

NGHIÊN CỨU SỰ THAY ĐỔI TỔ CHỨC TẾ VI CỦA HỢP KIM NHÔM ADC12 TRONG QUÁ TRÌNH ĐÚC LƯU BIẾN

Lại Đăng Giang¹, Đào Văn Lưu¹, Nguyễn Anh Tuấn^{1,*},
Nguyễn Hồng Phong¹, Đặng Văn Thức¹, Hoàng Tú²

¹Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn

²Đại học Công nghệ Giao thông vận tải

Tóm tắt

Trong nghiên cứu này, nhiệt độ rót và tốc độ làm nguội là hai thông số công nghệ ảnh hưởng trực tiếp đến sự thay đổi tổ chức tế vi của hợp kim nhôm ADC12 đã được nghiên cứu. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng tổ chức tế vi hợp kim nhôm ADC12 trong quá trình đúc lưu biến thay đổi từ tổ chức tế vi dạng nhánh cây sang tổ chức tế vi dạng cầu với tỉ phần hạt α -Al trên 80%. Tốc độ làm nguội là thông số chính ảnh hưởng trực tiếp đến sự hình thành tổ chức dạng cầu của hạt α -Al. Nhiệt độ rót ảnh hưởng đến kích thước và độ cầu của hạt α -Al. Kết quả nghiên cứu có thể áp dụng để thay đổi tổ chức tế vi của hợp kim nhôm ADC12 giúp hợp kim tăng giới hạn bền và độ giãn dài tương đối, nhưng vẫn duy trì các đặc tính cơ học khác. Nói cách khác, làm tăng độ tin cậy của chi tiết được tạo hình nhờ phương pháp đúc lưu biến.

Từ khóa: Đúc bán lỏng; đúc máng nghiêng; hợp kim nhôm ADC12.

1. Đặt vấn đề

Công nghệ tạo hình bán lỏng từ khi ra đời đã khẳng định được tính ưu việt trong tạo hình chi tiết bằng hợp kim nhôm so với các công nghệ tạo hình truyền thống. So với công nghệ rèn dập, công nghệ này cho phép tạo hình chi tiết có cơ tính cao, tiệm cận công nghệ rèn nhưng với số nguyên công tạo hình ít hơn và tạo hình gần chính xác. So với công nghệ đúc, công nghệ tạo hình bán lỏng cho phép tạo hình các chi tiết có thành rất mỏng hoặc rãnh sâu với cơ tính tốt mà công nghệ đúc khó đạt được [1].

Theo [2], một trong những yêu cầu quan trọng trong công nghệ tạo hình bán lỏng là tạo được phôi có tổ chức tế vi dạng cầu (tổ chức hạt α -Al hình cầu) để phục vụ cho quá trình tạo hình. Nhiều phương pháp chuẩn bị tổ chức tế vi đã được các nhà nghiên cứu bán lỏng đề xuất như: phương pháp khuấy cơ học, khuấy điện từ, phương pháp đúc gần đường lỏng, phương pháp máng nghiêng, phương pháp SIMA,... Trong các phương

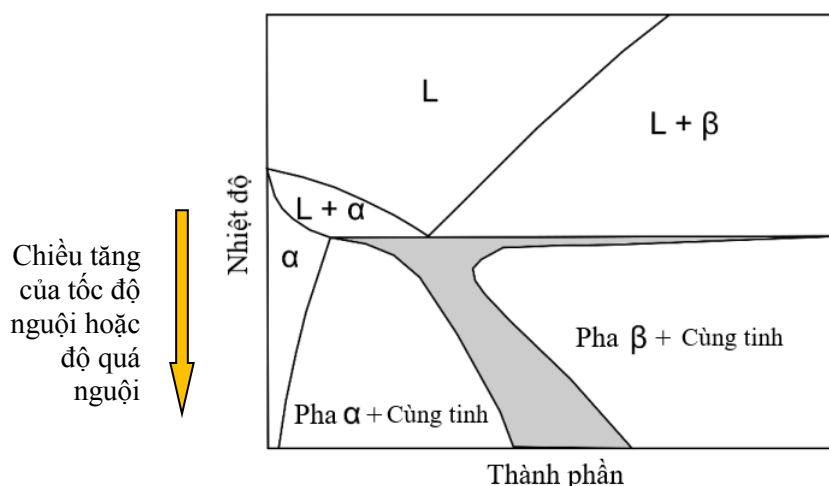
* Email: nguyenanhtuan@lqdtu.edu.vn

pháp đó, chuẩn bị tế vi cho phôi bằng phương pháp máng nghiêng có nhiều ưu điểm như: thiết bị đơn giản, làm nguội nhanh và đồng đều khối lượng phôi lớn, tạo được phôi với kích thước lớn,...

Hợp kim Al-Si cùng tinh mang lại một số lợi ích như khả năng đúc tốt, độ bền riêng cao, hệ số giãn nở nhiệt thấp và chống ăn mòn tốt, do đó phù hợp cho các ứng dụng trong ngành sản xuất ô tô [3]. Hơn nữa, những hợp kim này giúp giảm trọng lượng xe giúp cải thiện khả năng tiết kiệm nhiên liệu. Tuy nhiên, đối với các bộ phận chịu ứng suất chu kỳ và nhiệt cao trong quá trình sử dụng, hợp kim hai nguyên Al-Si này trở nên kém tin cậy do sự có mặt của các khuyết tật trong tổ chức tế vi, là các vị trí cho sự tạo mầm vết nứt. Hợp kim Al-Si-Cu đã khẳng định tiềm năng sử dụng trong các ứng dụng quan trọng về an toàn liên quan đến ngành công nghiệp ô tô và hàng không. Trong các hợp kim này, đồng làm tăng độ bền của hợp kim bằng cách tiết các pha liên kim ở nhiệt độ phòng và nhiệt độ cao, giúp mở rộng khoảng nhiệt độ đông đặc. Mặt khác, việc bổ sung Fe như một nguyên tố hợp kim hóa sẽ tạo ra các hợp chất liên kim dựa trên Fe giúp ổn định nhiệt.

Nghiên cứu được thực hiện với hợp kim nhôm ADC12 (Al-Si-Cu), đây là hợp kim được sử dụng rộng rãi trong rất nhiều ngành công nghiệp nhờ có tính công nghệ tốt như: tính đúc cao, khả năng chảy loãng tốt và tỉ lệ co ngót rất thấp, có độ bền cao và độ giãn dài nhỏ [3-6]. Vì vậy, hợp kim này được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp, đặc biệt trong đúc các pit tông của động cơ đốt trong. Một số nghiên cứu đã được tiến hành nhằm thay đổi tổ chức tế vi của hợp kim nhôm ADC12 như phương pháp sục khí (GISS), phương pháp kích hoạt pha lỏng sau biến dạng (SIMA) và phương pháp thùng quay [7-9]. Trong nghiên cứu này, sử dụng phương pháp rót đúc trên máng nghiêng, tác động vào quá trình chuyển pha của hợp kim nhôm ADC12 để thu được tổ chức tế vi mong muốn. Tổ chức tế vi của hợp kim ADC12 với số lượng hạt α -Al cao giúp tăng độ dẻo của hợp kim nhưng vẫn duy trì các đặc tính cơ học còn lại, dẫn đến tăng chất lượng chi tiết thành phẩm như pit tông làm tăng độ tin cậy của động cơ đốt trong trong quá trình sử dụng.

Cơ sở khoa học cho quá trình chuyển đổi từ hình thái nhánh cây sang hình thái cầu tròn là sự bẻ gãy các nhánh cây trong quá trình đông đặc. Các nhánh cây (pha α) có thể hình thành trong hợp kim có thành phần cùng tinh nếu tốc độ nguội hoặc độ quá nguội cho phép (Hình 1).

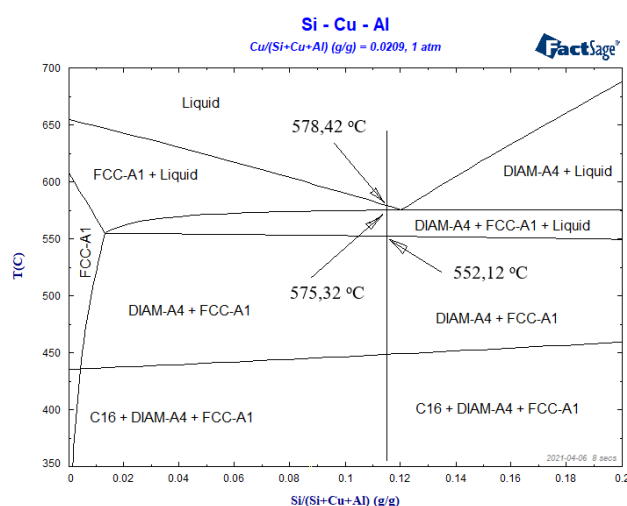


Hình 1. Đông đặc với cấu trúc cùng tinh không đồng đều [3].

2. Nghiên cứu thực nghiệm

2.1. Vật liệu

Hợp kim nhôm ADC12 được mua dạng thỏi tại công ty TNHH công nghiệp Chiến Thắng, thành phần hoá học được xác định nhờ máy quang phổ phát xạ SPECTROLAB tại Viện Công nghệ, Tổng cục Công nghiệp quốc phòng như trong bảng 1. Kết quả phân tích thành phần cho thấy, ADC12 là hợp kim nhôm cùng tinh Al-Si với thành phần Si chiếm 11,58% như trên hình 2. Tính toán chỉ ra nhiệt độ đường lỏng và nhiệt độ đường rắn của hợp kim này lần lượt là 578,42 và 552,12°C, khoảng nhiệt độ đông đặc cho hệ hợp kim ADC12 là 26°C.



Hình 2. Biểu đồ pha hai nguyên Al-Si.

Bảng 1. Thành phần hóa học của nhôm ADC12

Thành phần	Si	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Zn	Al
wt. %	11,58	0,023	2,09	0,63	0,081	0,17	0,77	Còn lại

2.2. Thiết bị và cách thức thí nghiệm

Quá trình thực nghiệm được tiến hành trên hệ thống thiết bị thí nghiệm (Hình 3) tại Phòng thí nghiệm Bộ môn Gia công áp lực - Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn. Trong mỗi thí nghiệm, hợp kim nhôm ADC12 được nấu chảy bằng lò điện trở Nabertherm ở 720°C trong nồi nấu 30 phút, nhiệt độ của hợp kim lỏng được kiểm tra bằng can nhiệt loại K nhúng trong nồi nấu. Khi nhiệt độ của kim loại lỏng đạt đến nhiệt độ rót, hợp kim lỏng được rót lên trên bề mặt máng với chiều cao rót cố định (cách điểm tiếp xúc mặt máng khoảng 150 mm). Kim loại lỏng chảy trên bề mặt máng nghiêng trước khi được thu vào cốc hứng. Cốc hứng được đặt trong lò giữ nhiệt với nhiệt độ được đặt trước và được gia nhiệt 30 phút trước khi tiến hành rót kim loại lỏng lên máng.

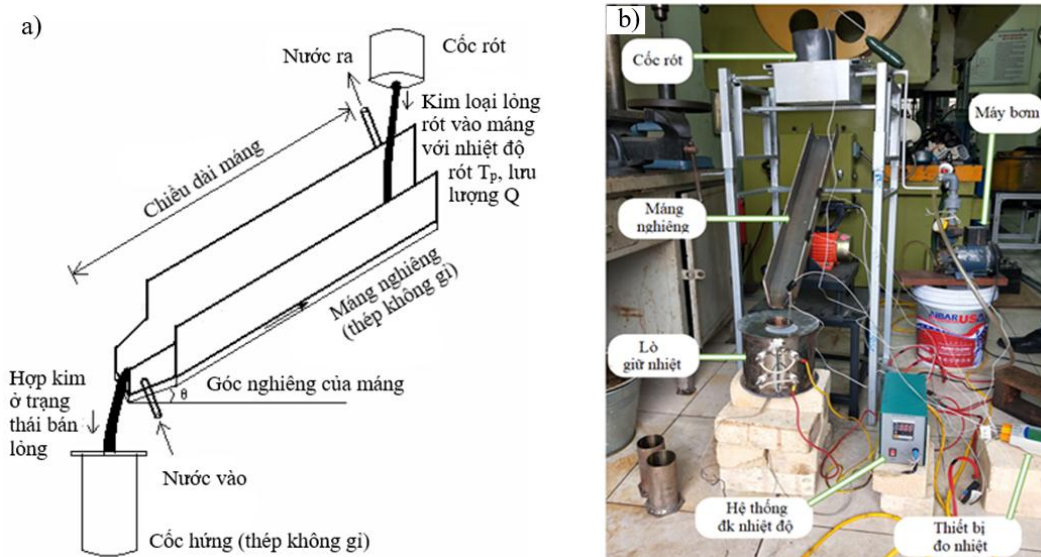
Hợp kim ADC12 có nhiệt độ rót ở (580°C, 590°C và 600°C) được rót vào bề mặt máng nghiêng ở các chiều dài rót khác nhau 300 mm, máng nghiêng được làm bằng thép không gỉ SUS 304 điều chỉnh góc nghiêng ở 65°, hệ thống nước làm nguội được bố trí ở dưới máng với lưu lượng 15 lít/phút. Đầu ra của máng được thu bởi cốc hứng có đường kính trong 50 mm chiều cao 110 mm, cốc hứng được đặt trong lò ủ có nhiệt độ 550°C, được giữ nhiệt trong vòng 5 phút, sau đó làm nguội nhanh bằng dầu.

2.3. Phân tích kết quả thí nghiệm

Phôi được lấy mẫu, mài thô, mài tinh, đánh bóng, tẩm thực bằng dung dịch HF 0,5% và được tiến hành phân tích trên kính hiển vi AXIO A2M tại Phòng thí nghiệm Bộ môn Vật liệu, Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn. Ảnh chụp tổ chức tế vi được phân tích bằng phần mềm ImageJ (Image Processing and Analysis in Java). Link tại: <https://imagej.nih.gov/ij/index.htm> (truy cập ngày 13/12/2021). Thông số chính được đánh giá là đường kính hạt trung bình (d) được tính toán dựa vào phương trình sau:

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (1)$$

trong đó, A là diện tích của hạt.



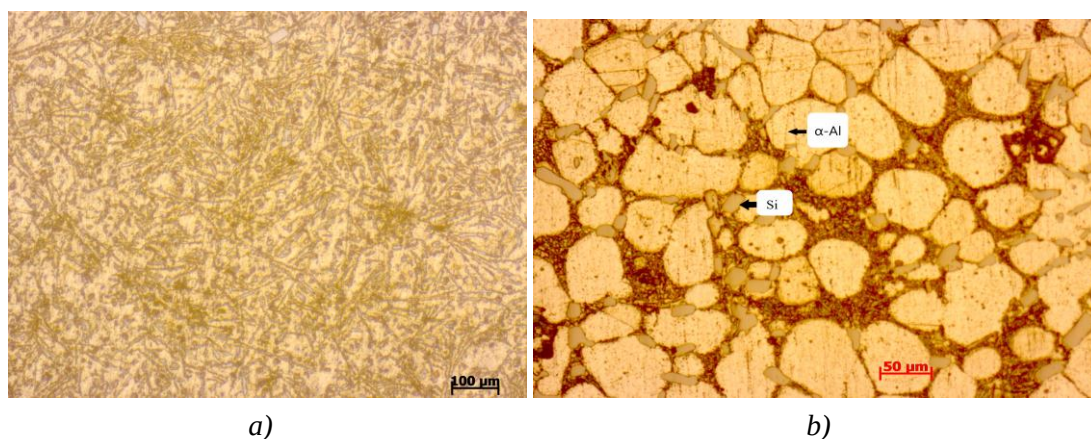
Hình 3. Hệ thống thiết bị thí nghiệm:

a) Sơ đồ nguyên lý hệ thống máng nghiêng; b) Hệ thống thiết bị thí nghiệm.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. So sánh kết quả tổ chức tế vi đúc lưu biến máng nghiêng và đúc thông thường

Tổ chức tế vi của hợp kim nhôm ADC12 thu được như trên hình 4. Hình 4a tổ chức hợp kim nhôm ADC12 đúc không sử dụng máng nghiêng, tổ chức tế vi thu được với tổ chức cùng tinh của Al-Si, tỉ lệ hạt α -Al thấp. Hình 4b là tổ chức hợp kim nhôm ADC12 đúc lưu biến máng nghiêng với pha α -Al màu sáng, là dung dịch rắn hoà tan silic, đồng và một số nguyên tố hợp kim khác. Tổ chức cùng tinh có màu nâu nằm sát biên hạt α -Al, tổ chức thu được với tỉ lệ hạt α -Al lớn ($> 80\%$) ở dạng cầu.



a)

b)

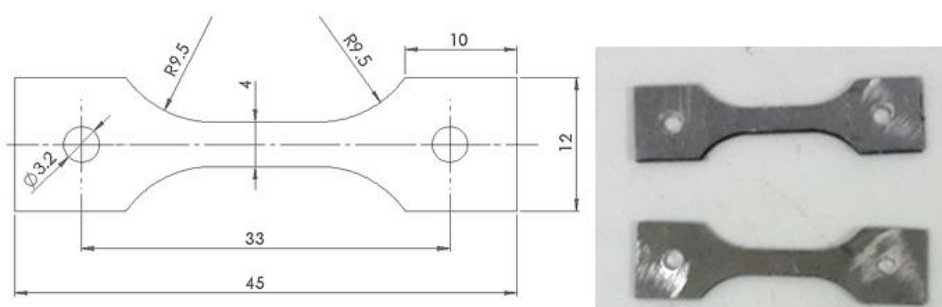
Hình 4. Tổ chức tế vi của hợp kim nhôm ADC12

a) Đúc thông thường; b) Đúc lưu biến máng nghiêng.

Như quan sát thấy, một số lượng lớn hạt α -Al dạng cầu được hình thành trong quá trình rót đúc trên máng nghiêng. Có thể giải thích như sau: Khi hợp kim lỏng tiếp xúc với bề mặt máng nghiêng, một lượng các tâm mầm nhánh cây α -Al được hình thành do bề mặt máng nghiêng là bề mặt lạnh [10-12]. Hầu hết quá trình tạo mầm xảy ra ở vị trí tiếp xúc giữa hợp kim lỏng và máng nguội có thể được coi là nguồn tâm mầm [13, 14]. Các tâm mầm được phân tách và thay đổi hình thái cấu trúc vi mô dọc theo dòng chảy là do sự thay đổi của vận tốc dòng kim loại lỏng khi chảy trên máng. Nhiệt độ của hợp kim nóng chảy giảm từ 580°C xuống khoảng 550°C sau khi chảy ra khỏi bề mặt máng vì nhiệt từ hợp kim nóng chảy bị hấp thụ bởi máng nghiêng đã được làm nguội, theo [11] nhiệt độ của kim loại nóng chảy trên bề mặt máng dốc có thể được giả định là giảm tuyến tính dọc theo bề mặt máng. Kết quả của sự giảm nhiệt độ của hợp kim nóng chảy dọc theo máng cho đến khi hợp kim lỏng chảy vào khuôn, phần rắn tăng lên ở phần cuối máng, dẫn đến sự gia tăng độ nhớt của hợp kim nóng chảy, do đó dòng chảy có xu hướng chảy tầng ở phần thấp nhất của máng. Kết hợp với nhiệt độ hợp kim nóng chảy giảm, làm tăng lực cắt, giúp tạo ra sự hình thành các cấu trúc vi mô hình cầu của pha sơ cấp từ các cấu trúc đuôi gai hình thành ở đỉnh máng [15]. Hơn nữa, dòng chảy của hợp kim lỏng xuống dốc gây ra sự đối lưu, giúp đồng nhất nhiệt độ và thu hẹp gradient thành phần của dòng hợp kim nóng chảy, điều này cũng dẫn đến việc ngăn chặn sự phát triển của tổ chức nhánh cây, tạo điều kiện hình thành tổ chức dạng cầu. Khi ở trong khuôn, hợp kim ở trạng thái gần như đẳng nhiệt tạo điều kiện để cầu hoá các hạt α -Al, sau đó được làm nguội nhanh trong nước để giữ lại tổ chức hình cầu được hình thành như trong hình 4.

3.2. So sánh cơ tính của vật đúc lưu biến và đúc thông thường

Mẫu sau khi đúc được cắt dây mẫu kéo theo tiêu chuẩn TCVN 197-1:2014 có kích thước như hình 5, chiều dày mẫu 1,2 mm và tiến hành kéo trên máy Devotrans DVT FU/RDNN - CKS ở tốc độ 0,1 mm/phút tại Trung tâm Đo lường/Viện Công nghệ/Tổng cục Công nghiệp quốc phòng. Bảng 2 trình bày kết quả thử cơ tính của chi tiết đúc lưu biến máng nghiêng từ hợp kim nhôm ADC12 ở tốc độ làm nguội trung bình 10 K/s và nhiệt độ rót 580°C.



Hình 5. Phôi cho thí nghiệm thử kéo.

Bảng 2. Cơ tính của hợp kim nhôm ADC12 và tương đương

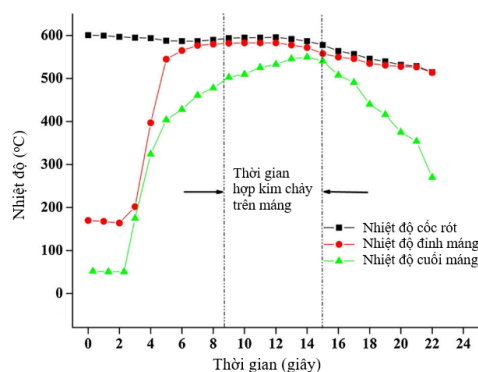
TT	Công nghệ sản xuất	Vật liệu	Cơ tính		
			Giới hạn bền, MPa	Giới hạn chảy, MPa	δ , %
1	Đúc khuôn kim loại [6]	ADC12	228	154	1,4
2	Chi tiết đúc lưu biến máng nghiêng	ADC12	267	215	2,7

Kết quả cho thấy giới hạn bền của chi tiết đúc lưu biến bán lỏng tăng 17% và độ giãn dài của chi tiết tăng 93% so với giới hạn bền và độ giãn dài của chi tiết được tạo hình bằng phương pháp đúc thông thường. Hiện tượng này có thể giải thích như sau, khi tạo hình bán lỏng tổ chức tế vi của hợp kim nhôm ADC12 được thay thế từ tổ chức tế vi nhánh cây sang tổ chức tế vi dạng cầu. Việc thay đổi tổ chức tế vi của hợp kim nhôm ADC12 đã làm thay đổi đáng kể cơ tính của vật liệu giúp vật liệu tăng được cả giới hạn bền và độ giãn dài tương đối.

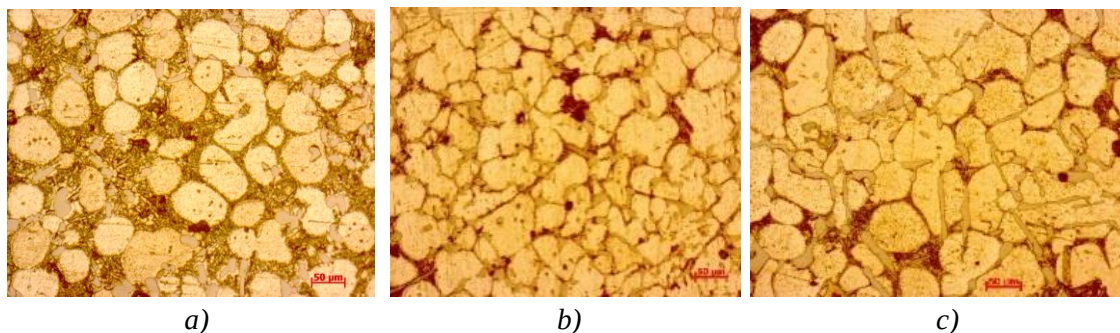
3.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ rót ở tốc độ làm nguội 10 K/s

Đồ thị sự thay đổi nhiệt độ theo thời gian trong quá trình đúc lưu biến máng nghiêng được thể hiện trong hình 6. Các giá trị của nhiệt độ được đo bằng can nhiệt loại K, được đặt dọc theo dòng chảy hợp kim lỏng, ở cốc rót, đỉnh máng và cuối máng, như sơ đồ trên hình 3. Nhiệt độ hợp kim lỏng ra khỏi máng nghiêng trong trường hợp nhiệt độ rót là 600°C là 573°C, do đó nhiệt độ giảm khoảng 27°C như trên hình 6.

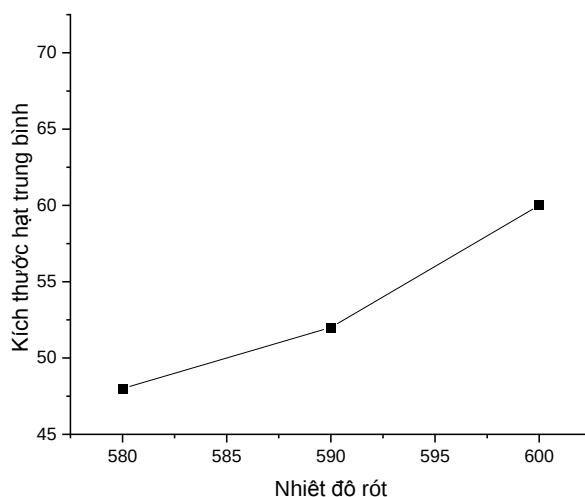
Để khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ rót đến tổ chức tế vi của hợp kim nhôm ADC12, tiến hành rót đúc hợp kim ở các nhiệt độ rót khác nhau 580°C, 590°C và 600°C (giữ nguyên các điều kiện làm nguội - tốc độ làm nguội trung bình là 10 K/s). Khảo sát ảnh chụp tế vi thể hiện trên hình 7, ảnh của nhiệt độ rót đến đường kính hạt trung bình thể hiện trên hình 8. Kết quả cho thấy ở tốc độ làm nguội khoảng 10 K/s, hình dạng và kích thước hạt α -Al thu được có sự khác biệt, hạt α -Al có dạng tròn và đều. Điều này khẳng định tốc độ làm nguội ảnh hưởng đến kích thước hạt α -Al thu được.



Hình 6. Đồ thị nhiệt độ thời gian trong quá trình rót đúc.



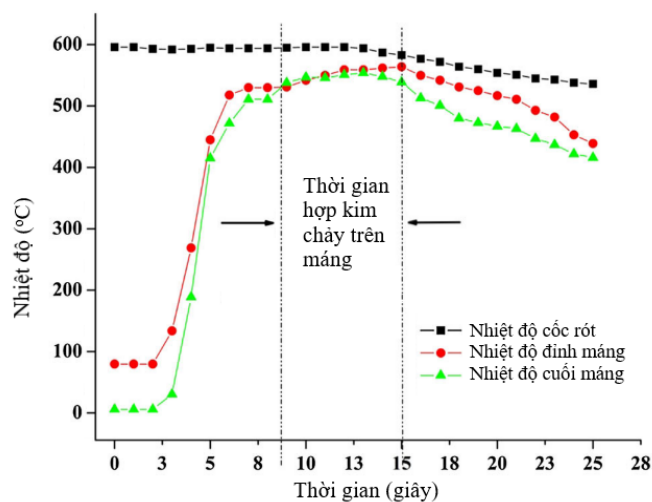
Hình 7. Tổ chức tế vi của hợp kim nhôm ADC12 ở các nhiệt độ rót khác nhau
(a) Rót ở 580°C; (b) Rót ở 590°C; (c) Rót ở 600°C.



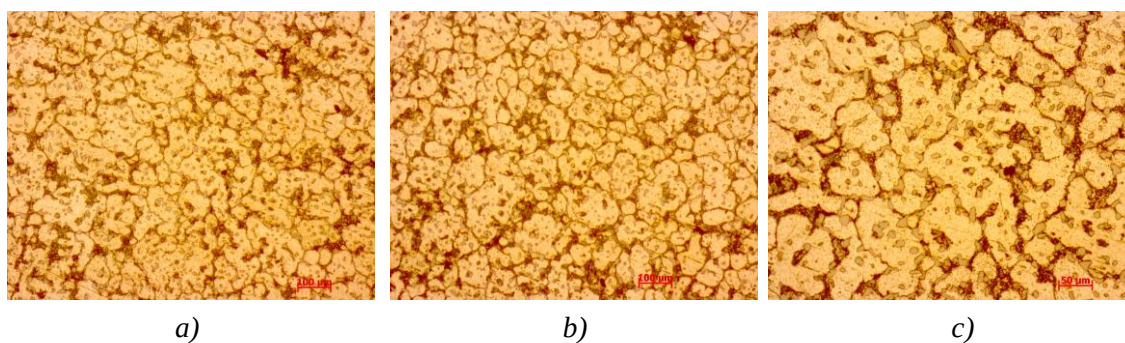
Hình 8. Ảnh hưởng của nhiệt độ rót đến kích thước trung bình của hạt.

3.4. Ảnh hưởng của nhiệt độ rót ở tốc độ làm nguội 6 K/s

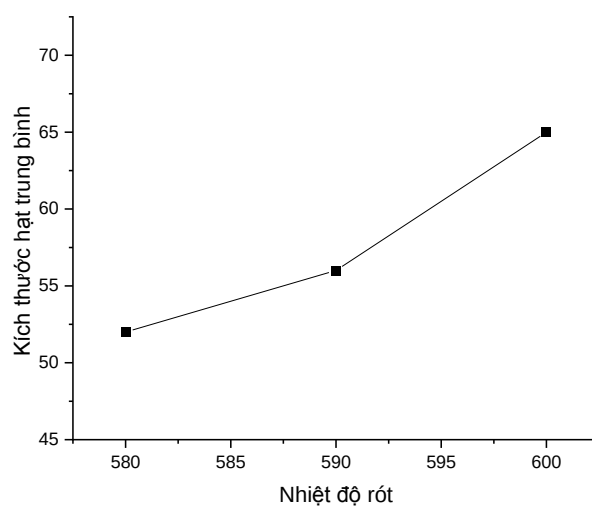
Để khảo sát ảnh hưởng của tốc độ làm nguội đến tổ chức tế vi của hợp kim nhôm ADC12, tiến hành rót đúc hợp kim ở 580°C, 590°C và 600°C (không sử dụng bơm nước tuần hoàn - tốc độ làm nguội trung bình là 6 K/s). Đồ thị sự thay đổi nhiệt độ theo thời gian trong quá trình đúc lưu biến máng nghiêng được thể hiện trong hình 9, khảo sát ảnh chụp tế vi thể hiện trên hình 10, ảnh hưởng của nhiệt độ rót đến đường kính hạt trung bình thể hiện trên hình 11. Tổ chức cùng tinh nhỏ, mịn phân bố đều trong tổ chức tế vi. Điều này có thể giải thích như sau: Khi tốc độ làm nguội giảm, lượng tâm mầm sinh ra trên máng nghiêng giảm đi, kết hợp với quá trình đông đặc nhanh sau khi làm nguội trong dầu, các hạt cùng tinh Al-Si không thoát được ra ngoài mà vẫn nằm trong hạt α -Al, làm giảm cơ tính của vật đúc.



Hình 9. Đồ thị nhiệt độ thời gian trong quá trình rót đúc.



Hình 10. Tổ chức tế vi của hợp kim nhôm ADC12 ở các nhiệt độ rót khác nhau
(a) Rót ở 580°C; (b) Rót ở 590°C; (c) Rót ở 600°C.



Hình 11. Ảnh hưởng của nhiệt độ rót đến kích thước trung bình của hạt.

4. Kết luận

Bài báo trình bày việc nghiên cứu sử dụng phương pháp đúc lưu biến máng nghiêng nhằm thay đổi tổ chức tế vi của hợp kim nhôm ADC12, kết quả như sau:

- Đã thay đổi được tổ chức tế vi hợp kim nhôm ADC12 từ dạng nhánh cây sang dạng cầu với tỉ phần hạt α -Al lớn ($> 80\%$). Việc thay đổi tổ chức tế vi của hợp kim giúp hợp kim tăng giới hạn bền 17% và độ giãn dài tương đối tăng 93% so với chi tiết được đúc bằng phương pháp thông thường, giúp cải thiện cơ tính của hợp kim.

- Ở tốc độ làm nguội của hệ thống máng nghiêng (khoảng 10 K/s), tổ chức tế vi thu được có tỉ lệ hạt α -Al lớn, kết hợp với giữ nhiệt trong lò ủ và làm nguội nhanh để thu được tổ chức tế vi có dạng cầu có kích thước hạt trung bình 48 μm , phân bố đều trong toàn bộ thể tích của vật đúc, giúp làm tăng cơ tính của vật đúc.

- Ở hai tốc độ làm nguội khác nhau, khi tăng nhiệt độ rót đúc, kích thước hạt đều có xu hướng tăng lên.

Tài liệu tham khảo

- [1] Z. Fan, "Semisolid metal processing," *International Materials Reviews*, vol. 47, no. 2, pp. 49-85, 2013, doi: 10.1179/095066001225001076.
- [2] S. Nafisi and R. Ghomashchi, *Semi-solid processing of aluminum alloys*. Springer, 2016.
- [3] J. Barrirero, *Eutectic modification of Al-Si casting alloys*. Linköping University Electronic Press, 2019.
- [4] H. Zhao, F. Wang, Y. Li, and W. Xia, "Experimental and numerical analysis of gas entrapment defects in plate ADC12 die castings," *Journal of materials processing technology*, vol. 209, no. 9, pp. 4537-4542, 2009.
- [5] R. Elliot, *Eutectic Solidification Processing: Crystalline and Glassy Alloys*. Butterworths & Company, 1983.
- [6] Japanese Industrial Standard, Aluminum Alloys Die Castings (ADC12), JIS H 5302: Japan; Japanese Industrial Standard: Tokyo, Japan, 2000; p. 10.
- [7] S. Janudom, T. Rattanochaikul, R. Burapa, S. Wisutmethangoon, and J. Wannasin, "Feasibility of semi-solid die casting of ADC12 aluminum alloy," *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, vol. 20, no. 9, pp. 1756-1762, 2010.
- [8] Z. Wang, Z. Ji, M. Hu, and H. Xu, "Evolution of the semi-solid microstructure of ADC12 alloy in a modified SIMA process," *Materials characterization*, vol. 62, no. 10, pp. 925-930, 2011.
- [9] Z.-h. Hu *et al.*, "Microstructure evolution and mechanical properties of rheo-processed ADC12 alloy," *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, vol. 26, no. 12, pp. 3070-3080, 2016.
- [10] D. G. Eskin and J. Mi, *Solidification processing of metallic alloys under external fields*, Springer, 2018, p. 323.

- [11] N. Van Thuong, H. Zuhailawati, A. Abu Seman, T. D. Huy, and B. K. Dhindaw, "Effects of Processing Parameters on Microstructure Evolution of Al-7Si-Mg Alloy by Cool pp. 2108-2116, 2015, doi: 10.1007/s11665-015-1458-5.
- [12] D. Minh Duc and N. H. Hai, "Study on Rheo-Continuous Casting of Al-Si A356 (EN AC4200) Alloys," *Key Engineering Materials*, vol. 682, pp. 220-225, 2016, doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.682.220.
- [13] E. Cardoso Legoretta, H. V. Atkinson, and H. Jones, "Cooling slope casting to obtain thixotropic feedstock I: Observations with a transparent analogue," *Journal of Materials Science*, vol. 43, no. 16, pp. 5448-5455, 2008, doi: 10.1007/s10853-008-2828-2.
- [14] E. Cardoso Legoretta, H. V. Atkinson, and H. Jones, "Cooling slope casting to obtain thixotropic feedstock II: Observations with A356 alloy," *Journal of Materials Science*, vol. 43, no. 16, pp. 5456-5469, 2008, doi: 10.1007/s10853-008-2829-1.
- [15] R. Ritwik, A. P. Rao, and B. Dhindaw, "Low-convection-cooling slope cast AlSi7Mg alloy: A rheological perspective," *Journal of Materials Engineering and Performance*, vol. 22, no. 9, pp. 2487-2492, 2013.

RESEARCH ON THE CHANGE OF MICROSTRUCTURE OF ADC12 ALUMINIUM ALLOY IN RHEOCASTING PROCESS

Abstract: *In this study, pouring temperature and cooling rate are two processing parameters that directly affect the microstructure change of ADC12 aluminium alloy. The research results show that the ADC12 aluminium alloy microstructure during the rheocasting process changes from dendritic to spherical microstructure with α -Al particle fraction of over 80%. The cooling rate is the main parameter that directly affects the formation of the spherical microstructure of α -Al particles. Pouring temperature affects the size and sphericity of α -Al particles. The research results can be applied to change the microstructure of aluminium alloy ADC12 to help the alloy increase the ultimate strength and elongation, but still maintain other mechanical properties. In other words, increasing the reliability of the part formed by the rheocasting method.*

Keywords: Rheocasting; cooling slope casting; ADC12 aluminium alloy.

Nhận bài: 31/12/2021; Hoàn thiện sau phản biện: 02/03/2022; Chấp nhận đăng: 14/04/2022

