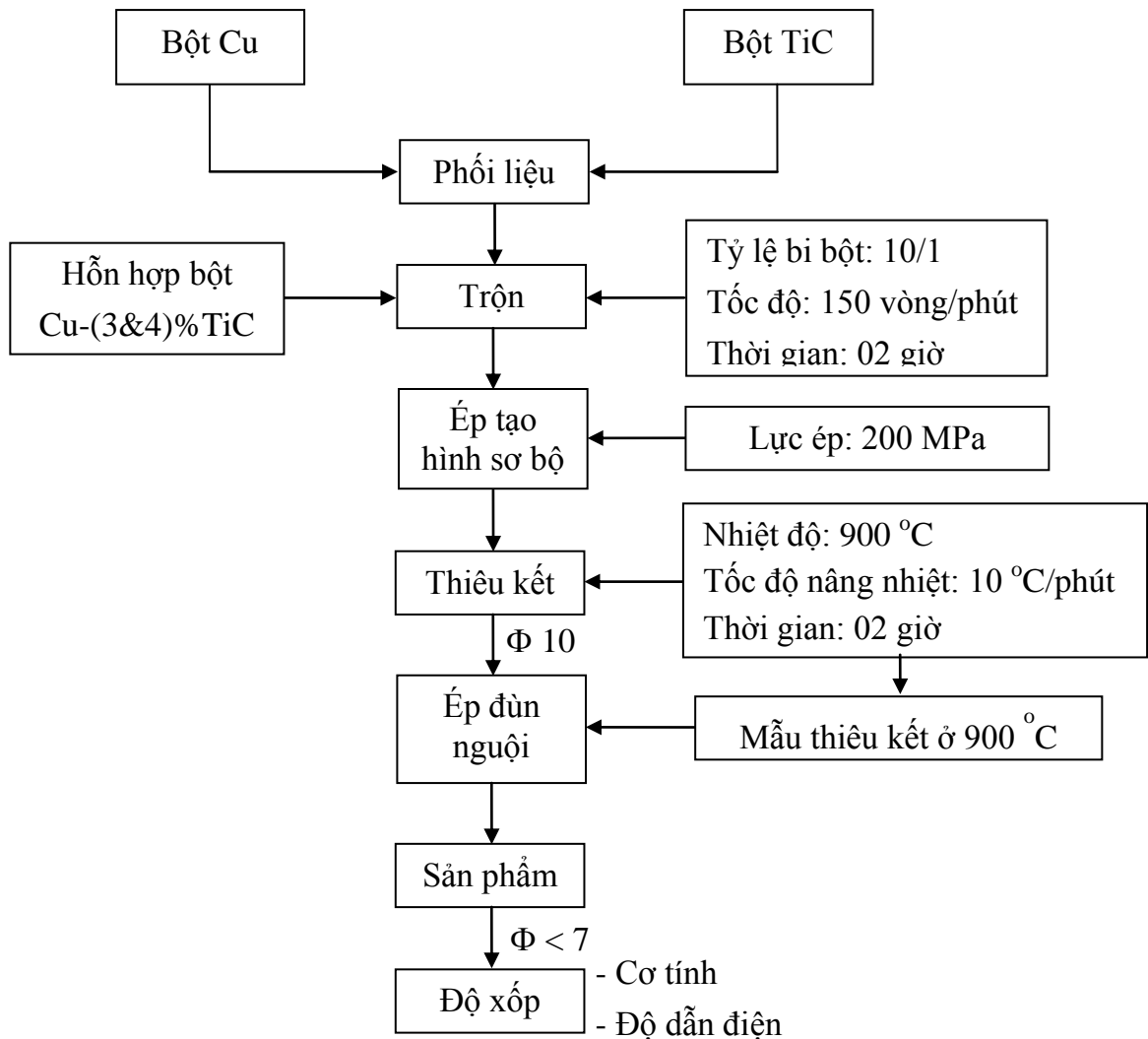
## CHƯƠNG 4

### CHẾ TẠO THỬ NGHIỆM TIẾP ĐIỂM ĐIỆN COMPOSITE Cu-TiC

Từ kết quả đã đạt được trong việc nghiên cứu tổng hợp vật liệu composite nền Cu cốt hạt TiC bằng phương pháp luyện kim bột, trong đó đã khảo sát hàm lượng cốt hạt TiC thay đổi trong phạm vi từ 1% đến 5% theo trọng lượng. Nhóm nghiên cứu đề xuất ứng dụng chế tạo tiếp điểm điện trong tủ điều khiển của máy bào giường.

#### 4.1. Áp dụng chế độ công nghệ phù hợp để chế tạo tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC

Từ các kết quả trên, nhóm nghiên cứu đề xuất được quy trình công nghệ chế tạo thử nghiệm composite nền Cu cốt hạt TiC làm tiếp điểm theo quy trình công nghệ như trong hình 4.1.



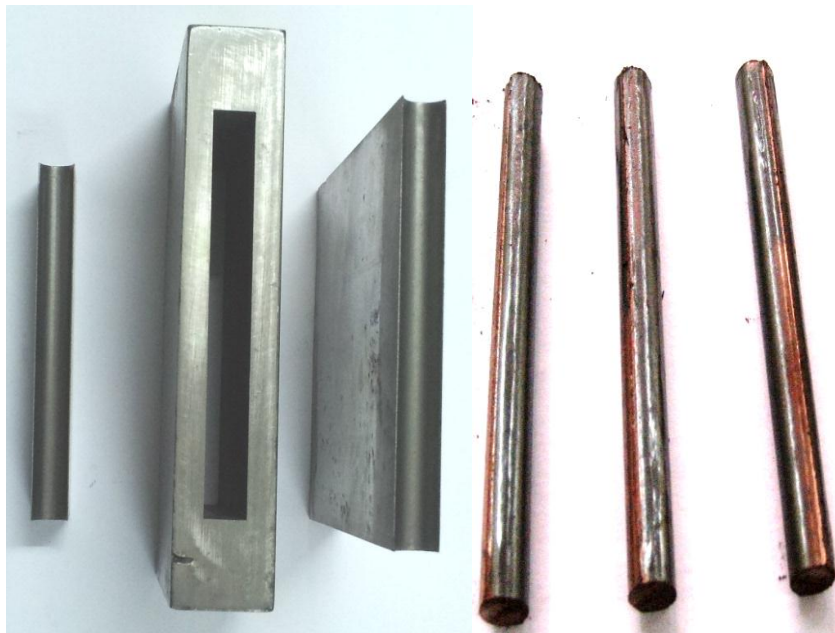
**Hình 4.1.** Quy trình công nghệ chế tạo tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC

#### 4.1.1. Quá trình ép tạo hình và thiêu kết sơ bộ

Trong đề tài nghiên cứu, ngoài việc kiểm tra cơ tính với mục đích sử dụng vật liệu tổng hợp composite nền Cu cốt hạt TiC ứng dụng trong ngành kỹ thuật điện cụ thể làm tiếp điểm, chúng tôi tiến hành xác định tính chất điện của vật liệu đó mà đặc trưng nhất là khả năng dẫn điện của vật liệu. Để tăng độ chính xác khi xác định điện trở kích thước mẫu phải có tiết diện nhỏ và chiều dài lớn.

Trong thực tế, có nhiều phương pháp ép tạo hình (liên quan đến quá trình biến dạng của vật liệu được ép) như ép một phía, ép hai phía. Với phương pháp ép một phía thì khuôn và chày dưới đứng im, còn phương pháp ép hai phía thì khuôn đứng im, chày ép sẽ tiến hành ép phối hỗn hợp bột theo hai phía, có thể từ phía dưới và từ phía trên hoặc hai phía nằm ngang. Phương pháp ép hai phía đảm bảo quá trình biến dạng đồng đều, tránh được vật liệu phân lớp, đặc biệt khi ép nguội chi tiết có chiều cao thì ma sát trong quá trình ép rất lớn và gây ra phân lớp. Tuy nhiên, phương pháp ép này giá thành cao và trong khuôn khổ các thiết bị nghiên cứu cũng không cho phép. Do vậy, từ thiết bị có sẵn tại phòng thí nghiệm nhóm nghiên cứu lựa chọn ép một phía từ trên xuống trên máy ép thủy lực 100 tấn.

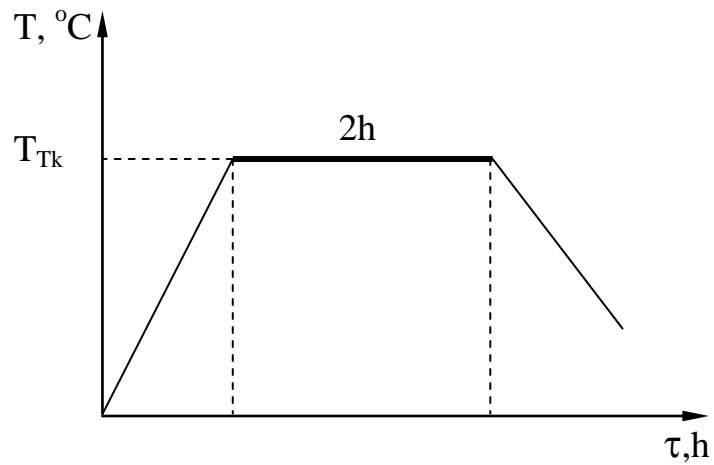
Để làm khuôn ép sơ bộ cho vật liệu này, nhóm nghiên cứu lựa chọn thép 90CrSi, đây là loại thép dễ dàng tìm kiếm trên thị trường và đảm bảo yêu cầu khi tiến hành ép mẫu. Khuôn ép sơ bộ được thiết kế để tạo hình sơ bộ cho mẫu có đường kính 10mm, dài 100mm, tiết diện tiếp xúc với chày ép là  $1570 \text{ mm}^2$  và ép ở các áp lực 200MPa (hình 4.2).



**Hình 4.2.** Bộ khuôn tạo hình và sản phẩm ép sơ bộ trước khi thiêu kết



Mẫu sau khi ép sơ bộ được thiêu kết trong lò ở nhiệt độ các nhiệt độ 900 °C, thời gian giữ nhiệt 2 giờ trong môi trường hoàn nguyên. Quá trình thiêu kết được tiến hành theo giản đồ nhiệt độ và thời gian như hình 4.3.



**Hình 4.3.** Chế độ thiêu kết của tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC trong môi trường hoàn nguyên.

#### 4.1.2. Quá trình ép đùn

Vật liệu composite nền Cu cốt hạt TiC nhận được sau thiêu kết có mật độ không cao nên một số tính chất không đảm bảo, đặc biệt là độ dẫn điện không cao, do đó nhóm nghiên cứu đã tiến hành ép đùn nguội. Chi tiết trải qua công nghệ ép đùn nguội vừa làm tăng mật độ vật ép, vừa có thể tạo ra được mẫu dài có tiết diện nhỏ và kích thước chính xác (sản phẩm sau ép đùn có đường kính nhỏ hơn 7 mm).

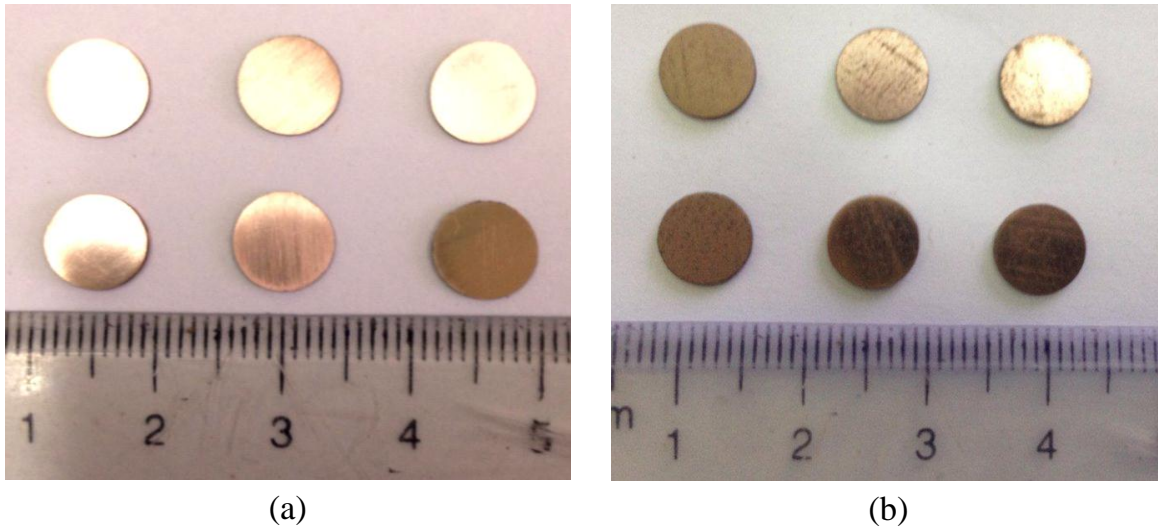
Bộ khuôn ép đùn và sản của quá trình ép đùn trình bày trong hình 4.4.



**Hình 4.4.** Bộ khuôn ép đùn và sản phẩm sau quá trình ép đùn nguội

### 4.1.3. Sản phẩm làm tiếp điểm composite nền Cu cốt hạt TiC

Sau quá trình ép đùn nguội sản phẩm được cắt thành các tiếp điểm composite nền Cu cốt hạt TiC như trong hình 4.4.



**Hình 4.5.** Hình ảnh chi tiết làm tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC  
a. Cu-3%TiC      b. Cu-4%TiC

## 4.2. Kết quả phân tích, kiểm tra chi tiết làm tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC.

Các sản phẩm là chi tiết làm tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC như trên hình 4.4 được nhóm nghiên cứu tiến hành phân tích, kiểm tra đánh giá một số tính chất ảnh hưởng trực tiếp đến tiếp điểm điện đóng cắt trong tủ điều khiển máy bào giường như: độ xốp, độ dẫn điện, độ bền nén và độ mài mòn cho 6 mẫu trong đó: mẫu 1, 2 và 3 với hàm lượng TiC là 3%, còn mẫu 4, 5 và 6 có hàm lượng TiC là 4%.

### 4.2.1. Độ xốp của chi tiết làm tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC

Độ xốp của chi tiết làm tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC được trình bày trong bảng 4.1.

**Bảng 4.1.** Kết quả độ xốp của chi tiết làm tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC

Mẫu	Cu-3%TiC			Cu-4%TiC		
	1	2	3	4	5	6
Độ xốp (%)	6,895	6,947	6,984	7,215	7,324	7,396

Từ kết quả về độ xốp trên bảng 4.1 có thể thấy độ xốp của chi tiết làm tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC đạt được giống như kết quả nghiên cứu tổng hợp vật liệu composite nền Cu cốt hạt TiC ở chương 3 với cùng chế độ công nghệ. Mặt khác, từ kết quả trên cũng cho thấy khi hàm lượng TiC tăng thì độ xốp của chi tiết cũng tăng. Tuy nhiên, có thể thấy với kết quả thu được như trên đã hoàn toàn đạt được mục tiêu đề ra, đảm bảo được cái tính chất mong muốn trong quá trình làm việc.

#### 4.2.2. Độ dẫn điện của chi tiết làm tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC

Độ dẫn điện của chi tiết làm tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC được trình bày trong bảng 4.2.

*Bảng 4.2. Kết quả đo điện trở suất của chi tiết làm tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC*

Mẫu	Cu-3%TiC			Cu-4%TiC		
	1	2	3	4	5	6
Điện trở suất ( $10^{-5} \cdot \Omega \text{cm}$ )	6,69	6,78	6,88	7,18	7,21	7,25

Từ kết quả về đo điện trở suất bảng 4.2 cho thấy, kết quả nhận được tương tự như khi nghiên cứu tổng hợp composite nền Cu cốt hạt TiC ở chương trước. Khi composite được hợp kim hóa bằng 4% TiC thì điện trở suất của chi tiết làm tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC cao hơn so với 3% hay độ dẫn điện của chi tiết được hợp kim hóa 3% TiC tốt hơn mẫu được hợp kim hóa 4%TiC. Điều này xảy ra do, khi chi tiết composite nền Cu cốt hạt TiC được hợp kim hóa nhiều hơn vật liệu làm giảm độ dẫn điện của Cu, mặt khác khi hàm lượng TiC tăng thì độ xốp tăng hay mật độ giảm cũng là lý do làm giảm độ dẫn điện của chi tiết.

#### 4.2.3. Độ bền nén của chi tiết làm tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC

Kết quả nhận được khi xác định độ bền nén của chi tiết làm tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC (bảng 4.3) cũng tương tự như khi nghiên cứu tổng hợp composite nền Cu cốt hạt TiC ở chương trước. Khi composite được hợp kim hóa bằng 3% TiC thì độ bền nén của chi tiết làm tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC nhỏ hơn so với 4%. Điều này xảy ra do, khi chi tiết composite nền Cu cốt hạt TiC được hợp kim hóa nhiều hơn bởi các hạt cứng thì độ bền nén tăng, tuy nhiên như nghiên cứu ở trên thì với 4%TiC độ bền nén đạt cực đại, còn khi vượt

quá thì sẽ giảm là do khi hàm lượng TiC tăng nhiều quá (từ 5%TiC trở lên) thì thể tích hạt cứng tăng sẽ làm giảm liên kết giữa nền và cốt nền sẽ làm giảm độ bền nén.

**Bảng 4.3.** Kết quả đo độ bền nén của chi tiết làm tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC

Mẫu	Cu-3%TiC			Cu-4%TiC		
	1	2	3	4	5	6
Độ bền nén (MPa)	310	309	312	362	359	357

#### 4.2.4. Độ mài mòn của chi tiết làm tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC

Độ mài mòn của chi tiết làm tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC được trình bày trong bảng 4.4.

**Bảng 4.4.** Kết quả đo độ mài mòn của chi tiết làm tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC

Mẫu	Cu-3%TiC			Cu-4%TiC		
	1	2	3	4	5	6
Độ mài mòn ( $\text{mm}^3/\text{m} \cdot 10^{-4}$ )	6,435	6,424	6,421	6,067	6,072	6,083

Từ kết quả trong bảng 4.4 cho thấy sự ảnh hưởng của hàm lượng TiC đến độ mài mòn của chi tiết làm tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC. Khi cho tăng thêm 1%TiC vào nền Cu thì khả năng chịu mài mòn của vật liệu composite nền Cu cốt hạt TiC tăng mạnh. Mặt khác, với hàm lượng TiC là 3 và 4% nên liên kết giữa nền Cu với cốt hạt TiC vẫn đảm bảo, do đó khi kiểm tra độ mài mòn các hạt TiC khó bị tách ra khỏi nền Cu làm tăng ma sát vì vậy khả năng chịu mài mòn tốt hơn do.

#### 4.3. Thử nghiệm sản phẩm composite nền Cu cốt hạt TiC làm tiếp điểm

Sau khi phân tích kiểm tra đánh giá một số tính chất, các chi tiết làm tiếp điểm điện (hình 4.5) được tiến hành chạy thử nghiệm trong tủ điều khiển của máy bào giường (hình 4.6). Sau quá trình chạy thử nghiệm 1000 lần đóng ngắt tiếp điểm cho thấy quá trình làm việc của thiết bị ổn định, tiếp điểm điện của đề tài khi làm việc không xảy ra hiện tượng phóng điện và bề mặt của tiếp điểm không xảy ra hiện tượng bị mài mòn (hình 4.7).



(a)



(b)

**Hình 4.6.** Hình ảnh tiếp điểm điện trong tủ điều khiển máy bào giường

a. Tiếp điểm điện bằng Ag của máy bào giường

b. Sản phẩm tiếp điểm điện bằng Cu-3%TiC của đề tài



**Hình 4.7.** Hình ảnh máy bào giường và tủ điều khiển của máy bào giường.



**Hình 4.8.** Hình ảnh tiếp điểm điện composite nền Cu cốt hạt TiC sau 1000 lần đóng ngắt.

## KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### I. KẾT LUẬN

Qua quá trình khảo sát và nghiên cứu chế tạo vật liệu composite nền Cu cốt hạt TiC, nhóm nghiên cứu đưa ra kết luận:

1. Tổng hợp được composite nền Cu cốt hạt TiC bằng phương pháp luyện kim bột. Quá trình tạo hình mẫu dài đã được ứng dụng trong nghiên cứu chế tạo.

2. Ứng dụng công nghệ ép đùn nguội làm tăng mật độ, nâng cao cơ lý tính của composite nền Cu cốt hạt TiC. Ảnh hưởng của quá trình biến dạng lên lớp bề mặt vật liệu dẫn đến các tinh thể Cu được kéo dài, định hướng còn các hạt TiC được mịn hóa làm tăng tính dẫn điện của vật liệu. Sản phẩm nhận được có cơ tính cao và độ dẫn điện cao hơn so với không biến dạng hứa hẹn mở rộng vùng ứng dụng của vật liệu.

3. Tùy thuộc vào yêu cầu làm việc của vật liệu có thể xác định chế độ công nghệ tối ưu để tổng hợp composite nền Cu cốt hạt TiC bằng phương pháp luyện kim bột, ví dụ chế độ công nghệ chế tạo vật liệu điện

+ Áp lực ép mẫu trụ ngang: 200 MPa

+ Nhiệt độ thiêu kết: 900 °C

+ Thời gian giữ nhiệt: 2 giờ

Việc nghiên cứu chế tạo thành công vật liệu composite nền Cu cốt hạt TiC làm vật liệu dẫn điện và tiếp điểm điện thay thế cho các vật liệu truyền thống mở ra bước đột phá mới trong lĩnh vực vật liệu kỹ thuật điện.

### II. KIẾN NGHỊ

Cần tiếp tục nghiên cứu sâu hơn ảnh hưởng của quá trình thiêu kết đến tổ chức và cấu trúc của composite nền Cu cốt hạt TiC.

Nghiên cứu sự ảnh hưởng của điều kiện làm việc đến sản phẩm nghiên cứu.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

### Tiếng Việt

1. Ngô Kiên Cường (2012), *Nghiên cứu công nghệ chế tạo phôi vật liệu tổ hợp bền nhiệt, độ dẫn điện cao bằng phương pháp biến dạng tạo hình*, Luận án Tiến sĩ Công nghệ tạo hình vật liệu, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.
2. Lê Công Dưỡng (chủ biên) (2001), *Vật liệu học*, Nxb Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội.
3. Nguyễn Hữu Đoàn, Vũ Lê Hoàng (2006), “Nghiên cứu chế tạo má phanh máy bay L-39 bằng công nghệ ép nóng”, *Tạp chí Kỹ thuật và Trang bị*, (74), tr.19-24.
4. Phạm Ngọc Diệu Quỳnh (2009), *Nghiên cứu cơ chế thiêu kết bột thép gió siêu mịn hệ Fe-Mo-W và TiC*, Luận án Tiến sĩ Kỹ thuật vật liệu Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.
5. Nguyễn Đình Thắng (2006), *Vật liệu kỹ thuật điện*, Nxb Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội.
6. Trung tâm nghiên cứu vật liệu học, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội (2003), *Báo cáo kết quả nghiên cứu chế thử ứng dụng guốc hãm đầu máy D10H bằng vật liệu tổng hợp*, Hà Nội.

### Tiếng Anh

7. Baikalova Y. V. and Lomovsky O. I. (2000), “Solid state synthesis of tungsten carbide in an inert copper matrix”, *Journal of Alloys and Compounds*, 297, pp. 87-91.
8. Benjamin J. (1970), “Dispersion strengthened superalloys by mechanical alloying”, *Metallurgical and Materials Transactions B*, 1, pp. 2943-2951.
9. Benjamin J. and John S. (1992), “Advances in powder metallurgy”, *Proceedings of the Novel Powder Metallurgy*, San Francisco, CA, USA, Metal Powder Industries Federation, Princeton, NJ 7, pp. 155-168.
10. Chawla N. and Chawla K. K. (2006), “Metal Matrix Composite”, *Springer*, USA, pp.5-8.

11. Evans A., Marchi C. S, Mortensen A. (2003), *Metal matrix composites in industry: an introduction and a survey*. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
12. Evans A., SanMarchi C., Mortensen A. (2003), *Metal Matrix Composites in Industry: An Introduction and a Survey*. Dordrecht, Neth.: Kluwer Acad. pp. 423.
13. Fais A. and Maizza G. (2008), “Densification of AISI M2 high speed steel by means of capacitor discharge sintering (CDS)”, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol 202, Issues 1-3, pp. 70-75.
14. Groza J. R. and Gibeling J. C. (1993), “Principles of particles selection for dispersion-strengthened copper”, *Materials Science Engineering A*, 171, pp. 115-125.
15. Hussain Z., Radzali O., Bui. D. L., Umemoto M. (2008), “Synthesis of copper-niobium carbide composite powder by in situ processing”, *Journal of Alloys and Compounds*, 464(1-2), pp. 185-189.
16. Liang Y. H., Wang H. Y., Yang Y. F., Wang Y. Y., Jiang Q. C., (2008), “Evolution process of the synthesis of TiC in the Cu-Ti-C system”, *Journal of Alloys and Compounds*, 452, pp. 298-303.
17. Marques M. T., Ferraria A. M., Correia J. B., Botelho Do Rego A. M. and Vilar R. (2008), “XRD, XPS and SEM characterization of Cu-NbC nanocomposite produced by mechanical alloying”, *Materials Chemistry and Physics*, 109, pp. 174-180.
28. Marques M. T., Livramento V., Correia, J. B., Almeida A. and Vilar R. (2005), “Production of copper-niobium carbide nanocomposite powders via mechanical alloying”, *Materials Science and Engineering A*, 399, pp. 382-386.
29. Miracle D. B. (2001), *Metal matrix composites for space systems: current uses and future opportunities*, In: Pandey AB, Kendig KL, Watson TW, editors. *Affordable metal matrix composites for high performance applications*. Warrendale: TMS; pp. 1-21.
20. Miracle D. B. (2005), “Metal matrix composites - From science to technological significance”, *Composites Science and Technology*, 65, pp. 2526-2540.
21. Miracle D. B., Donaldson S. L. (2001), *Introduction to composites*, In: ASM handbook. In: Miracle DB, Donaldson SL, editors. *Composites*, vol. 21. Materials Park: ASM International; pp. 3-17.



22. Palma R. H., Sepuslveda A. H., Espinoza, R. A. & Montiglio R. C. (2005), "Performance of Cu-TiC alloy electrodes developed by reaction milling for electrical-resistance welding", *Journal of Materials Processing Technology*, 169, pp. 62-66.
23. Rajkovic V., Bozic D., Jovanovic M. T. (2008), "Properties of copper matrix reinforced with various size and amount of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particles", *Journal of Materials Processing Technology*, 200(1-3), pp. 106-114.
24. Rawal S. (2001), *Space applications*. In: ASMhandbook. In:Miracle DB, Donaldson SL, editors. Composites, vol. 21. Materials Park: ASM International; pp. 1033-1042.
25. Shen B. L., Itoi T., Yamasaki T., Ogino Y. (2000), "Indention creep of nanocrystalline Cu-TiC alloys prepared by mechanical alloying", *Scripta Materiala*, 42, pp. 893-898.
26. Takahashi T. and Hashimoto Y. (1992), "Preparation of carbide-dispersion-strengthened coppers by mechanical alloying", *Materials Science Forum*, 88-90, pp.175-182.
27. Wang J. and Wang Y. (2007), "In situ production of Fe-TiC composite", *Materials Letters*, 61, pp. 4393-4395.
28. Zuhailawati H. and Mahani Y. (2009), "Effects of milling time on hardness and electrical conductivity of in situ Cu-NbC composite produced by mechanical alloying", *Journal of Alloys and Compounds*, 476, pp. 142-146.

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO**  
**ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN**

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

<b>1. TÊN ĐỀ TÀI</b> Nghiên cứu chế tạo composit nền Cu cốt hạt TiC bằng phương pháp luyện kim bột ứng dụng làm tiếp điểm điện trong công tắc tơ		<b>2. MÃ SỐ: DH2016-TN02-03</b>			
<b>3. LĨNH VỰC NGHIÊN CỨU</b>		<b>4. LOẠI HÌNH NGHIÊN CỨU</b>			
Tự nhiên	<input type="checkbox"/>	Kỹ thuật	<input checked="" type="checkbox"/>	Môi trường	<input type="checkbox"/>
Kinh tế; XH-NV	<input type="checkbox"/>	Nông Lâm	<input type="checkbox"/>	ATLĐ	<input type="checkbox"/>
Giáo dục	<input type="checkbox"/>	Y Dược	<input type="checkbox"/>	Sở hữu trí tuệ	<input type="checkbox"/>
<b>5. THỜI GIAN THỰC HIỆN</b> 24 tháng Từ tháng 06 năm 2016 đến tháng 06 năm 2018					
<b>6. CƠ QUAN CHỦ TRÌ ĐỀ TÀI</b> Tên cơ quan: Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - Đại học Thái nguyên Địa chỉ: Đường 3/2 - Phường Tích lương, Thành phố Thái Nguyên Điện thoại: 02803847145 E-mail: office@tnut.edu.vn Họ và tên thủ trưởng cơ quan chủ trì: PGS. TS. Phan Quang Thế					
<b>7. CHỦ NHIỆM ĐỀ TÀI</b>					
Họ và tên: Vũ Lai Hoàng		Năm sinh: 1978			
Học hàm, học vị: Tiến sỹ		Đối tượng ưu tiên:			
Địa chỉ cơ quan: Đường 3/2, Phường Tích Lương, TP. Thái Nguyên		Địa chỉ nhà riêng: ngõ 1175 tổ 26, Phường Phú Xá, TP. Thái Nguyên			
Điện thoại cơ quan:		Điện thoại nhà riêng:			
Di động: 0912.21.44.33		Fax:			
E-mail: hoangvl@tnut.edu.vn					
<b>8. 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	Thành viên thực hiện chính TS. Đặng Quốc Khánh	Viện Khoa học và Công nghệ Vật liệu - ĐH Bách khoa HN, Kỹ thuật Vật liệu	Nghiên cứu cơ sở lý thuyết luyện kim bột		
2	Thư ký khoa học TS. Nguyễn Đức Tường	Trung tâm thí nghiệm, Hệ thống điện và Kỹ thuật Vật liệu	Nghiên cứu công nghệ chế tạo vật liệu. Kiểm tra và phân tích vật liệu		

3	Thành viên ThS. Nguyễn Hồng Kông	Khoa Điện, Hệ thống điện	Nghiên cứu cơ sở lý thuyết tiếp điểm điện	
---	--	-----------------------------	--	--

### 9. 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
Phòng Thí nghiệm Luyện kim Bột Đại học Bách khoa Hà nội	- Chế tạo mẫu thí nghiệm - Phân tích đánh giá sản phẩm	PGS.TS. Trần Quốc Lập

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

#### 10.1. Ngoài nước (*phân tích, đánh giá tình hình nghiên cứu thuộc lĩnh vực của đề tài trên thế giới, liệt kê danh mục các công trình nghiên cứu, tài liệu có liên quan đến đề tài được trích dẫn khi đánh giá tổng quan*)

Đồng (Cu) là kim loại có tính dẫn điện, dẫn nhiệt tốt. Nó được ứng dụng rộng rãi trong vật liệu kỹ thuật điện. Tuy nhiên, do độ bền, độ cứng và khả năng chịu mài mòn không cao làm hạn chế khả năng sử dụng của chúng. Vì vậy, vấn đề nâng cao cơ tính của đồng đã được nhiều nhà nghiên cứu về vật liệu trong và ngoài nước quan tâm theo xu hướng hợp kim hóa hoặc chế tạo vật liệu composite.

Compozit nền đồng cốt hạt ceramic đã được nghiên cứu trong nhiều những năm gần đây [1-3]. Cacbit titan (TiC) là loại cốt được sử dụng rộng rãi để chế tạo composit nền kim loại (Cu, Fe, Al và Ti) do có độ bền cao, độ cứng cao, chịu mài mòn tốt, nhiệt độ nóng chảy cao và đặc biệt nó có độ dẫn điện khá cao cho nên ít ảnh hưởng đến tính chất điện của composit [1-7].

Compozit nền Cu cốt hạt TiC là loại composit hóa bền phân tán. Pha cốt TiC phân tán vào trong nền đồng đóng vai trò làm giảm chuyển động của lệch hoặc hóa bền gián tiếp nhờ cản trở quá trình kết tinh lại sau biến dạng dẻo và xử lý nhiệt. Cốt hạt TiC kết hợp với nền Cu nhờ lực ma sát giữa chúng. Khi mặt tiếp xúc có độ nhám lớn thì composit có liên kết nền cốt bền vững.

TiC là loại cốt được sử dụng rộng rãi để chế tạo composit nền kim loại (Cu, Fe, Al và Ti) do có độ bền, độ cứng cao, độ mài mòn tốt, nhiệt độ nóng chảy cao và đặc biệt nó có độ dẫn điện và chịu hồ quang khá tốt so với các loại cốt cacbit, ôxit khác cho nên ít ảnh hưởng đến tính chất điện của compôzit [5-7].

Nghiên cứu này khảo sát đồng thời ảnh hưởng của hàm lượng TiC, nhiệt độ thiêu kết và ép đùn nguội đến một số tính chất của compôzit nền Cu cốt hạt TiC như độ dẫn điện, độ bền kéo, độ bền nén và độ mài mòn.

#### Tài liệu tham khảo:

1. G. W. Rowe, Principle of Principles of Industrial Metalworking Processes, Arnold, London, 1977
2. A. Pyzalla, W. Reimers, Residual-stresses and texture in cold forward extrusion, in: Proceedings of the International Conference on Competitive Advantage by Near-net-shape Manufacture, 1997, pp.175-180 (Chapter 38)
3. Ko Dae-Cheol, Kim Byung-Min, The prediction of central burst defects in extrusion and wire drawing, J. Mat. Proc. Technol. 102, (2000), 19-24

4. P. Tiernan, MT. Hillery, B. Draganescu, M. Gheorghe, Modelling of cold extrusion with experimental verification, J. Mat. Proc. Technol. 168, (2005), 360-366
5. D. Dudina, DH. Kwon, KX. Huynh, TD. Nguyen, JS. Kim, YS. Kwon, Proceedings of the 9th Russian–Korean International Symposium, KORUS, June–July, 2005, pp. 430–433
6. N. Zarrinfar, PH. Shipway, AR. Kennedy, A. Saidi, Scripta Mater, 46, (2002)
7. SD. Dunmed, DW. Readey, CE. Semler, J. Am. Ceram. Soc, 72, (1989)

**10.2. Trong nước (phân tích, đánh giá tình hình nghiên cứu thuộc lĩnh vực của đề tài ở Việt Nam, liệt kê danh mục các công trình nghiên cứu, tài liệu có liên quan đến đề tài được trích dẫn khi đánh giá tổng quan)**

- Compozit nền Cu cốt hạt TiC chưa được đề cập tới trong nước và rất ít ở các nước có nền công nghiệp phát triển. Trên thế giới chủ yếu nghiên cứu về composit nền Cu - cốt hạt TiB<sub>2</sub>; SiC; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ...
- Đề tài sẽ nghiên cứu về composit nền Cu – cốt hạt TiC, trong đó TiC là một trong những cacbít có cơ tính cao, chịu nhiệt tốt và bền trong môi trường ăn mòn có tính chất không thua kém so với TiB<sub>2</sub> và chế tạo thuận lợi hơn. Khả năng hóa bền nền Cu bằng các hạt TiC là một hướng nghiên cứu rất có triển vọng.

**10.3. 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 (họ và tên tác giả; bài báo; ấn phẩm; các yếu tố về xuất bản)**

- [1] Vũ Lai Hoàng, Trần Quốc Lập, Lê Hồng Thắng, Hoàng Ánh Quang (2011). *Ảnh hưởng của hàm lượng TiC tới cơ tính của vật liệu composit Cu-TiC*. Tạp chí Khoa học Công nghệ Kim loại, số 34, tr.28 ÷ 31, tháng 02 năm 2011.
- [2] Vũ Lai Hoàng, Trần Quốc Lập (2011). *Ảnh hưởng của ép đùn nguội tới cơ-lý tính của composit Cu-TiC*. Tạp chí Khoa học Công nghệ Kim loại, số 37, tr.44 ÷ 48, tháng 8 năm 2011.
- [3] Hoang L. Vu, Lap Q. Tran, Binh N. Duong, Khanh Q. Dang and Thang H. Le (2011). *Effects of TiC contents on properties of TicC reinforced copper composite*. Proceedings of the 4<sup>th</sup> AUN - SEED Net Regional Conference on Materials, pp.44 ÷ 48, Hanoi, Vietnam 8-9 December 2011.
- [4] Hoang L. Vu, Lap Q. Tran, Binh N. Duong, Khanh Q. Dang (2012). *Consolidation of Titanium Carbide reinforce copper composite by cold extrusion process*. Proceedings of the 1<sup>th</sup> International Conference on the Materials science and technology, pp.21 ÷ 23, Nha Trang, Vietnam, 7 april 2012.
- [5] H. L. Vu, L. Q. Tran, B. N. Duong, K. Q. Dang (2012). *Consolidation and Properties of Cu-TiC composite by a reduction sintering and cold extrusion process*. In proceeding of the 15<sup>th</sup> European conference on composite materials- ECCM15, Venice, Italy, 24-28 June 2012.
- [6] H. L. Vu, L. Q. Tran, B. N. Duong, K. Q. Dang, T. H. Le (2012). *Mechanical and Electrical Properties of Titanium Carbide Reinforced Copper Composite*. In Proceeding of Powder Metallurgy World Congress, PM2012, Yokohama, Japan, 14-18 October 2012
- [7] Nguyễn Hồng Kông, Vũ Lai Hoàng, Đặng Quốc Khánh, Trần Văn Sơn (2015), *Khảo sát các tính chất cơ - lý của composit Cu-TiC chế tạo bằng phương pháp luyện kim bột*, Tạp chí Khoa học & Công nghệ - Đại học Thái Nguyên, tập 132 số 02, Tr. 123 ÷ 128, tháng 02 năm 2015.

## 11. TÍNH CẤP THIẾT CỦA ĐỀ TÀI

Công nghệ vật liệu, một trong những lĩnh vực đang được ưu tiên phát triển hàng đầu và có vai trò lớn trong nền kinh tế quốc dân. Vật liệu composite là hướng nghiên cứu đang được quan tâm ở trong nước và trên thế giới, composite nền Cu cốt hạt TiC sẽ làm tăng cường cơ tính của vật liệu.

Nghiên cứu công nghệ sản xuất composite nền Cu cốt hạt TiC ứng dụng trong kỹ thuật điện là hướng nghiên cứu có nhiều hứa hẹn, sản phẩm được ứng dụng trong các vật liệu làm vật dẫn, vật liệu tiếp điểm điện, chịu nhiệt cao và chịu mài mòn tốt.

## 12. MỤC TIÊU ĐỀ TÀI

Mục tiêu chính của đề tài là nghiên cứu xác định ảnh hưởng thành phần và khả năng thiêu kết composit nền Cu cốt hạt TiC.

Nghiên cứu công nghệ chế tạo vật liệu composit nền Cu - cốt hạt TiC. Đưa ra được các thông số công nghệ để có thể ứng dụng vào việc chế tạo tiếp điểm trong công tắc tơ.

## 13. ĐỐI TƯỢNG, PHẠM VI NGHIÊN CỨU

- Nghiên cứu lý thuyết về công nghệ luyện kim bột, vật liệu tiếp điểm điện và vật liệu Composit nền kim loại.

- Xác định công nghệ chế tạo composit nền Cu cốt hạt TiC có thể ứng dụng vào việc chế tạo tiếp điểm trong công tắc tơ phù hợp với điều kiện trong nước.

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

### 14.1. Cách tiếp cận

Cụ thể, các mẫu composit nền Cu cốt hạt TiC thí nghiệm với tỉ lệ cốt hạt TiC từ 1÷5%, công nghệ ép tạo hình và chế độ thiêu kết. Các mẫu thí nghiệm sẽ được đánh giá cơ lý tính (độ bền nén, độ bền kéo, độ mài mòn và độ dẫn điện) qua đó chọn được thành phần và chế độ công nghệ phù hợp để chế tạo vật liệu theo đề xuất.

### 14.2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu thực nghiệm và nghiên cứu lý thuyết

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

### 15.1. Nội dung nghiên cứu (*trình bày dưới dạng đề cương nghiên cứu chi tiết*)

- Nghiên cứu tổng quan về composit nền kim loại, luyện kim bột;
- Nghiên cứu lý thuyết về vật liệu tiếp điểm điện
- Xây dựng quy trình trộn, ép tạo hình sơ bộ, thiêu kết;
- Xây dựng hệ thống thiết bị thí nghiệm; tiến hành các nghiên cứu thực nghiệm;
- Phân tích, đánh giá kết quả thực nghiệm;
- Công bố, báo cáo các kết quả nghiên cứu;

TT	Các nội dung, công việc thực hiện	Sản phẩm	Thời gian (bắt đầu-kết thúc)	Người thực hiện
1	Nghiên cứu tổng quan về composit nền kim loại, luyện kim bột;	Báo cáo	Tháng 3/2016-9/2016	Vũ Lai Hoàng Đặng Quốc Khánh
2	Nghiên cứu lý thuyết về vật liệu tiếp điểm điện	Báo cáo	Tháng 3/2016-6/2016	Nguyễn Đức Tường Nguyễn Hồng Kông
3	- Xây dựng quy trình trộn, ép tạo hình, thiêu kết;	Chế độ công nghệ	Tháng 6/2016-	Vũ Lai Hoàng

	- <i>Xây dựng hệ thống thiết bị thí nghiệm; tiến hành các nghiên cứu thực nghiệm;</i>	hợp lý	9/2016	Đặng Quốc Khánh
4	- Phân tích, đánh giá kết quả thực nghiệm; - Ứng dụng kết quả nghiên cứu vào thực tế	Báo cáo	Tháng 10/2016 - 11/2016	Vũ Lai Hoàng Nguyễn Đức Tường
	- Công bố, báo cáo các kết quả nghiên cứu;	Bài báo, Thuyết minh		Vũ Lai Hoàng Đặng Quốc Khánh Nguyễn Đức Tường

**16. SẢN PHẨM**

## 16.1. Sản phẩm khoa học

Sách	Số lượng	Báo, Báo cáo	Số lượng
Sách chuyên khảo		Bài báo đăng tạp chí nước ngoài	
Sách tham khảo		Bài báo đăng tạp chí trong nước	01
Giáo trình		Bài đăng kỷ yếu hội nghị, hội thảo quốc tế	

## 16.2. Sản phẩm đào tạo

Loại	Nghiên cứu sinh	Cao học	Đề tài sinh viên NCKH
Số lượng			

## 16.3. Sản phẩm ứng dụng (tên sản phẩm, số lượng và yêu cầu khoa học đối với sản phẩm, địa chỉ ứng dụng)

Stt	Tên sản phẩm	Số lượng	Yêu cầu khoa học	Địa chỉ ứng dụng
1	Compozit nền Cu cốt hạt TiC làm tiếp điểm trong công tắc tơ	04	Vật liệu tiếp điểm trong công tắc tơ	Thay thế các tiếp điểm trong Contactor

## 16.4. Sản phẩm khác: Không

**17. HIỆU QUẢ** (giáo dục và đào tạo, kinh tế - xã hội)

- *Hiệu quả về giáo dục và đào tạo: Tạo ra tài liệu về Luyện kim bột, vật liệu composit nền kim loại phục vụ giảng dạy cho ngành Kỹ thuật vật liệu, Kỹ thuật điện ..., 01 bài báo trên tạp chí khoa học chuyên ngành trong nước.*

- Việc ứng dụng kết quả của nghiên cứu vào thực tế, thay thế tiếp điểm điện trong công tắc tơ đã bị mài mòn qua đó nâng cao thời gian làm việc của công tắc tơ và tăng hiệu suất kinh tế.

**18. KINH PHÍ THỰC HIỆN ĐỀ TÀI VÀ NGUỒN KINH PHÍ****Tổng kinh phí: 70.000.000 VNĐ** (Bảy mươi triệu đồng chẵn./.)**Trong đó:**Đơn vị chủ trì: **70.000.000 VNĐ**

Đại học Thái Nguyên:

Nguồn khác:

**Nhu cầu kinh phí từng năm:****Năm 2016:**Đơn vị chủ trì: **30.000.000 VNĐ**

Đại học Thái Nguyên:

Nguồn khác:

**Năm 2017:**Đơn vị chủ trì: **40.000.000 VNĐ**

Đại học Thái Nguyên:

Nguồn khác:

**DỰ TOÁN KINH PHÍ THỰC HIỆN ĐỀ TÀI**

(Theo thông tư 55/2015/TTLT-BTC-BKHCN ngày 22/4/2015 của Bộ Tài chính và Bộ Khoa KH&amp;CN và quyết định số 5830/QĐ-BGDĐT ngày 27/11/2015 của Bộ Giáo dục và Đào tạo)

*Lương cơ bản: 1.150.000đ Đơn vị tính: đồng*

TT	Nội dung chi	Nguồn kinh phí, thành tiền					
		Năm 2016			Năm 2017		
		Đơn vị chủ trì	ĐHTN	Nguồn khác	Đơn vị chủ trì	ĐHTN	Nguồn khác
<b>I</b>	<b>Trả công và thuê khoán hợp đồng</b>						
	Chủ nhiệm đề tài: TS. Vũ Lai Hoàng	12.017.500			11.385.000		
	Thư ký khoa học: TS. Nguyễn Đức Tường				5.865.000		
	Thành viên thực hiện chính: TS. Đặng Quốc Khánh	3.910.000			3.910.000		
	Thành viên: ThS. Nguyễn Hồng Kông	2.070.000					
<b>II</b>	<b>Nguyên vật liệu, thiết bị, vật tư, hóa chất</b>						
	Chế tạo khuôn ép tạo hình	4.502.500					
	Chi cho việc ép tạo hình	1.000.000			1.000.000		
	Chi cho việc thiêu kết mẫu				2.500.000		
	Chi mua nguyên vật liệu	5.000.000					
	Phân tích kết quả thực nghiệm;				3.000.000		
...	Chi cho thử nghiệm				4.000.000		
<b>III</b>	<b>Chi khác (Công tác phí, Hội nghị hội thảo, quản lý, nghiệm</b>						

	<b>thu...)</b>						
	Hội nghị, hội thảo khoa học				2.500.000		
	Nghiệm thu				3.700.000		
	Mua tài liệu, số liệu, dịch tài liệu, in ấn, photo				140.000		
	Quản lý chung (5%)	1.500.000			2.000.000		
	<b>Tổng</b>	<b>30.000.000</b>			<b>40.000.000</b>		

(Ghi chú: Các khoản chi phí khác thực hiện theo Thông tư liên tịch số 55/TTLT-NTC-BKHHCN ngày 22/11/2015 của Bộ tài chính-Bộ Khoa học và Công nghệ và Quyết định số 5830/QĐ-BGDĐT ngày 27/11/2015 của Bộ Giáo dục và Đào tạo.)

Ngày 17 tháng 6 năm 2016

**Cơ quan chủ trì**  
**KT. HIỆU TRƯỞNG**  
**PHÓ HIỆU TRƯỞNG**

*(đã ký, đóng dấu)*

**PGS.TS. Vũ Ngọc Pi**

Ngày 16 tháng 6 năm 2016

**Chủ nhiệm đề tài**

*(đã ký)*

**TS. Vũ Lai Hoàng**

Ngày 20 tháng 8 năm 2016

**Cơ quan chủ quản duyệt**  
**KT. GIÁM ĐỐC**  
**PHÓ GIÁM ĐỐC**

*(đã ký, đóng dấu)*

**PGS. TS. Nguyễn Hữu Công**



**PHỤ LỤC DỰ TOÁN KINH PHÍ THỰC HIỆN ĐỀ TÀI** (Chi tiết các khoản chi)

**I. Trả công thuê khoán hợp đồng**

TT	Nội dung công việc, thành viên thực hiện	Số ngày công dự kiến	Hệ số tiền công theo ngày	Nguồn kinh phí, thành tiền					
				Năm 2016			Năm 2017		
				Đơn vị chủ trì	ĐH TN	Nguồn khác	Đơn vị chủ trì	ĐH TN	Nguồn khác
<b>1</b>	<b>Chủ nhiệm đề tài: TS. Vũ Lai Hoàng</b>								
1.1	Nghiên cứu tổng quan, viết thuyết minh	12	0,55	3.162.500			4.427.500		
1.2	Xây dựng đề cương chi tiết	3	0,55	1.897.500					
1.3	Chi thực hiện các chuyên đề	6	0,55	3.795.000					
1.4	Phân tích, đánh giá kết quả thực nghiệm;	6	0,55	1.897.500			1.897.500		
1.5	Công bố, báo cáo các kết quả nghiên cứu;	10	0,55	1.265.000			5.060.000		
<b>2</b>	<b>Thư ký khoa học: TS. Nguyễn Đức Tường</b>								
2.1	Chỉnh sửa thuyết minh, báo cáo	5	0,34				1.955.000		
2.2	Ứng dụng kết quả nghiên cứu vào thực tế	10	0,34				3.910.000		
<b>3</b>	<b>Thành viên thực hiện chính: TS. Đặng Quốc Khánh</b>								
3.1	Xây dựng quy trình trộn, ép tạo hình, thiêu kết	10	0,34	2.737.000			1.173.000		
3.2	Xây dựng hệ thống thiết bị thí nghiệm; tiến hành các nghiên cứu thực nghiệm	10	0,34	1.173.000			2.737.000		
<b>4</b>	<b>Thành viên: ThS. Nguyễn Hồng Kông</b>								
4.1	Nghiên cứu lý thuyết về vật liệu tiếp điểm điện	5	0,18	1.035.000					
4.2	Khảo sát thực trạng	5	0,18	1.035.000					

**II+III. Nguyên nhiên vật liệu, hóa chất, thiết bị, chi khác**

<b>II. Chi phí thuê, mua trang thiết bị</b>									
	Chế tạo khuôn ép tạo hình			4.502.500					
	Chi cho việc ép tạo hình			1.000.000			1.000.000		
	Chi cho việc thiêu kết mẫu						2.500.000		

	Chi mua nguyên vật liệu	5.000.000					
	Phân tích kết quả thực nghiệm;				3.000.000		
	Chi cho thử nghiệm				4.000.000		
	<b>Hội nghị, hội thảo khoa học</b>				2.500.000		
<b>III. Nghiệm thu</b>					3.700.000		
<b>IV. Chi khác</b>							
	Mua tài liệu, số liệu, dịch tài liệu, in ấn, photo				140.000		
	Quản lý chung (5%)	1.500.000			2.000.000		
<b>Tổng</b>		<b>30.000.000</b>			<b>40.000.000</b>		

**Tổng kinh phí: 70.000.000 VNĐ (Bảy mươi triệu đồng chẵn./.)**

Ngày 17 tháng 6 năm 2016

**Cơ quan chủ trì**  
**KT. HIỆU TRƯỞNG**  
**PHÓ HIỆU TRƯỞNG**

*(đã ký, đóng dấu)*

**PGS. TS. Vũ Ngọc Pi**

Ngày 16 tháng 6 năm 2016

**Chủ nhiệm đề tài**

*(đã ký)*

**TS. Vũ Lai Hoàng**

**TIỀM LỰC KHOA HỌC CỦA TỔ CHỨC, CÁ NHÂN  
THỰC HIỆN ĐỀ TÀI KH&CN CẤP ĐẠI HỌC**  
(Kèm theo Thuyết minh đề tài KH&CN cấp Đại học)

**A. Thông tin về chủ nhiệm và các thành viên tham gia nghiên cứu đề tài:**

**1. Chủ nhiệm đề tài: TS. Vũ Lai Hoàng**

1.1. Các hướng nghiên cứu khoa học chủ yếu (Đối với chủ nhiệm đề tài là NCS cần ghi rõ tên đề tài luận án, nơi đào tạo)

- Công nghệ vật liệu, Luyện kim Bột
- Compozit nền kim loại

1.2. Kết quả nghiên cứu khoa học trong 5 năm gần đây:

- *Chủ nhiệm hoặc tham gia Chương trình, Đề tài NCKH đã nghiệm thu (chỉ nêu tối đa 5 Chương trình/Đề tài tiêu biểu nhất)*

Stt	Tên chương trình, đề tài	Chủ nhiệm	Tham gia	Mã số và cấp quản lý	Thời gian thực hiện	Kết quả nghiệm thu
1	Nghiên cứu công nghệ tổng hợp TiC từ TiO <sub>2</sub> trong nước	x		B2010-TN01-05 Cấp Bộ	2010	Tốt

- *Công trình khoa học đã công bố (chỉ nêu tối đa 5 công trình tiêu biểu nhất):*

Stt	Tên công trình khoa học	Tác giả/Đồng tác giả	Địa chỉ công bố	Năm công bố
1	Ảnh hưởng của hàm lượng TiC tới cơ tính của vật liệu composit Cu-TiC	Vũ Lai Hoàng, Trần Quốc Lập, Lê Hồng Thắng, Hoàng Ánh Quang	Tạp chí Khoa học Công nghệ Kim loại, số 34	2011
2	Ảnh hưởng của ép đùn nguội tới cơ-lý tính của composit Cu-TiC.	Vũ Lai Hoàng, Trần Quốc Lập	Tạp chí Khoa học Công nghệ Kim loại, số 37	2011
3	Consolidation and Properties of Cu-TiC composite by a reduction sintering and cold extrusion process	H. L. Vu, L. Q. Tran, B. N. Duong, K. Q. Dang	In proceeding of the 15 <sup>th</sup> European conference on composite materials- ECCM15	2012
4	Mechanical and Electrical Properties of Titanium Carbide Reinforced Copper Composite	H. L. Vu, L. Q. Tran, B. N. Duong, K. Q. Dang, T. H. Le	In Proceeding of Powder Metallurgy World Congress, PM2012	2012
5	Effects of Sintering Temperature on the Microstructure and Mechanical Properties of Cu-TiC composite	Vu Lai Hoang, Tran Quoc Lap, Dang Quoc Khanh	The 13 <sup>th</sup> Asian Foundry Congress (AFC-13)	2015

## 1.3. Kết quả đào tạo trong 5 năm gần đây:

- *Hướng dẫn thạc sỹ, tiến sỹ:*

Stt	Tên đề tài luận văn, luận án	Đối tượng		Trách nhiệm		Cơ sở đào tạo	Năm bảo vệ
		Nghiên cứu sinh	Học viên cao học	Chính	Phụ		

- *Biên soạn sách phục vụ đào tạo đại học và sau đại học:*

Stt	Tên sách	Loại sách	Nhà xuất bản và năm xuất bản	Chủ biên hoặc tham gia
-----	----------	-----------	------------------------------	------------------------

## 1. Các thành viên tham gia nghiên cứu (mỗi thành viên chỉ nêu tối đa 3 công trình tiêu biểu nhất):

Stt	Họ tên thành viên	Tên công trình khoa học	Địa chỉ công bố	Năm công bố
1	TS. Nguyễn Đức Tường	<u>Ellipsometric and XPS characterization of transparent nickel oxide thin films deposited by reactive HiPIMS</u>	Surface and Coatings Technology 250, 21-25	2014
		<u>Effect of the deposition conditions of NiO anode buffer layers in organic solar cells, on the properties of these cells</u>	Applied Surface Science	2014
		<u>Sự phụ thuộc của đặc tính tế bào quang điện hữu cơ vào tính chất của lớp đệm điện cực dương NiO</u>	Khoa học và Công nghệ 4 (118), 80-86	2014
2	TS. Đặng Quốc Khánh	Consolidation and Properties of Cu-TiC composite by a reduction sintering and cold extrusion process	In proceeding of the 15 <sup>th</sup> European conference on composite materials-ECCM15	2012
		Mechanical and Electrical Properties of Titanium Carbide Reinforced Copper Composite	In Proceeding of Powder Metallurgy World Congress, PM2012	2012
		Effects of Sintering Temperature on the Microstructure and Mechanical Properties of Cu-TiC composite	The 13 <sup>th</sup> Asian Foundry Congress (AFC-13)	2015
3	ThS. Nguyễn Hồng Kông	Khảo sát các tính chất cơ - lý của compozit Cu-TiC chế tạo bằng phương pháp luyện kim bột	Tạp chí Khoa học & Công nghệ - Đại học Thái Nguyên, tập 132 số 02	2015

**B. Tiềm lực về trang thiết bị của cơ quan chủ trì để thực hiện đề tài:**

Stt	Tên trang thiết bị	Thuộc phòng thí nghiệm	Mô tả vai trò của thiết bị đối với đề tài	Tình trạng
-----	--------------------	------------------------	---	------------

1	Lò sấy	Trung tâm thí nghiệm	Sấy mẫu	Tốt
2	Lò nung	Khoa Cơ khí	Thiêu kết	Tốt
3	Cân vi lượng	Trung tâm thí nghiệm	Cân nguyên liệu, tỉ trọng	Tốt
4	Thiết bị đo độ dẫn điện	Trung tâm thí nghiệm	Đo độ dẫn điện	Tốt
5	Kính hiển vi điện tử	Trung tâm thí nghiệm	Đánh giá cấu trúc tế vi	Tốt
6	Kính hiển vi quang học	Trung tâm thí nghiệm	Đánh giá cấu trúc tế vi	Tốt
7	Máy đo độ cứng HV	Trung tâm thí nghiệm	Đo độ cứng	Tốt
8	Máy kiểm tra độ bền	Trung tâm thí nghiệm	Đo độ bền nén, bền kéo	Tốt

**Xác nhận của cơ quan chủ trì**  
**KT. HIỆU TRƯỞNG**  
**PHÓ HIỆU TRƯỞNG**

**(đã ký, đóng dấu)**

**PGS.TS. Vũ Ngọc Pi**

*Ngày 16 tháng 6 năm 2016*

**Chủ nhiệm đề tài**

**(đã ký)**

**TS. Vũ Lai Hoàng**