

Biến tính nhôm và hợp kim nhôm bằng hợp kim trung gian Al-B

• Huỳnh Công Khanh

• Võ Hoài Lực

Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 12 tháng 12 năm 2013, nhận đăng ngày 16 tháng 01 năm 2015)

TÓM TẮT

Thành phần hóa học và tổ chức tế vi ảnh hưởng đến các tính chất cơ – lý và tính gia công của nhôm và hợp kim nhôm. Các nguyên tố chuyển tiếp như Ti, V, Cr, Zr hòa tan trong dung dịch rắn làm giảm mạnh độ dẫn điện của nhôm và hợp kim nhôm. Để giảm tác hại của các nguyên tố chuyển tiếp, hợp kim trung gian Al-B được đưa vào nhôm lỏng để bo phản ứng với các nguyên tố chuyển tiếp tạo thành các hợp chất điborit của titan, vanadi, crom và ziriconi không hòa tan trong nhôm lỏng. Khi đó, các nguyên tố

chuyển tiếp này không ảnh hưởng nhiều đến độ dẫn điện. Ngoài ra, hợp kim trung gian Al-B còn được sử dụng như là chất biến tính làm nhỏ mịn hạt tinh thể của nhôm và hợp kim nhôm. Các borit nhôm trong hợp kim trung gian Al-B giúp cho sự tạo mầm ký sinh của nhôm và hợp kim nhôm. Hợp kim trung gian Al-B được chế tạo từ nguồn nguyên liệu có giá rẻ như axit boric H_3BO_3 và criolit Na_3AlF_6 , bằng phương pháp nấu luyện đơn giản, dễ dàng thực hiện tại các nhà máy sản xuất dây và cáp điện.

Từ khóa: Hợp kim trung gian Al-B, borit nhôm, biến tính nhôm.

GIỚI THIỆU

Thành phần hóa học và tổ chức tế vi ảnh hưởng rất nhiều đến các tính chất cơ – lý và tính gia công của nhôm và hợp kim nhôm. Sự có mặt của các tạp chất trong nhôm làm tăng điện trở suất của nhôm. Trong số các tạp chất của nhôm, các nguyên tố chuyển tiếp như Ti, V, Cr, Zr khi hòa tan vào dung dịch rắn của nhôm làm giảm mạnh độ dẫn điện của nhôm, ngoài ra các nguyên tố này còn ảnh hưởng xấu đến tính gia công nguội của nhôm. Để giảm tác hại của các nguyên tố chuyển tiếp này, nhiều công trình nghiên cứu đề xuất phương án đưa bo vào nhôm lỏng dưới

dạng hợp kim trung gian Al-B. Khi vào nhôm lỏng, bo sẽ kết hợp với các nguyên tố chuyển tiếp tạo thành các hợp chất điborit không hòa tan trong nhôm lỏng, có tỷ trọng nặng hơn nhôm nên lắng xuống đáy nồi nấu, tách ra khỏi nhôm, hoặc nằm lại trong nhôm nhưng không hòa tan trong dung dịch rắn của nhôm khi kết tinh, giảm xô lệch mạng tinh thể của nhôm nên làm tăng được độ dẫn điện của nhôm [1,2]. Ngoài ra, hợp kim trung gian Al-B còn được sử dụng rộng rãi để biến tính làm nhỏ mịn hạt tinh thể của nhôm và hợp kim nhôm [3,4,5]. Phương pháp phổ biến là

đưa hợp kim trung gian Al-B vào nhôm lỏng ở nhiệt độ 700-750 °C. Các tạp chất hòa tan Ti, V, Cr, Zr phản ứng với borit nhôm (AlB_2 hay AlB_{12}) tạo thành các điborit lắng xuống đáy nồi lò. Sau đó nhôm lỏng được gạn ra khỏi lớp bùn điborit tạp chất ở đáy lò [6]. Phương pháp này có thể giảm hàm lượng các tạp chất Ti, Cr, V trong nhôm lỏng đến 60-70 % [7] nhưng năng suất không cao do kéo dài chu kỳ thời gian làm sạch nhôm.

Đối với hệ thống nấu đúc nhôm liên tục, hợp kim trung gian Al-B dạng dây có đường kính 9,5 mm được nhúng vào máng rót nhôm giữa lò giữ nhiệt và máy đúc nhôm liên tục ở nhiệt độ 750 °C. Theo phương pháp này, hàm lượng tạp chất Ti, V, Cr, Zr trong thời nhôm đúc không giảm nhiều so với nhôm ban đầu do không có sự lắng tách borit trên máng rót nhôm. Các tạp chất này chỉ chuyển sang dạng borit nhỏ mịn và lơ lửng trong nhôm lỏng. Hợp kim trung gian Al-B dạng dây phản ứng với tạp chất nhanh hơn dạng thỏi. Do không có thời gian giữ nhiệt cần thiết nên borit không kết tụ và lắng tách borit, các borit tạp chất rất nhỏ mịn nằm lại trong sản phẩm đúc nên khi phân tích quang phổ không thấy sự giảm hàm lượng tạp chất [7].

Hiện nay, trên thị trường thế giới có các mức hợp kim trung gian Al-B với hàm lượng B: 3 %, 4 %, 5 %, 8 %. Theo các nhà sản xuất thì hiệu quả giảm tác hại tạp chất kim loại chuyển tiếp của các mức hợp kim trung gian Al-B có hàm lượng bo cao như mức AlB8 (8 % B) không khác hiệu quả giảm tác hại tạp chất kim loại chuyển tiếp của các mức hợp kim trung gian Al-B có hàm lượng bo thấp. Tuy nhiên, theo Michael M.

Gasik và Vladislav I. Mazur thì bo được đưa vào nhôm để cải thiện độ dẫn điện chủ yếu ở dạng hợp kim trung gian Al-B pha loãng (<1 % B) [8].

Borit nhôm AlB_2 được biết là chất làm nhỏ hạt tinh thể của nhôm với hàm lượng bo trong nhôm lớn hơn hàm lượng bo tại điểm cùng tinh của hệ hợp kim Al-B, tức là lớn hơn 0,022 % B do xảy ra phản ứng cùng tinh ở 659,7 °C: $L \rightarrow AlB_2 + Al_{(r)}$ để tạo mầm $Al_{(r)}$ [5].

Tuy nhiên, theo Tongmin Wang và cộng sự [4], hợp kim trung gian Al-B có khả năng làm nhỏ mịn hạt tinh thể của nhôm sạch ngay cả khi thêm vào với hàm lượng bo 0,005 % B, thấp hơn hàm lượng bo tại điểm cùng tinh, nếu trong quá trình nấu luyện hợp kim trung gian Al-B hạn chế khuấy trộn để tránh sự kết tụ của borit AlB_2 và muối thải lẫn vào gây hại cho khả năng biến tính.

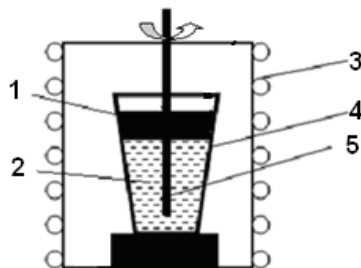
Hợp kim trung gian Al-B còn được báo cáo trong các công trình nghiên cứu là có khả năng làm nhỏ mịn hạt tinh thể của hợp kim Al-Si hiệu quả hơn so với hợp kim trung gian Al-5Ti-B. Theo các công trình này, borit AlB_2 trong hợp kim trung gian Al-B là chất tạo mầm hiệu quả và sự có mặt của Si làm tăng thêm khả năng tạo mầm [4].

Công trình nghiên cứu này thực hiện các thí nghiệm để đánh giá khả năng làm nhỏ mịn hạt tinh thể của nhôm và hợp kim nhôm, khả năng cải thiện độ dẫn điện và cơ tính của nhôm làm cáp điện. Hợp kim trung gian Al-B được chế tạo từ nguồn nguyên liệu có giá rẻ như axit boric H_3BO_3 và criolit Na_3AlF_6 , bằng phương pháp nấu luyện và thiết bị đơn giản, dễ dàng thực hiện tại các nhà máy sản xuất dây và cáp điện.

VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

Hợp kim trung gian Al-B được nấu luyện trong lò nồi điện trở với thanh điện trở bằng cacbua silic, nhiệt độ lò đạt tối đa 1300 oC. Nồi

lò bằng graphit có đường kính 185 mm, chiều cao 250 mm. Sơ đồ bố trí thiết bị thí nghiệm nấu luyện hợp kim trung gian Al-B như Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ bố trí thiết bị nấu luyện hợp kim trung gian Al-B: 1. Hỗn hợp $\text{Na}_3\text{AlF}_6\text{-H}_3\text{BO}_3$ nóng chảy, 2. Nhôm lỏng, 3. Thanh điện trở cacbua silic, 4. Nồi graphit, 5. Thanh khuấy graphít

Sau khi sấy lò, đưa toàn bộ hỗn hợp bột $\text{H}_3\text{BO}_3\text{-Na}_3\text{AlF}_6$ vào nồi graphit để nấu chảy và nâng nhiệt độ đến nhiệt độ phản ứng mới đưa nhôm thỏi (chứa 99,7 % Al) vào nồi lò nấu chảy dưới lớp hỗn hợp bột nóng chảy. Lớp hỗn hợp bột nóng chảy này đóng vai trò của các chất phản ứng đồng thời là trợ dung che phủ. Khi nhiệt độ nhôm lỏng đạt mức quy định, bắt đầu khuấy trộn và tính thời gian phản ứng.

Điểm khác biệt của phương pháp nấu luyện hợp kim trung gian Al-B này so với các công trình được công bố trước đây là lớp hỗn hợp bột $\text{H}_3\text{BO}_3\text{-Na}_3\text{AlF}_6$ được nấu chảy trước nên có thể khử triệt để hơi ẩm và nước trong H_3BO_3 trước khi phản ứng với nhôm, ngoài ra còn giảm được lượng khói, bụi so với phương pháp nấu chảy nhôm trước rồi mới đưa hỗn hợp $\text{H}_3\text{BO}_3\text{-Na}_3\text{AlF}_6$ vào khuấy trộn trong nhôm lỏng. Nhôm được nấu chảy và phản ứng với B_2O_3 dưới lớp hỗn hợp bột nóng chảy, không tiếp xúc trực tiếp với oxi của môi trường xung quanh lò nên nhôm và bo tạo thành ít bị oxi hóa, giảm cháy hao trong thời gian

phản ứng thích hợp. Theo phương pháp này, việc nấu luyện hợp kim trung gian Al-B thực hiện được trong môi trường khí quyển, không phải sử dụng khí trơ để tạo môi trường bảo vệ hợp kim.

Điều kiện thí nghiệm nấu luyện hợp kim trung gian Al-B như Bảng 1.

Thành phần hóa học của hợp kim trung gian Al-B được kiểm tra bằng phương pháp quang phổ phát xạ nguyên tử trên máy "SPECTROMAX". Tổ chức tế vi của hợp kim trung gian Al-B được quan sát trên kính hiển vi quang học OLYMPUS GX-51 (sau khi mài, đánh bóng và tẩm thực mẫu bằng dung dịch 2,5 % $\text{HNO}_3 + 1,5\% \text{HCl} + 1\% \text{HF} + 95\% \text{H}_2\text{O}$).

Việc đánh giá khả năng biến tính làm nhỏ mịn hạt tinh thể của hợp kim trung gian Al-B đối với nhôm và hợp kim nhôm, khả năng cải thiện độ dẫn điện và cơ tính của nhôm làm cáp điện được thực hiện trên dây chuyên sản xuất dây nhôm tại nhà máy sản xuất dây và cáp điện.

Nhôm dây phế liệu có độ sạch thấp (99,5 % Al) được sử dụng để thí nghiệm. Nhôm được nấu chảy trong lò nồi quay dưới lớp trợ dung che phủ. Sau khi nóng chảy và đạt nhiệt độ khoảng 720-750 °C, nhôm được tinh luyện bằng trợ dung tinh luyện. Sau đó để yên trong 30-45 phút cho các tạp chất phi kim nổi lên trên bề mặt nhôm lỏng rồi vớt xỉ và rót một nửa lượng nhôm trong nồi ra khuôn đúc thỏi trước khi biến tính bằng hợp kim trung gian Al-B. Hợp kim trung gian Al-B được đưa vào phần nhôm lỏng còn lại trong lò ở nhiệt độ 720-750 °C và khuấy trộn khoảng 10 phút để tạo phản ứng với các tạp chất trong nhôm, sau đó để yên trong 5-10 phút rồi lại vớt xỉ và rót nhôm vào khuôn đúc thỏi. Sau khi tháo khuôn, nhôm thỏi được cán nóng và kéo nguội ra dây nhôm có đường kính 3,7 mm.

Hợp kim nhôm 6201 được nấu luyện từ nhôm sạch (99,7 % Al), hợp kim trung gian Al-Si, và magie thỏi. Việc nấu luyện hợp kim 6201 cũng được thực hiện trong lò nồi quay. Sau khi nấu chảy nhôm dưới lớp trợ dung che phủ, hợp

kim trung gian Al-Si được đưa vào nhôm lỏng và khuấy trộn đều cho tan hết mới đưa magie thỏi vào lò. Magie được bọc trong giấy nhôm, nhúng chìm và khuấy trộn trong nhôm lỏng, không để magie nổi lên và bốc cháy trên bề mặt nhôm lỏng. Sau khi khuấy trộn đồng đều thành phần hóa học của hợp kim 6201, giữ yên hợp kim lỏng để các tạp chất phi kim nổi lên, mới vớt xỉ và rót một nửa lượng hợp kim vào khuôn đúc thỏi. Hợp kim trung gian Al-B được đưa vào phần hợp kim lỏng còn lại và khuấy trộn trong 10 phút rồi vớt xỉ và rót hợp kim vào khuôn đúc thỏi.

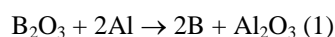
Thành phần hóa học của nhôm và hợp kim nhôm 6201 trước và sau khi thêm hợp kim trung gian Al-B được phân tích trên máy phân tích quang phổ phát xạ nguyên tử (SPECTROMAX). Tổ chức tế vi của nhôm và hợp kim trước và sau khi thêm hợp kim trung gian Al-B được quan sát trên kính hiển vi quang học (OLYMPUS GX-51). Độ dẫn điện của dây nhôm được đo bằng cầu đo điện trở QJ57. Cơ tính của dây nhôm được kiểm tra trên máy thử kéo 300DX (INSTRON).

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

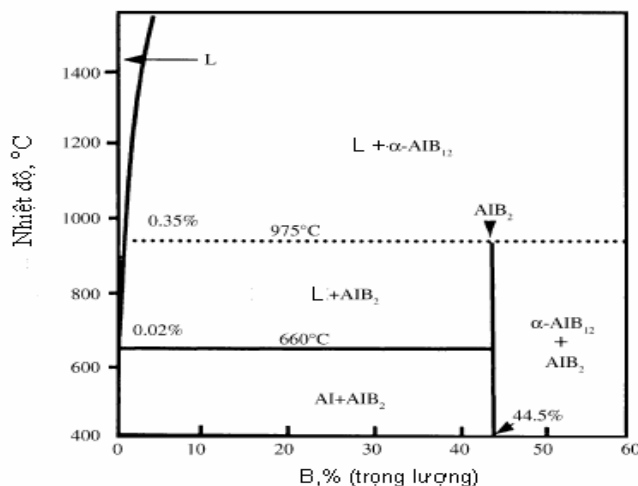
Bảng 1. Điều kiện và kết quả thí nghiệm nấu luyện hợp kim trung gian Al-B

STT	Tỷ lệ B:Al	Tỷ lệ Na ₃ AlF ₆ :H ₃ BO ₃	Nhiệt độ phản ứng, (°C)	Thời gian giữ ở nhiệt độ phản ứng, (min)	Hợp kim trung gian Al-B thu được, (g)	Hàm lượng B trong hợp kim Al-B, (%)
1	1,0:100	6,6:1	1200	15	1389,38	0,69
2	1,5:100	6,6:1	1200	15	1675,97	0,82
3	1,5:100	6,6:1	1200	15	115,56	0,89
				30	1335,36	0,63
4	2,5:100	6,6:1	1200	15	165,48	0,81
				30	1173,57	0,51
5	3,5:100	6,6:1	1200	30	115,63	0,88
				60	824,45	0,80
6	3,5:100	6,6:1	1200	30	216,93	0,84
				60	929,84	0,49
7	4,5:100	6,6:1	1200	30	158,94	0,80
				47	1096,54	0,98
8	4,5:100	6,6:1	1200	30	67,28	0,95
				60	852,91	0,64

Theo phương pháp nấu luyện hợp kim trung gian Al-B, hỗn hợp bột $H_3BO_3-Na_3AlF_6$ được nấu chảy trước trong nồi lò rồi nâng nhiệt độ lên đến nhiệt độ phản ứng mới đưa nhôm thỏi vào nồi lò nhằm khử bỏ hoàn toàn lượng hơi ẩm trong hỗn hợp bột và lượng nước trong axit boric, chuyển H_3BO_3 thành B_2O_3 trước khi phản ứng với nhôm theo phương trình phản ứng (1):



Nguyên tố bo đi vào nhôm lỏng, phản ứng với nhôm để tạo ra các borit nhôm AlB_2 hay AlB_{12} , còn oxit nhôm Al_2O_3 hòa tan trong criolit, tạo điều kiện thuận lợi cho phản ứng (1) xảy ra để hoàn nguyên bo.



Hình 2. Giản đồ trạng thái Al-B ở phía giàu nhôm [10]

Kết quả nấu luyện (Bảng 1) cho thấy với thời gian phản ứng thích hợp, hầu hết các mẻ nấu theo phương pháp này có hàm lượng bo trong hợp kim trung gian thỏa mãn yêu cầu của mức hợp kim trung gian AlB_1 (0,5 - 1,5 % B), nhưng nếu kéo dài thời gian quá lâu sẽ làm giảm hàm lượng của bo trong hợp kim do sự cháy hao của bo ở nhiệt độ phản ứng tương đối cao (1200 °C). Hàm lượng của bo trong các mẻ thí nghiệm không vượt quá 1 % (cao nhất đạt 0,98 %) là do độ hòa tan của bo trong nhôm lỏng nhỏ (Hình 2) và bo bị cháy hao nhiều ở nhiệt độ phản ứng. Theo các tác giả [9] thì hiệu quả hoàn nguyên bo trực tiếp từ oxit boric trong nhôm lỏng đạt được cao nhất ở 1500-1700 °C, do đó, để nâng cao hàm lượng bo trong hợp kim trung gian Al-B cần nâng cao nhiệt độ

phản ứng và nấu luyện trong môi trường khí trơ nhưng sẽ dẫn đến việc trang bị lò nấu luyện có nhiệt độ không gian lò cao hơn 1500 °C rất đắt tiền, chi phí sản xuất tăng lên do tiêu hao năng lượng lớn và sử dụng khí trơ. Hơn nữa, theo các nhà nghiên cứu, hợp kim trung gian Al-B được sử dụng để cải thiện độ dẫn điện của nhôm chủ yếu ở dạng hợp kim pha loãng đến <1 % B [8] nên các hợp kim trung gian Al-B trong các mẻ nấu luyện này đáp ứng được yêu cầu sử dụng trong sản xuất dây và cáp điện mà không phải qua công đoạn pha loãng hợp kim trước khi sử dụng.

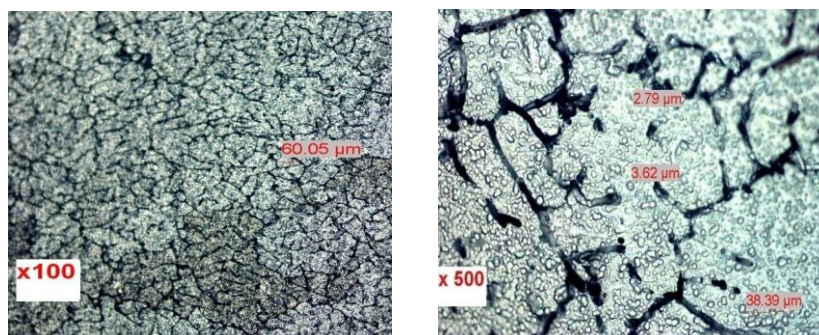
Các mẻ nấu 1, 2, 3, 4 cho thấy với cùng điều kiện về tỷ lệ $Na_3AlF_6:HBO_3 = 6,6:1$, nhiệt độ phản ứng 1200 °C, thời gian phản ứng 15 phút,

khi tăng hàm lượng tỷ lệ B:Al trong thành phần liệu ban đầu từ 1:100 lên 1,5:100, hàm lượng bo trong hợp kim trung gian Al-B tăng từ 0,69 % lên 0,82 – 0,89 %, nhưng nếu tiếp tục tăng tỷ lệ B:Al lên 2,5:100, hàm lượng bo không tăng thêm (0,81 % B). Khi kéo dài thời gian phản ứng đến 30 phút của các mẻ nấu với các tỷ lệ B:Al = 1,5:100 và B:Al = 2,5:100, hàm lượng Bo trong các hợp kim Al-B lại giảm tương ứng đến 0,63 và 0,51 % do sự cháy hao của bo vì lớp hỗn hợp bột nóng chảy H_3BO_3 - Na_3AlF_6 không đủ dày để bảo vệ hợp kim lỏng bên dưới.

Tuy nhiên, nếu tăng tỷ lệ B:Al trong thành phần liệu lên 3,5:100 (các mẻ nấu 5, 6), tức là tăng khối lượng và bề dày lớp hỗn hợp bột nóng chảy H_3BO_3 - Na_3AlF_6 phía trên hợp kim Al-B, làm giảm cháy hao bo nên hàm lượng bo trong hợp kim Al-B giữ được ở mức 0,84-0,88 % trong thời gian phản ứng 30 phút. Tiếp tục kéo dài thời gian phản ứng đến 60 phút, hàm lượng Bo trong

hợp kim Al-B lại giảm do cháy hao. Tăng tỷ lệ B:Al trong thành phần liệu lên 4,5:100 (các mẻ nấu 7, 8), hàm lượng Bo trong hợp kim trung gian Al-B (0,80-0,95 %) hầu như không thay đổi so với tỷ lệ B:Al = 3,5:100 trong cùng điều kiện về tỷ lệ $Na_3AlF_6:H_3BO_3 = 6,6:1$, nhiệt độ phản ứng $1200^\circ C$, thời gian phản ứng 30 phút. Hàm lượng bo trong hợp kim giữ được ở mức 0,98 % trong thời gian 47 phút, nhưng nếu kéo dài thời gian phản ứng đến 60 phút, hàm lượng bo lại giảm còn 0,64 %.

Do vậy, xét về mặt hiệu suất thu hồi và hàm lượng bo trong hợp kim trung gian Al-B, thời gian phản ứng, mức tiêu hao nguyên vật liệu và năng lượng thì điều kiện nấu luyện với tỷ lệ B:Al = 1,5:100 trong thành phần liệu, tỷ lệ $Na_3AlF_6:H_3BO_3 = 6,6:1$, nhiệt độ phản ứng $1200^\circ C$, thời gian phản ứng 15 phút là đạt hiệu quả cao hơn cả.



Hình 3. Tổ chức tế vi của hợp kim trung gian Al-B

Trên Hình 3 là tổ chức tế vi của hợp kim trung gian Al-B với hàm lượng bo là 0,98% được quan sát trên kính hiển vi quang học. Theo báo cáo của các công trình nghiên cứu [3,4,10,11] trong tổ chức tế vi của hợp kim trung gian Al-B, pha AlB_2 có dạng tấm với tỷ số hình dáng từ 30 đến 300 và bề dày vài micromet, còn pha AlB_{12}

có dạng khối phân bố trong nền nhôm. Ảnh tổ chức tế vi cho thấy hợp kim trung gian Al-B chế tạo được chủ yếu chứa pha AlB_2 có dạng tấm. Điều này phù hợp với giản đồ trạng thái Al-B (Hình 2), ở nhiệt độ phòng, các hợp kim Al-B có hàm lượng B < 44,5 % chỉ chứa pha AlB_2 , không chứa pha AlB_{12} .

Kết quả phân tích thành phần hóa học của nhôm và hợp kim nhôm 6201 trước và sau khi biến tính (Bảng 2 và Bảng 3) cho thấy hàm lượng các kim loại chuyển tiếp Ti, V, Cr và Zr không giảm rõ rệt sau biến tính, thậm chí có nguyên tố còn tăng lên so với trước khi biến tính, như trường hợp của Cr trong hợp kim 6201. Điều này có thể được giải thích do thời gian khuấy trộn

hợp kim trung gian Al-B trong nhôm và hợp kim 6201 chỉ đủ để bo phản ứng với các kim loại chuyển tiếp tạo thành các điborit TiB_2 , VB_2 , CrB_2 và ZrB_2 lơ lửng trong nhôm lỏng, chưa kịp lắng xuống đáy nồi lò nên dẫn đến sự phân bố các nguyên tố này trong nhôm và hợp kim 6201 không đồng đều như khi hòa tan trong dung dịch rắn.

Bảng 2. Thành phần hóa học của nhôm trước và sau khi thêm hợp kim trung gian Al-B

Loại nhôm	Hàm lượng, %									
	Al	B	Ti	V	Cr	Zr	Fe	Si	Cu	Zn
Nhôm trước khi thêm hợp kim trung gian Al-B	99,500	0,002	0,007	0,010	0,014	0,001	0,257	0,054	0,028	0,028
Nhôm sau khi thêm hợp kim trung gian Al-B	99,500	0,011	0,008	0,009	0,004	0,001	0,238	0,071	0,056	0,027

Bảng 3. Thành phần hóa học của hợp kim 6201 trước và sau khi thêm hợp kim trung gian Al-B

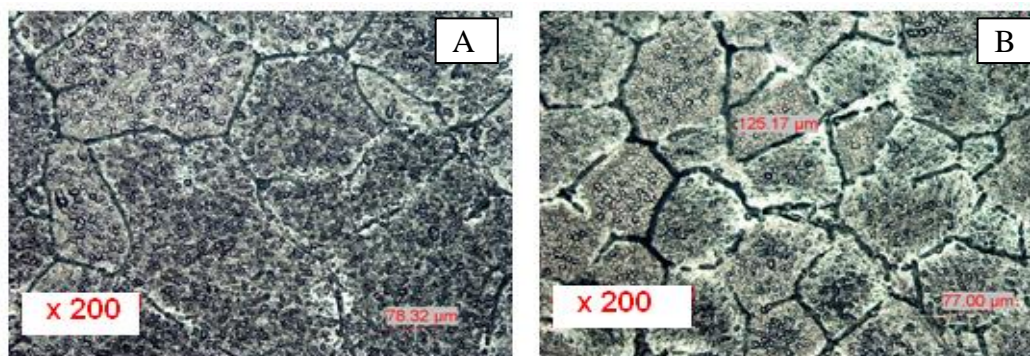
Loại nhôm	Hàm lượng, %										
	Al	Si	Mg	Fe	Cu	Cr	Ti	V	Zr	Zn	B
Hợp kim nhôm 6201 trước khi thêm hợp kim trung gian Al-B	Còn lại	0,990	0,730	0,520	0,091	0,006	0,004	0,007	0,001	0,031	0,002
Hợp kim nhôm 6201 sau khi thêm hợp kim trung gian Al-B	Còn lại	1,050	0,710	0,910	0,142	0,037	0,004	0,007	0,002	0,032	0,015

Do khả năng tạo mầm của borit nhôm AlB_2 và các borit của các kim loại chuyển tiếp được hình thành trong quá trình biến tính, tổ chức hạt của nhôm và hợp kim nhôm 6201 sau khi biến tính bằng hợp kim trung gian Al-B có phần nhỏ mịn hơn trước khi biến tính (Hình 4 và Hình 5). Tuy nhiên, hiệu quả làm nhỏ mịn hạt tinh thể của hợp kim trung gian Al-B đối với nhôm và hợp kim nhôm 6201 chưa cao do hàm lượng bo đưa vào nhôm và hợp kim 6201 thấp hơn hàm lượng bo ứng với điểm cùng tinh trong hệ hợp kim Al-B, hơn nữa, sau khi phản ứng với các kim loại chuyển tiếp để tạo thành các điborit kim loại chuyển tiếp, hàm lượng bo tự do còn lại trong nhôm rất thấp. Các điborit của các kim loại chuyển tiếp có tỷ trọng nặng hơn nhôm và thường kết tụ lại nên có xu hướng lắng xuống đáy nồi lò làm giảm hiệu quả biến tính của các điborit này [6]. Theo các nhà nghiên cứu, có thể tăng hiệu quả biến tính làm nhỏ hạt của hợp kim trung gian Al-B bằng cách tăng thêm lượng bo trong nhôm lỏng [4] nhưng sẽ làm tăng thêm chi phí cho quá trình biến tính. Do vậy, các nhà sản xuất dây và cáp điện sử dụng hợp kim trung gian Al-B chủ yếu nhằm vào mục đích cải thiện độ dẫn điện của nhôm và hợp kim nhôm với hàm

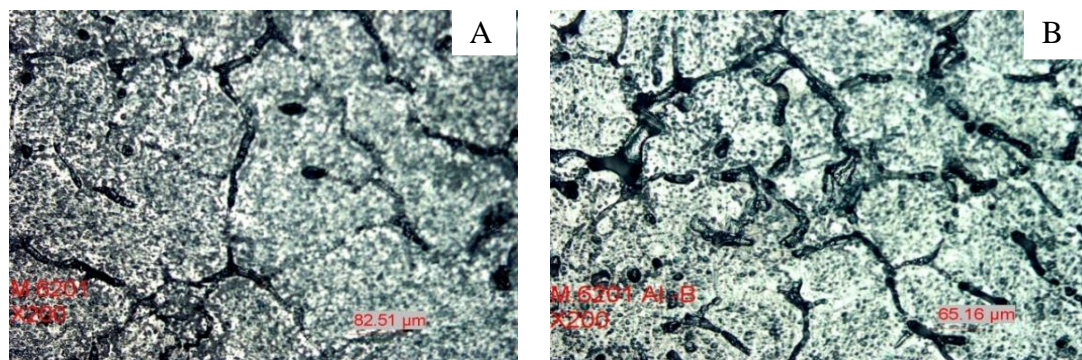
lượng bo đưa vào nhôm và hợp kim nhôm đủ để tạo thành các điborit kim loại chuyển tiếp.

Các điborit của kim loại chuyển tiếp không hòa tan trong nhôm nên giảm hàm lượng các kim loại này trong dung dịch rắn sau khi kết tinh, giảm sai lệch mạng tinh thể.

Do các nguyên nhân trên, điện trở suất và giới hạn bền kéo của nhôm sau biến tính được cải thiện, còn độ giãn dài tương đối có giảm đi một ít nhưng vẫn còn cao hơn nhiều so với tiêu chuẩn nhôm dây điện (Bảng 4). Các chỉ tiêu về điện trở suất, giới hạn bền kéo và độ giãn dài tương đối của nhôm dây phế liệu sau khi nấu luyện và biến tính bằng hợp kim trung gian Al-B đáp ứng được yêu cầu tiêu chuẩn dây nhôm dẫn điện của các nhà máy sản xuất xuất dây và cáp điện: $\rho = 0,02830 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ (điện trở suất của nhôm dây ở 20°C), $\sigma_b = 165 \text{ MPa}$, $\delta = 1,5 \%$. Ngoài ra, việc giảm hàm lượng các kim loại chuyển tiếp trong dung dịch rắn còn có ảnh hưởng tốt đến quá trình kéo nguội dây nhôm [2]. Kết quả này cho thấy được lợi ích của việc sử dụng hợp kim trung gian Al-B trong sản xuất dây nhôm dẫn điện từ nguồn nguyên liệu rẻ tiền, kém chất lượng hơn so với nhôm làm dây điện EC.



Hình 4. Tổ chức tế vi của nhôm 99,5 % Al, (A) trước khi thêm hợp kim trung gian Al-B, (B) sau khi thêm hợp kim trung gian Al-B.



Hình 5. Tổ chức tế vi của hợp kim nhôm 6201, (A) trước khi thêm hợp kim trung gian Al-B, (B) sau khi thêm hợp kim trung gian Al-B.

Bảng 4. Cơ lý tính của dây nhôm Ø3,7 mm được sản xuất từ nhôm trước và sau khi thêm hợp kim trung gian Al-B

Loại nhôm	Điện trở suất quy đổi về 20 °C, ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	Giới hạn bền kéo, (MPa)	Độ giãn dài tương đối, (%)
Nhôm trước khi thêm hợp kim trung gian Al-B	0,02863	164,63	4,10
Nhôm sau khi thêm hợp kim trung gian Al-B	0,02830	182,68	3,93

KẾT LUẬN

Hợp kim trung gian Al-B có hàm lượng bo phù hợp với yêu cầu của mác hợp kim trung gian AlB1 đã được chế tạo thành công từ nguồn nguyên liệu có giá rẻ như axit boric H_3BO_3 và criolit Na_3AlF_6 , bằng phương pháp nấu luyện đơn giản, dễ dàng thực hiện tại các nhà máy sản xuất dây và cáp điện. Hợp kim trung gian Al-B chế tạo được có khả năng làm nhỏ mịn tổ chức hạt của nhôm và hợp kim nhôm 6201 nhưng hiệu quả làm nhỏ mịn hạt của hợp kim trung gian Al-B chưa cao do hàm lượng của bo đưa vào nhôm và hợp kim nhôm 6201 thấp và tiêu hao phần lớn để tạo thành các điborit kim loại chuyển tiếp.

Sau khi biến tính bằng hợp kim trung gian Al-B, chất lượng của nhôm dây phế liệu đã đạt các chỉ tiêu cơ – lý tính của nhôm làm cáp điện, điện trở suất và giới hạn bền kéo của nhôm được cải thiện so với trước khi biến tính, độ giãn dài tương đối giảm so với trước khi biến tính nhưng vẫn còn cao hơn nhiều so với mức yêu cầu của nhôm làm cáp điện.

Kết quả nghiên cứu cho thấy khả năng sử dụng hợp kim trung gian Al-B để cải thiện chất lượng các loại nhôm không đạt yêu cầu của nhôm làm cáp điện, có giá rẻ để đưa vào sản xuất dây và cáp điện nhằm giảm giá thành nhưng vẫn đảm bảo được chất lượng.

Modification of aluminium and aluminium alloys by Al-B master alloy

- Huynh Cong Khanh
- Vo Hoai Lưc

University of Technology, VNU-HCM

ABSTRACT

Chemical compositions and microstructures affect on mechanical – physical and working properties of aluminium and aluminum alloys. Transition elements, such as Ti, V, Cr, Zr in solid solution greatly reduce the electrical conductivity of aluminium and its alloys. For reduction of detrimental effects of transition elements, Al-B master alloys are added into molten aluminium to occur reactions of boron and transition elements to form diborides of titanium, vanadium, chromium and zirconium, which are markedly insoluble in molten aluminium, then

these transition elements have an insignificant effects on conductivity. In addition, Al-B master alloys is also used as a grain refiner of aluminium and aluminium alloys. Aluminium borides particles in Al-B master alloys act as substrates for heterogeneous nucleation of aluminium and its alloys. Al-B master alloys are prepared from low cost materials, such as boric acid H_3BO_3 and cryolite Na_3AlF_6 , by simple melting method, easily realize in electrical wire and cable factories.

Keywords: Al-B master alloy, aluminium boride, modification.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. L.A. Vorontsova, V.V. Maslov, I. Peshkov, B. Alyuminiy i alyuminievye splayy v elektrotekhnicheskikh izdeliyakh, *Moskva Energiya*, 18-21 (1971).
- [2]. U.S. Patent No. 4,507,150, Removal of impurities from molten aluminium.
- [3]. A. C. Hall, J. Economy Preparing high and low aspect Ratio AlB_2 flakes from borax or boron oxide, *JOM*, 42-44 (2000).
- [4]. T. Wang, Z. Chen, H. Fu, J. Xu, Y. Fu and T. Li, Grain refining potency of Al-B master alloy on pure aluminium, www.sciencedirect.com.
- [5]. L. Wang, X. Bian, Refining Effect of boron on Hypoeutectic Al-Si alloys, *J. Mater. Sci. Technol.*, 16, 5, 517-520 (2000).
- [6]. *Aluminum Boron Master Alloys*, www.kballoy.com.
- [7]. S. Karabay, I. Uzman, Inoculation of transition elements by addition of AlB_2 and AlB_{12} to decrease detrimental effect on the conductivity of 99,6% aluminium in CCL

- for manufacturing of conductor, *Journal of Materials Processing Technology*, 160, 2, 20, 174-182 (2005).
- [8]. M.M. Gasik, V.I. Mazur, Creation of master alloys for aluminum, in: Handbook of Aluminum, edited by George E. Totten, D. Scott Mackenzie, Marcel Dekker, Inc, 81-153 (2003) .
- [9]. V.I. Napalkov, S.V. Makhov, Legirovanie i modifitsirovanie alyuminiya i magniya, *Moskva MISIS*, s. 230-245 (2002) .
- [10]. C. Deppisch, G. Liu, J. K. Shang, J. Economy, Processing and mechanical properties of AlB₂ flake reinforced Al-alloy composites, *Materials Science and Engineering*, A225, 153-161 (1997).
- [11]. X. Wang The formation of AlB₂ in an Al-B master alloy, *Journal of Alloys and Compounds*, 403, 283-287 (2005).