

ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ YẾU TỐ CÔNG NGHỆ ĐẾN TÍNH CHẤT CỦA COMPOZIT Cu-TiC

Vũ Lai Hoàng^{1*}, Đặng Quốc Khánh²

¹Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - ĐH Thái Nguyên

²Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

TÓM TẮT

Bài báo trình bày ảnh hưởng của hàm lượng cacbit titan (TiC) và nhiệt độ thiêu kết tới cơ - lý tính của compozit nền đồng cốt hạt TiC tổng hợp bằng phương pháp luyện kim bột. Hỗn hợp bột Cu-TiC với hàm lượng TiC thay đổi từ 1 đến 5 % trọng lượng được trộn, ép và thiêu kết. Các mẫu sau khi thiêu kết ở 900 °C tiến hành ép đùn nguội được kiểm tra cơ tính và độ dẫn điện. Các kết quả thu được cho thấy hàm lượng TiC và nhiệt độ thiêu kết có ảnh hưởng mạnh đến mật độ, độ bền cũng như độ dẫn điện của vật liệu. Công nghệ ép đùn nguội làm tăng cơ tính và độ dẫn điện của compozit Cu-TiC

Từ khóa: compozit nền kim loại; thiêu kết; ép đùn; cơ-lý tính; TiC

MỞ ĐẦU

Compozit nền đồng (Cu) cốt hạt ceramic đã được nghiên cứu trong nhiều năm gần đây [1, 2]. Cacbit titan (TiC) là loại cốt được sử dụng rộng rãi để chế tạo compozit nền kim loại (đồng, sắt, nhôm và titan) do có độ bền, độ cứng cao, độ mài mòn tốt, nhiệt độ nóng chảy cao và đặc biệt nó có độ dẫn điện khá tốt so với các loại cốt cacbit, ôxit khác cho nên ít ảnh hưởng đến tính chất điện của compozit. Các compozit nền Cu cốt hạt cứng, như: Cu-Al₂O₃, SiC-Cu, TiC-Cu, WC-Cu, B₄C-Cu, TiB₂-Cu... đã và đang được nghiên cứu rộng rãi [5-11].

Compozit nền Cu cốt hạt TiC là loại compozit 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, khi mặt tiếp xúc có độ nhám lớn thì compozit có liên kết nền cốt bền vững [3].

Ép đùn được áp dụng cho 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 [5]. Sau biến

dạng độ bền và độ cứng của kim loại tăng lên trong khi độ dẻo giảm đi. So với ép đùn nóng thì ép đùn nguội cho sản phẩm có cơ tính và bề mặt tốt hơn, không bị ôxy hóa [8].

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 compozit nền Cu cốt hạt TiC như độ dẫn điện, độ bền kéo, độ bền nén và độ mài mòn.

THỰC NGHIỆM

Nguyên liệu ban đầu

Bột Cu nguyên chất với hàm lượng $\geq 99,5$ % và kích thước hạt ≤ 10 μm có nguồn gốc từ Trung Quốc.

Bột TiC với độ sạch ≥ 98 % và kích thước hạt ≤ 5 μm có xuất xứ từ Mỹ.

Chế tạo compozit nền Cu cốt hạt TiC bằng phương pháp luyện kim bột

Công nghệ chế tạo mẫu compozit nền Cu cốt hạt TiC như sau:

Hỗn hợp bột Cu và TiC với các thành phần theo khối lượng (1; 2; 3; 4 và 5 %TiC) được trộn đều trong 2 giờ với tốc độ 150 vòng/phút.

Bột sau trộn được ép ở lực ép 200 Mpa và thiêu kết ở các nhiệt độ khác nhau 850, 900 và 950 °C trong 2 giờ, mẫu có kích thước $\Phi 9 \times 10$.

* Tel: 0912 214433, Email: hoangvl@tnut.edu.vn

Ép đùn nguội mẫu thiêu kết ở 900 °C theo từng bước để giảm kích thước xuống $\Phi 8$; $\Phi 7$; $\Phi 6,5$ với lực ép 100 MPa.

Sản phẩm sau thiêu kết và ép đùn được kiểm tra mật độ, độ dẫn điện, độ bền kéo, độ bền nén và độ mài mòn.

Các phương pháp kiểm tra và phân tích composít Cu-TiC

Độ dẫn điện của các mẫu được kiểm tra bằng phương pháp đo hiệu ứng Hall trên máy Lakeshore HR6000 (Mỹ). Độ bền kéo và độ bền nén được xác định trên máy thử cơ tính vạn năng MTS 809 (Mỹ). Độ mài mòn của mẫu được xác định bằng Thiết bị đo hệ số ma sát của Tribotester (Pháp). Ảnh tổ chức tế của mẫu được đánh giá thông qua chụp ảnh SEM trên kính hiển vi điện tử quét JSM 6490 (Nhật).

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Ảnh hưởng của hàm lượng TiC và nhiệt độ thiêu kết đến mật độ của composít Cu-TiC

Hình 1 cho thấy ảnh hưởng của hàm lượng TiC và nhiệt độ thiêu kết đến mật độ của composít Cu-TiC. Khi hàm lượng TiC tăng thì mật độ của composít 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 composít. 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 composít Cu-TiC.

Hình 2 cho thấy ảnh hưởng của hàm lượng TiC và ép đùn nguội đến mật độ của composít Cu-TiC thiêu kết ở 900 °C. Với hàm lượng 2 %TiC, trước ép đùn mật độ của composít Cu-TiC xấp xỉ 90 %, sau khi ép đùn mật độ của composít tăng mạnh xấp xỉ 96 %. Khi hàm lượng TiC tăng lên thì mật độ của composít

sau ép đùn cũng giảm nhưng vẫn cao hơn nhiều so sau thiêu kết. Từ kết quả này chứng tỏ ép đùn nguội làm mật độ của composít Cu-TiC tăng lên.

Ảnh hưởng của hàm lượng TiC đến độ dẫn điện của composít Cu-TiC

Ảnh hưởng của hàm lượng TiC đến điện trở suất của composít Cu-TiC biểu diễn trên hình 3. Khi hàm lượng TiC tăng thì điện trở suất tăng là do mật độ của composít giảm. Điện trở suất tăng mạnh khi hàm lượng TiC lớn hơn 2 % điều này hoàn toàn phù hợp với lý thuyết. Nhiệt độ thiêu kết tăng làm giảm điện trở suất tăng độ dẫn điện do mật độ của composít tăng. Mặt khác, sau ép đùn nguội mật độ tăng dẫn đến độ dẫn điện của composít Cu-TiC tăng (hình 7.c).

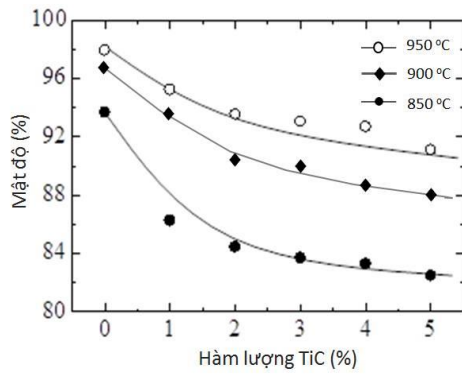
Ảnh hưởng của hàm lượng TiC đến độ bền kéo của composít Cu-TiC

Hình 4 cho thấy ảnh hưởng của hàm lượng TiC đến độ bền kéo của composít Cu-TiC. Giới hạn bền kéo đạt cực đại khi hàm lượng TiC là 2 %. Khi vượt quá 2 %TiC thì giới hạn bền kéo lại giảm do ảnh hưởng của độ xốp không vượt qua ảnh hưởng thiên tích của TiC (điều này được giải thích ở hình 7.c) và làm giảm độ bền liên kết của nền Cu.

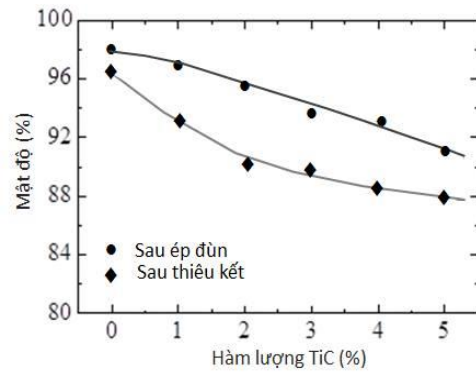
Ảnh hưởng của hàm lượng TiC đến độ bền nén của composít Cu-TiC

Hình 5 cho thấy ảnh hưởng của hàm lượng TiC đến độ bền nén của composít Cu-TiC. Sau thiêu kết ở 900 °C và ép đùn thì giới hạn bền nén đạt giá trị lớn nhất khi hàm lượng TiC là 4 %TiC, 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 composít được tổng hợp bằng phương pháp luyện kim bột tức mật độ giảm.

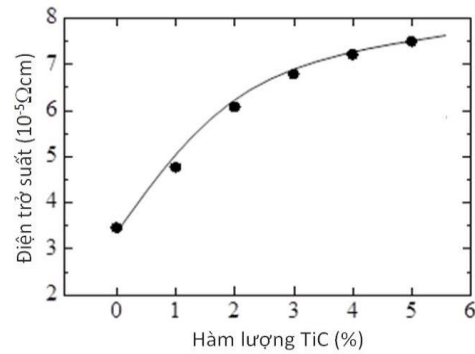
So với thử kéo, độ bền nén của composít Cu-TiC có thể đạt cực đại với hàm lượng 4 %TiC chính là do khi thử nén, các vết nứt tế vi có thể được hàn kín lại làm tăng khả năng chịu tải của composít.



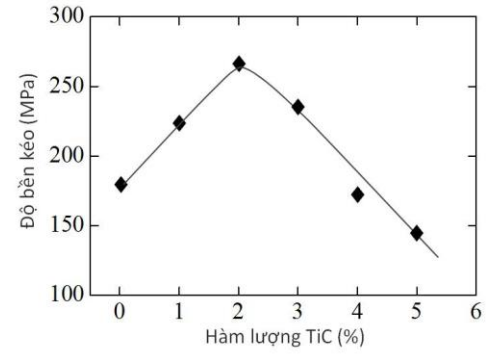
Hình 1. Ảnh hưởng của hàm lượng TiC và nhiệt độ thiêu kết đến mật độ của composit Cu-TiC



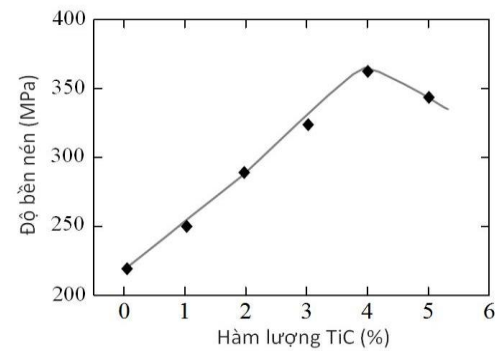
Hình 2. Ảnh hưởng của hàm lượng TiC và ép đùn đến mật độ của composit Cu-TiC



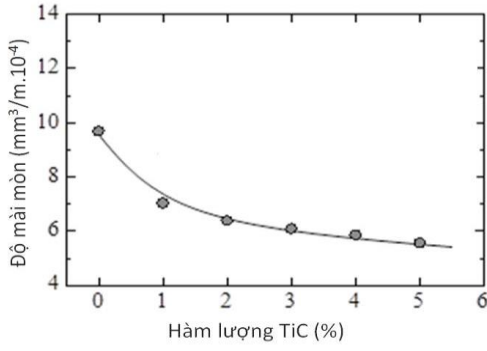
Hình 3. Ảnh hưởng của hàm lượng TiC đến điện trở suất của composit Cu-TiC



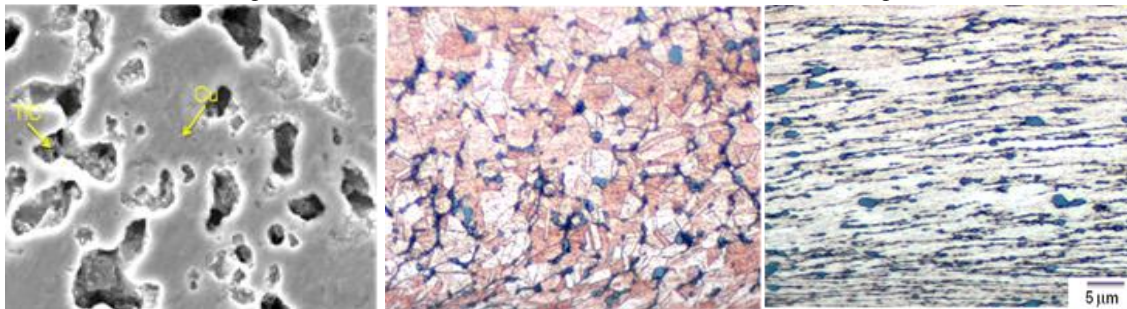
Hình 4. Ảnh hưởng của hàm lượng TiC độ bền kéo của composit Cu-TiC



Hình 5. Ảnh hưởng của hàm lượng TiC độ bền nén của composit Cu-TiC



Hình 6. Ảnh hưởng của hàm lượng TiC đến độ mài mòn của composit Cu-TiC



(a)

(b)

(c)

Hình 7. Ảnh tổ chức tế vi của composit Cu-TiC trước (a,b) và sau ép đùn nguội (c)

Ảnh hưởng của hàm lượng TiC đến độ mài mòn của compozit Cu-TiC

Từ hình 6 thấy rõ ảnh hưởng của hàm lượng TiC đến độ mài mòn của compozit Cu-TiC. Khi cho thêm 1% TiC vào nền Cu thì khả năng chịu mài mòn của vật liệu compozit Cu-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 compozit cũng tăng nhưng không đáng kể.

Tổ chức tế vi của compozit Cu-TiC

Các kết quả trên có thể được minh họa trên ảnh tổ chức tế vi của compozit Cu-TiC trước và sau ép đùn (hình 7).

Hình 7 (a, b) cho thấy tổ chức tế vi đặc trưng của các mẫu compozit Cu-TiC trước ép đùn gồm các hạt TiC (màu đen) và nền Cu (màu xám). Ảnh tổ chức tế vi của compozit Cu-TiC cho thấy sự phân bố đồng đều hạt TiC trên nền Cu. Điều đó đóng góp vào sự tăng cơ tính của compozit do các hạt TiC hóa bền phân tán trong nền Cu. Nhưng khi hàm lượng TiC $\geq 2\%$ thì độ bền kéo của compozit giảm (hình 4) và TiC $\geq 4\%$ thì độ bền nén của compozit cũng giảm (hình 5), là do sự tập trung của các hạt TiC làm giảm mật độ và mạng liên kết của nền Cu không còn bền vững nên cơ tính của vật liệu giảm.

Hình 7.c cho thấy tổ chức tế vi của compozit Cu-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, các cụm hạt TiC do biến dạng bị phân nhỏ đều trong nền đồng và mật độ cao hơn trong lõi. Điều này làm giảm điện trở suất hay tăng độ dẫn điện của compozit Cu-TiC sau ép đùn nguội.

KẾT LUẬN

Khi được hóa bền bởi hạt TiC cơ tính của compozit Cu-TiC được cải thiện đáng kể. Sau

thieu kết ở 900°C và ép đùn nguội thì compozit Cu-2% TiC có độ bền kéo tốt nhất, còn độ bền nén tốt nhất khi hàm lượng TiC là 4% và khả năng chịu mài mòn của vật liệu tăng khi có thêm cốt hạt TiC.

Cơ - lý tính của compozit Cu-TiC tăng lên, đặc biệt là độ dẫn điện khi áp dụng công nghệ ép đùn nguội. Compozit Cu-TiC nhận được có thể ứng dụng làm vật liệu điện, vật liệu kết cấu, làm nền cho vật liệu dụng cụ cắt....

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. A. Chrysanthou, G. Erbaccio (1996), "Enhancing the dispersion of TiC in copper", *J. Mater. Sci. Lett*, **15**, pp. 774-775.
2. A. Chrysanthou, G. Erbaccio (1995), "Production of Copper-Matrix Composites by In Situ Processing", *J. Mater. Sci.*, **30**, pp. 6339-6344
3. Akhtar F., Askari S.J., Shah K.A., Du X., Guo S. (2009) "Microstructure, mechanical properties, electrical conductivity and wear behavior of high volume TiC reinforced Cu-matrix composites", *Mater. Charact.*, **60**, pp. 327-336.
4. D. Dudina, D. H. Kwon, K. X. Huynh, T. D. Nguyen, J. S. Kim, Y. S. Kwon (2005), "Nanoscale TiB₂-Dispersed Cu-matrix composite produced by a high-energy milling and selfpropagating high-temperature Synthesis Process" in *Proceedings of the 9th Russian-Korean International Symposium*, KORUS, Novosibirsk State Technical University, pp. 430-433.
5. G. W. Rowe, (1977), *Principle of Principles of Industrial Metalworking Processes*, Arnold, London.
6. Liang Y. H., Wang H. Y., Yang Y. F., Wang Y. Y., Jiang P. C. (2008), "Evolution process of the synthesis of TiC in the Cu-Ti-C system.", *J. Alloys Compd.*, **452**, pp. 298-303.
7. N. Zarrinfar, P. H. Shipway, A. R. Kennedy, A. Saidi, (2002) "Scripta Mater" **46**.
8. P. Tiernan, M. T. Hillery, B. Draganescu, M. Gheorghe, (2005) "Modelling of cold extrusion with experimental verification", *Journal of Materials Processing Technology*, **168**, pp. 360-366.
9. Xu Q., Zhang X., Han J., He X., Kvanin V. L., (2003) "Combustion Synthesis and Densification of Titanium Diboride-Copper Matrix Composite.", *Mater. Lett.*, **57**, pp. 4439-4444.
10. Zarrinfar N., Kennedy A. R., Shipway P. H., (2004), "Reaction synthesis of Cu-TiCx master-alloys for the production of copper-based composites", *Scripta Mater.*, **50**, pp. 949-952.

11. Zuhailawati H., Othman R., Nur Hawadah M. S. (2011), "Formation of titanium carbide reinforced copper matrix composite by in situ processing", *Adv. Mater. Res.*, **173**, pp. 111-115.

SUMMARY

EFFECT OF TECHNOLOGICAL ON PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF Cu-TiC COMPOSITE

Vũ Lai Hoàng^{1*}, Dang Quoc Khanh²

¹University of Technology - TNU

²Hanoi University of Science and Technology

The paper presents the influence of titanium carbide and sintering temperature on the physico-mechanical properties of the titanium carbide reinforced copper composite synthesized by powder metallurgy. The process involves mixing, compacting and sintering of Cu-TiC mixture with TiC contents varied from 1 to 5wt%. After sintered at 900°C, cold extrusion is applied on specimen and electrical, mechanical properties of specimen were investigated. The results show that titanium carbide and sintering temperature made a strong impact on the density, compress strength and electrical conductivity of the material. Cold extrusion had improved mechanical properties and electrical conductivity of the titanium carbide reinforced copper composite.

Keywords: MMCs; sintering; cold extrusion; physico-mechanical properties; TiC

Ngày nhận bài: 01/11/2017; Ngày phản biện: 23/11/2017; Ngày duyệt đăng: 05/01/2018

* Tel: 0912 214433, Email: hoangvl@tnut.edu.vn