

ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ NANO VÀ KỸ THUẬT ÉP NÓNG ĐẲNG TÍNH CHẾ TẠO COMPOZIT KIM LOẠI TẠI VIỆN KHOA HỌC VẬT LIỆU

**Đoàn Đình Phương, Trần Bảo Trung, Nguyễn Văn Luân, Lê Danh Chung,
Lương Văn Đương, Nguyễn Quang Huân, Đỗ Thị Nhung, Phạm Văn Trinh,
Nguyễn Văn Tích, Trần Bá Hùng**

ĐẶT VẤN ĐỀ

Compozit kim loại là nhóm vật liệu ngày càng được ứng dụng rộng rãi trong nhiều ngành công nghiệp, do những tính năng vượt trội mà kim loại và hợp kim truyền thống không có. Compozit kim loại thường được chế tạo bằng phương pháp luyện kim bột thông qua các công đoạn nghiền trộn, ép và thiêu kết tạo khối vật liệu. Trong đó, việc phân tán đồng đều các cấu tử thành phần (homogenous dispersion) và đạt được mật độ xít chặt hoàn toàn (full density) sau khi thiêu kết, luôn là những yêu cầu hàng đầu được đặt ra trong quá trình chế tạo. Những yêu cầu này càng khó đạt được khi mà composit kim loại có cấu trúc siêu mịn với kích thước hạt dưới một micromet, hoặc một trong những cấu tử thành phần có kích thước cỡ nanomet.

Bài báo này trình bày những kết quả đạt được tại Viện Khoa học vật liệu trong việc chế tạo composit kim loại có tính năng đặc biệt, cấu trúc siêu mịn hoặc một pha có kích thước nanomet thông qua việc ứng dụng công nghệ nano và kỹ thuật ép nóng đẳng tĩnh.

KẾT QUẢ KHOA HỌC VÀ ỨNG DỤNG

1. Chế tạo hợp kim cứng hệ WC-Co kích thước siêu mịn

Composite kim loại được ứng dụng thành công nhất từ trước tới nay là hợp kim cứng (HKC) hệ WC-Co. Trên bình diện toàn thế giới, khoảng 67% sản lượng HKC được ứng dụng làm dụng cụ gia công cắt gọt kim loại, 13% ứng dụng làm dụng cụ khoan trong các ngành dầu khí, khai khoáng và xây dựng, 20% ứng dụng trong các ngành khác.

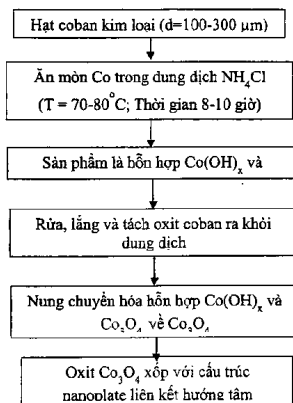
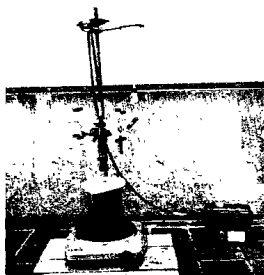
Hiện nay, xu hướng phát triển HKC với kích thước hạt mịn đến siêu mịn, kể cả kích thước cỡ nanomet đã và đang được nghiên cứu, phát triển và ứng dụng, do với cùng một thành phần thì HKC WC-Co có kích thước hạt mịn và siêu mịn cứng hơn và chịu mài mòn tốt hơn nhiều so với HKC truyền thống. Khi hạt cacbit vonfram (WC) có kích thước siêu mịn (dưới 500 nm) thì việc tạo được sự bao bọc đồng đều của coban quanh các hạt cacbit này là rất khó. Sau đây chúng tôi sẽ trình bày các kết quả ứng dụng công nghệ nano và kỹ thuật ép nóng đẳng tĩnh để chế tạo HKC kích thước siêu mịn.

Chế tạo oxit coban xốp có cấu trúc nanoplate liên kết hướng tâm

Ý tưởng đầu tiên là chế tạo oxit coban kích thước nanomet để nghiền trộn với WC kích thước siêu mịn (dưới 500 nm). Tuy nhiên, việc chế tạo oxit coban kích thước nanomet gặp nhiều khó khăn và phải sử dụng những hóa chất đắt tiền. Vì vậy, nhóm nghiên cứu đã phát triển phương pháp mới chế tạo oxit coban xốp được tạo bởi rất nhiều tấm có chiều dày khoảng 50 nm mọc hướng tâm liên kết với nhau, sau đó nghiền trộn oxit coban này với WC trong máy nghiền bi. Trong quá trình nghiền trộn, oxit

coban xốp bị nghiền nhỏ thành những hạt có kích thước từ 30-100 nm, phân tán đều trên bề mặt WC để tạo ra hỗn hợp bột có sự phân bố đồng đều của coban với WC sau khi hoàn nguyên.

Hình 1 là thiết bị và sơ đồ các bước chế tạo oxit coban xốp. Hạt kim loại coban kích thước từ 100-300 μm được đưa vào dung dịch NH_4Cl 2%, dung dịch luôn được giữ ở nhiệt độ từ 70-80 $^\circ\text{C}$ và được khuấy liên tục bằng máy khuấy. Oxy được đưa vào dung dịch bằng cách thổi không khí hoặc bằng dung dịch H_2O_2 30%. Dưới tác động của oxy, coban bị oxy hóa thành ion Co^{+2} , di chuyển vào dung dịch và kết tủa dần dưới dạng hydroxit và tiếp tục bị oxy hóa thành oxit coban. Sau khoảng thời gian từ 8-10 giờ, kim loại coban bị ăn mòn hết, dung dịch được rửa, lắng nhiều lần và tách hydroxit coban ra khỏi dung dịch. Tiếp theo hydroxit coban được nung chuyển hóa hoàn toàn về dạng Co_3O_4 ở nhiệt độ từ 350-400 $^\circ\text{C}$. Thực tế, đây là phương pháp do nhóm nghiên cứu tự phát triển, dựa trên ý tưởng của phương pháp Becher khi chế biến quặng ilmenhit.



Hình 1. Thiết bị và sơ đồ các bước chế tạo Co_3O_4 xốp.

Hình 2 là ảnh FESEM cho thấy hình thái và cấu trúc của hạt oxit coban xốp chế tạo theo phương pháp trên. Có thể thấy rằng, các hạt oxit coban hình thành có kích thước từ 1-3 μm . Ảnh độ phóng đại lớn hơn cho thấy, mỗi hạt coban được tạo bởi vô số các tấm có chiều dày từ 30-70 nm mọc hướng tâm liên kết với nhau. Chúng tôi tạm gọi các hạt này bằng thuật ngữ oxit coban xốp với cấu trúc nanoplate liên kết hướng tâm. Về hiện tượng oxit coban có cấu trúc tấm vảy khi kết tủa bằng phương pháp hóa học với sự có mặt của ion Cl^- đã được một số công trình nghiên cứu công bố. Tuy nhiên, cấu trúc nanoplate mọc hướng tâm liên kết với nhau như trên là cấu trúc lần đầu quan sát thấy và còn đang được chúng tôi nghiên cứu tiếp tục nhằm ứng dụng cho pin Lithium.



Hình 2. Ảnh FESEM các hạt oxit coban xốp có cấu trúc nanoplate liên kết hướng tâm.

Chế tạo composit WC-Co cấu trúc siêu mịn

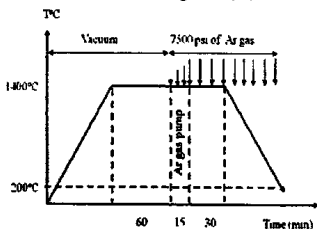
Như đã trình bày ở phần trên, hợp kim cứng WC-Co với kích thước hạt WC từ mịn đến siêu mịn đã và đang được nghiên cứu phát triển, ứng dụng do có độ cứng, độ chịu mài mòn cao hơn. Sau đây chúng tôi sẽ trình bày kết quả chế tạo WC-Co cấu trúc siêu mịn từ bột WC nhập khẩu và oxit coban được chế tạo theo phương pháp trên.

Bột WC có kích thước nhỏ hơn 500 nm, được pha tạp thêm 0,5% Cr nhằm làm chất ức chế sự phát triển của WC trong quá trình thiêu kết. Hỗn hợp WC-Co₃O₄ với Co₃O₄ cấu trúc nanoplate liên kết hướng tâm và tính toán để đạt WC-12%Co, được cho vào nghiền trong môi trường n-hexan trong 72h với tỷ lệ bi bột là 6:1. Tang nghiền và bi nghiền được chế tạo từ hợp kim WC-Co. Để loại bỏ sự hình thành của pha eta trong quá trình thiêu kết, grafit được đưa vào nghiền cùng với hỗn hợp bột trên với hàm lượng từ 0,3-0,5% trọng lượng. Hỗn hợp bột sau khi nghiền sẽ được sấy ở 50°C, sau đó đưa vào hoàn nguyên trong môi trường khí hydro ở 500°C. Quá trình hoàn nguyên được thực hiện trong lò ống và thổi khí hydro liên tục. Sau khi hoàn nguyên, hỗn hợp bột WC-Co sẽ được trộn chất trợ ép là parafin với hàm lượng 2% và ép sơ bộ trong khuôn. Sau khi ép sơ bộ, mẫu được thiêu kết sơ bộ ở 850°C trong môi trường khí Ar. Quá trình thiêu kết tạo khối được thực hiện trên thiết bị ép nóng đẳng tĩnh -HIP (HP630, AIP, Hoa kỳ). Giàn đồ thiêu kết HIP như thấy trên hình 3. Các mẫu được nung trong chân không đến 1400°C và giữ trong chân không 1h sau đó khí Ar sẽ được bơm đến áp suất 7500 psi (500 atm). Sau khi đạt áp suất, mẫu sẽ được giữ ở nhiệt độ 1400°C và áp suất 7500 psi trong 30 phút sau đó làm nguội cùng lò xuống nhiệt độ phòng. Kỹ thuật này còn được biết dưới tên gọi ép nóng đẳng tĩnh bổ sung (Sinter Plus HIP).

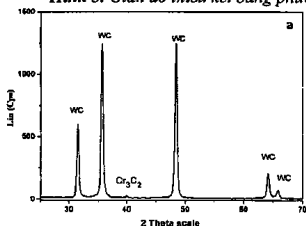
Các mẫu sau khi ép nóng đẳng tĩnh sẽ được mài và đánh bóng để nghiên cứu cấu trúc tế vi, đo tỷ trọng và đo cơ tính. Thành phần pha hợp kim được kiểm tra bằng phổ nhiễu xạ tia X (D5000, Siemens, Đức). Hình thái học của bột hợp kim và hợp kim sau khi thiêu kết được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét FESEM (Hitachi S-4800, Nhật Bản). Tỷ trọng của mẫu được kiểm tra dựa trên nguyên lý lực nổi Archimède (AND GR-202, Nhật Bản). Độ cứng Vickers được đo trên máy AVK-CO với tải trọng 30 kg - HV30 (Mitutoyo, Nhật Bản). Độ dai va đập của hợp kim được tính toán dựa trên độ cứng HV30 và tổng độ dài các vết nứt tại các góc của vết đâm độ cứng.

Giàn đồ nhiễu xạ tia X của bột WC nguyên liệu được thấy trên hình 4a. WC có cấu trúc sáu phương, α -WC, trong nhóm cấu trúc P6m2. Cr pha tạp xuất hiện dưới dạng

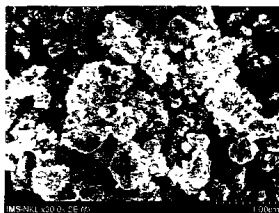
các bít Cr_2C_3 với cường độ nhiễu xạ rất yếu do hàm lượng đưa vào nhỏ, 0,5% trọng lượng. Cr_3C_2 với mục đích ức chế sự phát triển của hạt WC trong quá trình thiêu kết. Ảnh hiển vi điện tử quét của bột WC nguyên liệu được thấy trên hình 4b. Kích thước hạt ước lượng nhỏ hơn 500 nm và có xu hướng tích tụ lại với nhau thành các đám hạt.



Hình 3. Giản đồ thiêu kết bằng phương pháp ép nóng đẳng tĩnh bổ sung.



Hình 4. a) Giản đồ nhiễu xạ tia X; b) Ảnh FESEM của bột WC nguyên liệu.

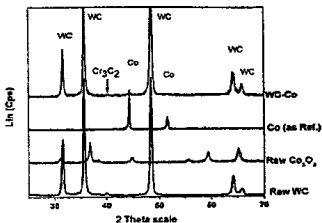


Hình 5. Ảnh FESEM hỗn hợp bột WC + Co_3O_4 sau khi nghiền trộn 72 h.

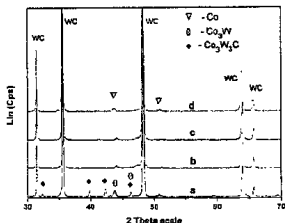
Sau khi nghiền 72h, do Co_3O_4 có cấu trúc rỗ xốp và giòn hơn so với WC nên đã bị nghiền mịn thành các hạt nhỏ hơn, từ 40-70 nm và phân tán trên bề mặt các hạt WC như thấy trên ảnh FESEM tại hình 5.

- i) Hỗn hợp bột sau khi nghiền được hoàn nguyên trong hydro để Co_3O_4 chuyển thành coban kim loại. Nhiệt độ hoàn nguyên hỗn hợp từ WC- Co_3O_4

thành WC-Co được lựa chọn sao cho không ảnh hưởng tới WC. Hình 6 gộp giản đồ nhiễu xạ tia X của bột WC nguyên liệu, bột Co_3O_4 trước khi nghiền và hỗn hợp bột WC-Co sau khi hoàn nguyên. Kết quả cho thấy Co_3O_4 trong hỗn hợp với WC đều chuyển hoàn toàn thành Co kim loại. Điều đo cho thấy nhiệt độ và quy trình hoàn nguyên là hoàn toàn phù hợp để nhận được hỗn hợp WC-Co.



Hình 6. Giản đồ XRD của WC, Co_3O_4 và hỗn hợp WC-Co sau hoàn nguyên.

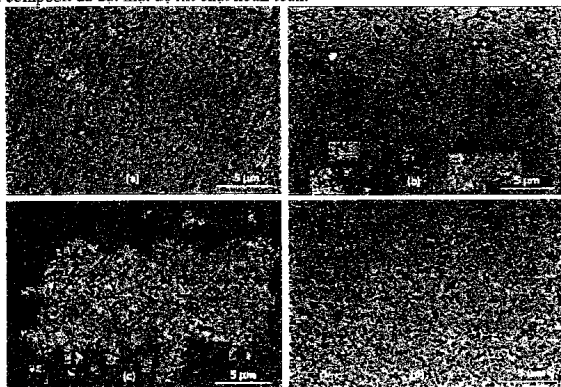


Hình 7. Giản đồ XRD của composit sau khi ép nóng đẳng tĩnh; a) WC-12Co; b) WC-12Co + 0,3 Gr; c) WC-12Co + 0,4Gr; d) WC-12Co + 0,5Gr (Gr-Grafit)

Giản đồ nhiễu xạ tia X của composit WC-12Co sau khi thiêu kết được thấy tại hình 7. Các đỉnh nhiễu xạ của WC được thấy rất rõ ràng với cường độ cao và chiếm ưu thế trong phổ nhiễu xạ. Tuy nhiên, không quan sát được các đỉnh của Co kim loại và Cr_3C_2 như thấy trong hỗn hợp bột sau khi hoàn nguyên, thay vào đó phát hiện thấy sự xuất hiện của pha eta ($\text{Co}_3\text{W}_3\text{C}$) và pha liên kim loại Co_3W . Sự xuất hiện của hai pha này là do sự thoát các bon trong quá trình thiêu kết và làm ảnh hưởng đến cơ tính của hợp kim. Để bù lượng các bon thoát ra và loại bỏ sự hình thành của hai pha này thì một lượng nhỏ grafit (0,3-0,5%) được đưa vào hỗn hợp bột trong quá trình nghiền. Giản đồ XRD của hợp kim WC-12Co có đưa thêm grafit sau khi thiêu kết HIP trên hình 7 đã chứng minh: pha liên kim loại Co_3W và pha eta- $\text{Co}_3\text{W}_3\text{C}$ đã được loại bỏ hoàn toàn sau khi đưa 0,3-0,5% grafit. Các đỉnh nhiễu xạ của Co kim loại cũng đã xuất hiện.

Ảnh điện tử tán xạ ngược FESEM của mẫu sau khi thiêu kết với hàm lượng các bon đưa vào được thấy trên hình 8. Kết quả cho thấy sự phân bố đồng đều của WC và Co kim loại. Trong quá trình nghiền, các hạt Co_3O_4 được nghiền nhỏ mịn và phân tán trên

bề mặt các hạt WC, sau khi hoàn nguyên Co_3O_4 chuyển thành Co kim loại và liên kết với nhau thành mạng lưới Co với kích thước siêu mỏng trên bề mặt các hạt WC. Như thấy trên hình 6, các hạt WC siêu mịn có kích thước trung bình từ 0,5-1 μm phân tán đều với các hạt Co kim loại. Sự phân tán đều sau khi nghiền trộn cùng với ngoại lực lớn tác động của khí Ar trong quá trình thiêu kết ở 1400 $^\circ\text{C}$ làm cho pha lỏng Co kim loại nhanh chóng hình thành và bao phủ xung quanh các hạt WC, điều này cũng cản trở sự liên kết của các hạt WC khi thiêu kết làm cản trở sự lớn lên của các hạt WC. Tỷ trọng tương đối của hợp kim sau ép nóng đẳng tĩnh được trình bày trong bảng 1. Có thể thấy với quá trình ép nóng đẳng tĩnh ở nhiệt độ cao, tỷ trọng của mẫu đã gần đạt đến tỷ trọng tính toán lý thuyết, cao hơn 99,5%. Giá trị mật độ trên 99,5% được coi như composit đã đạt mật độ xít chặt hoàn toàn.



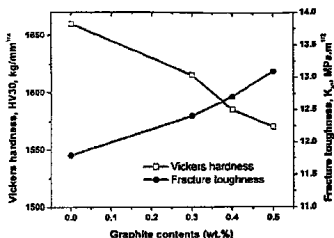
Hình 8. Ảnh FESEM của composit sau ép nóng đẳng tĩnh; a) WC-12Co, b) WC-12Co+0,3Gr; c) WC-12Co+0,4Gr; d) WC-12Co+0,5Gr (Gr-grafit).

Bảng 1. Tỷ trọng tương đối của mẫu composit sau khi thiêu kết HIP

Tên mẫu	WC-12Co	WC-12Co+ 0,3 Gr	WC-12Co+ 0,4 Gr	WC-12Co+ 0,5 Gr
Tỷ trọng tương đối (%)	99,48	99,56	99,73	99,61

Độ cứng Vickers (HV30) và độ dai va đập (K_{IC}) của composit sau khi thiêu kết HIP được trình bày trên hình 7. Khi không đưa grafit vào thành phần, hợp kim đạt độ cứng khá cao 1660 kg/mm^2 do kích thước siêu mịn của các hạt các bit, sự phân tán đồng đều của WC và Co, và tỷ trọng sau khi thiêu kết đạt gần với tỷ trọng lý thuyết. Tuy nhiên composit lại đạt độ dai va đập khá thấp 11,8 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$. Điều này là do sự hình thành của hai pha eta-phase ($\text{Co}_3\text{W}_3\text{C}$) và pha liên kim Co_3W . Khi đưa grafit vào để loại bỏ sự hình thành của hai pha này thì độ dai va đập của hợp kim đã tăng lên đáng kể và đạt giá trị 13,1 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$. Tuy nhiên cùng với đó thì có sự suy giảm của độ cứng xuống giá

trị 1570 kg/mm^2 . Các kết quả của nghiên cứu này cũng phù hợp với các kết quả nghiên cứu trước đây trên thế giới về hợp kim cứng hạt siêu mịn WC-Co có cùng thành phần. Độ cứng của hợp kim đạt từ 1570 đến 1660 HV đã cho thấy, với cấu trúc siêu mịn thì độ cứng của hợp kim đã đạt cao hơn so với độ cứng của hợp kim với kích thước hạt từ 2,5 đến 4 μm chỉ từ 1300 đến 1400 HV.

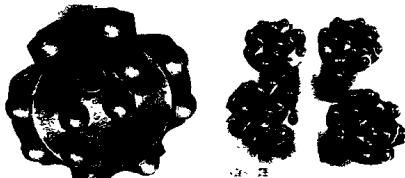


Hình 9. Độ cứng Vickers và độ dai va đập của composit.

Các kết quả của nghiên cứu trên đây cho thấy, việc ứng dụng công nghệ nano để chế tạo oxit Co_3O_4 xốp với cấu trúc nanoplate liên kết hướng tâm và ứng dụng kỹ thuật ép nóng đẳng tĩnh kết khối vật liệu, đã tạo ra composit WC-Co có cấu trúc siêu mịn với độ cứng và độ chống mài mòn cao hơn. Các kết quả khoa học trên đây đã được chúng tôi tổng hợp, viết bài và đang gửi đăng trên tạp chí chuyên ngành quốc tế.

Một số ứng dụng bước đầu

Những kết quả nghiên cứu trên còn được nhóm nghiên cứu ứng dụng để chế tạo mũi khoan đá dạng bi. Đây là loại mũi khoan Việt Nam đang hoàn toàn phải nhập khẩu từ Mỹ, Vương quốc Anh hoặc Thụy Điển. Kết quả thử nghiệm cho thấy mũi khoan do chúng tôi chế tạo có tính năng và tuổi thọ tương đương với mũi khoan của những nước trên. Hình 10 là ảnh mũi khoan do Viện Khoa học vật liệu chế tạo đã được thử nghiệm thành công.

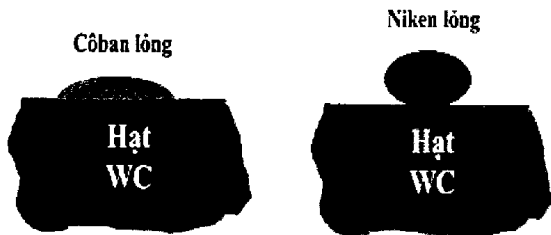


Hình 10. Mũi khoan đá dạng bi do Viện Khoa học vật liệu chế tạo.

Ứng dụng kỹ thuật ép nóng đẳng tĩnh, chế tạo composit WC-Ni cho mục đích quân sự

Trong quân sự, đạn xuyên động năng chống tăng trên cơ sở hợp kim WC đã được người Đức sử dụng lần đầu tiên trong Chiến tranh thế giới thứ hai. Thông thường, lõi xuyên hệ WC được liên kết bằng Ni, Ni-Fe, Ni-Mn hoặc Ni-Co và được chế tạo bằng phương pháp luyện kim bột. Chính vì vậy, cơ lý tính của hợp kim nhận được không chỉ phụ thuộc vào thành phần hợp kim ban đầu mà còn phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như độ hạt, áp lực ép, công nghệ thiêu kết,...

Trong thiêu kết composit WC-Ni, do tính thấm ướt của niken kém hơn nhiều lần so với coban (hình 11), nên hợp kim WC-Ni thiêu kết trong chân không có độ xốp lớn, không đảm bảo mật độ, cơ tính so với yêu cầu đề ra.



Hình 11. Mô tả tính thấm ướt của coban và niken lỏng trên bề mặt WC.

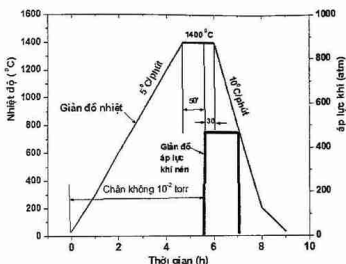
Điều này còn được chứng minh tại bảng 2, khi so sánh mật độ của hợp kim WC-8%Ni thiêu kết trong chân không ở những nhiệt độ thiêu kết khác nhau (số liệu do nhóm nghiên cứu thực hiện). Theo lý thuyết, nhiệt độ nóng chảy của Ni là 1475°C, trong thực tế khi tiếp xúc với bề mặt WC có cacbon, nhiệt độ nóng chảy này có thể giảm xuống dưới 1450°C.

Bảng 2. Mật độ của hợp kim WC-8Ni thiêu kết trong chân không

Nhiệt độ thiêu kết (°C)	1450	1475	1500	1525
Mật độ sau thiêu kết (% so với mật độ lý thuyết của WC-8Ni)	91,4	94,2	97,1	Mẫu biến dạng

Như vậy có thể khẳng định, hợp kim WC-Ni không thể đạt mật độxit chặt hoàn toàn khi thiêu kết trong chân không. Chúng tôi đã sử dụng kỹ thuật ép nóng đẳng tĩnh sau thiêu kết (Post-HIP) để chế tạo composit WC-Ni với quy trình nhiệt và khí được trình bày tại hình 12.

Kỹ thuật Post – HIP bao gồm 2 bước: (i) thiêu kết WC-Ni trong chân không ở nhiệt độ 1500°C để hợp kim đạt gần mật độ lý thuyết; (ii) tiếp theo đưa vào thiết bị ép nóng đẳng tĩnh và ép ở nhiệt độ 1400°C + áp lực từ 500 – 700 atmophe. Bảng 3 so sánh tính chất của hợp kim WC-8Ni do Viện Khoa học vật liệu chế tạo bằng kỹ thuật Post-HIP, với hợp kim WC-8Ni do Nga chế tạo (số liệu đo đều được cắt từ lõi xuyên).

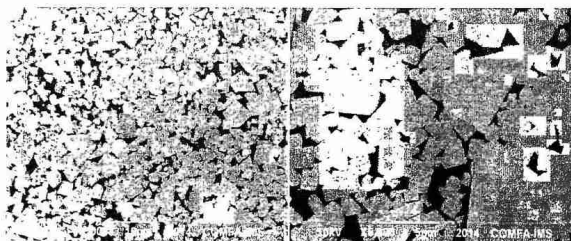


Hình 12. Giãn nở nhiệt và áp lực khí thiêu kết WC-Ni

Bảng 3. Cơ tính của hợp kim WC-8Ni do Viện KHV L chế tạo

TT	Compozit WC-Ni chế tạo bởi	Tỷ trọng (kg/dm ³)	Độ cứng HV30 (kg/mm ²)	Độ bền uốn (N/mm ²)	Độ dai (Mpa.m ^{1/2})
1	Nước ngoài (Nga)	14,7	1160	1150-1160	22
2	Viện KHV L	14,75-14,78	1160-1180	2130-2640	>30

Ưu điểm của công nghệ ép nóng đẳng tĩnh còn được thể hiện qua ảnh SEM tại hình 13 với cấu trúc của hợp kim hầu như không có khuyết tật lỗ rỗng xốp. Chính điều này đã lý giải cho việc tỷ trọng và cơ tính của hợp kim do Viện KHV L chế tạo đều cao hơn so với hợp kim do Nga chế tạo.



Hình 13: Cấu trúc của hợp kim WC-8Ni chế tạo bằng công nghệ HIP

Đã ứng dụng thành công kết quả nghiên cứu để chế tạo lõi đạn xuyên pháo chống tăng 85 mm. Kết quả bắn thử nghiệm: lõi đã xuyên được qua tấm thép 40Cr (0,4%Cr, 1%Cr) dày 130mm, vượt so với tiêu chuẩn thử nghiệm.

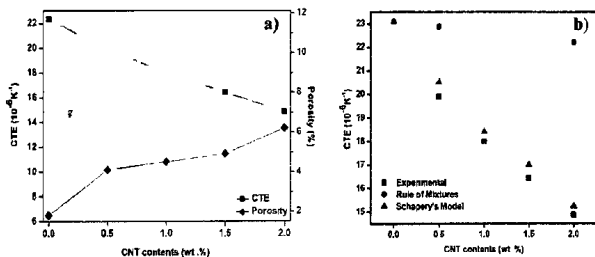


Hình 14. a-Tấm thép 40Cr dày 130mm và b-lỗ do lõi xuyên tạo ra trên tấm thép khi bắn

Chế tạo composit kim loại gia cường bằng ống nano các bon (CNT)

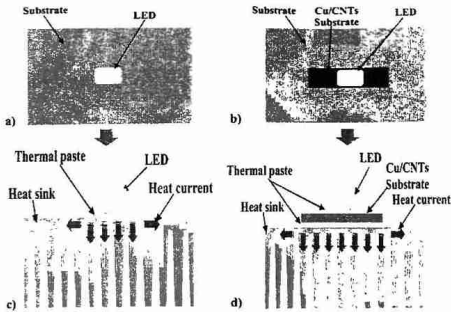
Đã sử dụng kỹ thuật ép nóng đẳng tĩnh và phân tán CNT trong dung dịch để chế tạo composit kim loại – CNT với một số kết quả chính như sau:

Đối với composit Al-CNT, ảnh hưởng của hàm lượng CNT đến hệ số giãn nở nhiệt của vật liệu (CTE) được biểu diễn tại hình 15. Từ hình thấy rằng, composit Al-CNT kết khối bằng phương pháp ép nóng đẳng tĩnh chỉ đạt mật độ từ 93-95% tùy theo hàm lượng CNT. Với hàm lượng CNT trong composit Al-CNT ở mức 2% khối lượng, hệ số giãn nở nhiệt của vật liệu giảm được trên 30% so với nhôm sạch. Điều này có thể mở ra hướng ứng dụng composit Al-CNT làm vật liệu tản nhiệt cho thiết bị điện tử.



Hình 15. a-Ảnh hưởng của hàm lượng CNT đến độ xốp, hệ số giãn nở nhiệt của composit và b-so sánh số liệu đo đạc CTE của vật liệu thu được với một số mô hình tính toán

Đối với composit Cu-CNT, đã nghiên cứu chế tạo tấm hỗ trợ tản nhiệt cho đèn LED công suất lớn từ composit Cu-0,5%CNT, chế tạo bằng phương pháp ép nóng đẳng tĩnh kết hợp với cán nguội. Mô hình thử nghiệm được trình bày tại hình 16. Kết quả đo nhiệt độ trên COB cho thấy, có thể giảm được từ 1-2°C so với dùng tấm hỗ trợ tản nhiệt bằng đồng kim loại 100% có cùng kích thước. Điều này được cho là do CNT có độ dẫn nhiệt lớn hơn đồng kim loại. Tuy nhiên cũng phải thấy rằng, đối với vật liệu tản nhiệt, cần thiết phải chế tạo với mật độ xít chặt hoàn toàn (full density) và điều này rất khó đạt được đối với vật liệu gia cường bằng CNT. Vì vậy cần kết hợp giữa phương pháp ép nóng đẳng tĩnh với các phương pháp gia công khác như cán, đùn,...



Hình 16. Sơ đồ thử nghiệm ứng dụng compozit Cu-CNT hỗ trợ tản nhiệt cho đèn LED công suất lớn; a và b- mô hình đèn LED có và không có tấm hỗ trợ tản nhiệt; c và d- dòng nhiệt tại đế khi có và không có tấm hỗ trợ tản nhiệt

KẾT LUẬN

Đã ứng dụng kỹ thuật ép nóng đẳng tĩnh tiên tiến và công nghệ nano để chế tạo một số loại compozit kim loại có tiềm năng ứng dụng cao. Trong đó, đã kết hợp công nghệ nano và kỹ thuật ép nóng đẳng tĩnh để chế tạo compozit WC-Co có cấu trúc siêu mịn với độ cứng, độ chịu mài mòn cao hơn so với hợp kim có cấu trúc cỡ micromet. Đặc biệt, đã ứng dụng kỹ thuật ép nóng đẳng tĩnh để chế tạo compozit WC-Ni ứng dụng trong quân sự với tính năng tốt hơn so với vật liệu nguyên mẫu của Nga. Hai loại vật liệu nói trên cũng đã được thử nghiệm ứng dụng thành công trên thực tế. Đối với compozit kim loại – CNT, kỹ thuật ép nóng đẳng tĩnh tuy cho phép tăng đáng kể tỷ trọng vật liệu so với phương pháp thiêu kết thông thường, nhưng không đạt được mật độ xít chặt hoàn toàn. Cần thiết phải có các công đoạn gia công tiếp theo để giảm rỗ xốp, cải thiện cơ tính trước khi thử nghiệm ứng dụng thực tế.

Lời cảm ơn: Các tác giả xin chân thành cảm ơn Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Chương trình KC02/11-15 thuộc Bộ Khoa học và Công nghệ, Hội đồng Khoa học Ngành khoa học vật liệu- VAST và GS.VS. Nguyễn Văn Hiệu đã ủng hộ, tài trợ cho những nghiên cứu của nhóm tác giả trong thời gian qua.

Tài liệu tham khảo

1. Đoàn Đình Phương, Lê Danh Chung, Nguyễn Văn Luân, Trần Bá Hùng; Nâng cao độ bền và độ dai của hợp kim cứng hệ WC-Co bằng kỹ thuật thiêu kết – ép nóng đẳng tĩnh bổ sung; Tạp chí KHCN Kim loại; No.39, 2011
2. Doan Dinh Phuong, Tran Bao Trung, Tran Ba Hung, Le Danh Chung, Nguyen Van Luan, Do Thi Nhung, Nguyen Quang Huan; Fabrication, Microstructure and Mechanical Properties of Ultrafine Grained WC-Co Hard Alloy: Proceedings of the 7th International

Workshop on Advanced Materials Science and Nanotechnology, Ha Long City, Vietnam, 2-6 November, 2014.

- Đoàn Đình Phương, Trần Bảo Trung, Trần Bá Hùng, Nguyễn Quang Huân, Đỗ Thị Nhung, Lê Danh Chung; Ảnh hưởng của hàm lượng Co đến tổ chức tế vi và cơ tính của hợp kim cứng WC-Co thiêu kết bằng phương pháp ép nóng đẳng tĩnh; Tuyển tập Báo cáo Hội nghị Khoa học Chương trình KC02/11-15; Hòa Bình 2014.
- Doan Dinh Phuong, Tran Bao Trung, Le Danh Chung, Do Thi Nhung; Fabrication, Microstructure and Mechanical Properties of Ultrafine Grained WC-12Co Cemented Carbide Using Flake-like Porous Co₃O₄ oxide; submitted to journal "Powder Metallurgy progress"
- Đoàn Đình Phương, Ứng dụng kỹ thuật ép nóng đẳng tĩnh chế tạo vật liệu kim loại tiên tiến; Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Vol.51, No.2A, 2013
- Doan Dinh Phuong, Pham Van Trinh, Nguyen Van An, Nguyen Van Luan, Phan Ngoc Minh nkk Effects of carbon nanotube content and annealing temperature on the hardness of CNT reinforced aluminum nanocomposites processed by the high pressure torsion technique; Journal of Alloys and Compounds; Vol.613, 2014
- R.Kh. Khisamov, K.S. Nazarov, L.R.Zubairov, A.A.Nazarov, R.R. Mulyukov, I.M.Safarov, S.N. Sergeev, I. I. Musabirov, D. D. Phuong, P. V. Trinh, N. V. Luan, P. N. Minh, and N. Q. Huan; Carbon nanotubes reinforced copper matrix composites processed by severe plastic deformation; Physics of the Solid State; Vol.57, No.6, 2015.
- Pham Van Trinh, Tran Bao Trung, Nguyen Ba Thang, Bui Hung Thang, Than Xuan Tinh, Le Dinh Quang, Doan Dinh Phuong and Phan Ngoc Minh; Calculation of the friction coefficient of Cu matrix composite reinforced by carbon nanotubes; Computational Materials Science, Vol.49, No.4, 2010
- Van Trinh Pham, Van An Nguyen, Hung Thang Bui, Danh Chung Le, Van Chuc Nguyen, Van Luan Nguyen, Dinh Phuong Doan and Ngoc Minh Phan; A method to obtain homogeneously dispersed carbon nanotubes in Al powders for preparing Al/CNTs nanocomposite; Adv. Nat. Sci.: Nanosci. Nanotechnol.; No.4, 2013.
- Van Trinh Pham, Hung Thang Bui, Bao Trung Tran, Dinh Phuong Doan, Van Tu Nguyen, Dinh Quang Le, Xuan Tinh Than, Van Chuc Nguyen, and Ngoc Minh Phan; The effect of sintering temperature on the mechanical properties of a Cu /CNT nanocomposite prepared via a powder metallurgy method; Adv. Nat. Sci.: Nanosci. Nanotechnol, No.2, 2011.
- Doan Dinh Phuong, Pham Van Trinh, Nguyen Van An, Nguyen Van Luan, Nguyen Danh Chung, Vu Hông Ky, Bui Hung Thang, Nguyen Van Chuc, Phan Ngoc Minh; Preparation of Cu/CNTs composite by hot isostatic pressing method; Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Vol.50, No.1B, 2012
- Doan Dinh Phuong, Pham Van Trinh, Nguyen Van An, Bui Hung Thang, Nguyen Van Luan, Nguyen Van Chuc, Phan Ngoc Minh; Một số tính chất của vật liệu nanocomposite Al/CNTs chế tạo bằng phương pháp luyện kim bột tiên tiến; Tạp chí Khoa học và Công nghệ; Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Vol.52, No.3C, 2014