

# ẢNH HƯỞNG CỦA NHIỆT ĐỘ RÓT ĐẾN TỔ CHỨC CỦA HỢP KIM Al-Si TRƯỚC CÙNG TINH TRONG CÔNG NGHỆ ĐÚC MẪU CHÁY

## THE EFFECT OF POURING TEMPERATURE ON MICROSTRUCTURE OF HYPOEUTECTIC Al-Si ALLOYS IN THE LOST FOAM CASTING PROCESS

LÊ MINH ĐỨC\*, PHÙNG TUẤN ANH

Khoa Cơ khí, Học viện Kỹ thuật Quân sự

\*Email liên hệ: duclm@lqdtu.edu.vn

### Tóm tắt

Trong bài báo này, ảnh hưởng của nhiệt độ rót đến sự hình thành tổ chức của hợp kim nhôm 356.0, 358.0 và 512.0 trong công nghệ đúc mẫu chảy đã được nghiên cứu. Nhiệt độ rót càng cao, tổ chức tế vi hình thành càng thô to. Các hạt  $\alpha$ -Al đều trực xuất hiện trong hợp kim 512.0 ở cả 3 giá trị nhiệt độ rót. Tổ chức này chỉ xuất hiện khi nhiệt độ rót thấp hơn 675°C đối với hợp kim 356.0 và 650°C đối với hợp kim 358.0. Ngược lại, tổ chức dạng nhánh cây hình thành trong hợp kim 356.0 khi rót ở 700°C, khoảng cách giữa các nhánh cây thứ 2 xấp xỉ 50 $\mu$ m và chiều dài nhánh cây lên tới 250 $\mu$ m.

**Từ khóa:** Đúc mẫu chảy, nhiệt độ rót, hợp kim Al-Si, hợp kim nhôm trước cùng tinh.

### Abstract

In this paper, the effect of pouring temperature to the created microstructure of 356.0, 358.0 and 512.0 aluminum alloys with the lost foam casting process is investigated experimentally. Pouring temperature is more highly, the created microstructure is more coarsely. The equiaxed grains of  $\alpha$ -Al are appeared in 512.0 alloy with three values of pouring temperature. This microstructure is just created with the below 675°C and 650°C of temperature for 356.0 and 358.0, respective. In constrast, the dendrite of  $\alpha$ -Al grains is formed in 356.0 alloy with the 700°C of pouring temperature, the second dendrite arm size is approximately 50 $\mu$ m and the length of dendrite up to 250 $\mu$ m.

**Keywords:** Lost foam casting, pouring temperature, Al-Si alloy, hypoeutectic aluminum alloys.

## 1. Mở đầu

Hợp kim nhôm đúc được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp ô tô và hàng không vũ trụ và dần được thay thế thép và gang bởi vì chúng nhẹ hơn và mức năng lượng tiêu thụ ít hơn. Đúc mẫu chảy là một trong những công nghệ đúc được dùng chủ yếu trong công

ngiệp ô tô để sản xuất vật đúc ít khuyết tật, hình dạng phức tạp và chất lượng bề mặt tốt. Các đặc tính của hợp kim Al-Si được kiểm soát bởi các pha cấu thành nên hợp kim và các tham số công nghệ đúc. Nhiệt độ rót chính là một tham số ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình tạo mầm và phát triển mầm của các pha sơ cấp (Al hay Si) trong hợp kim Al-Si. Nhiệt độ rót quyết định tốc độ nguội, quá trình tạo mầm, kiểm soát kích thước của hạt được hình thành trong suốt quá trình phát triển, hình thái hạt và sự phân bố nguyên tố hợp kim trong nền [1].

Majid Karimian và cộng sự [2] đã chỉ ra rằng, nhiệt độ rót có ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng cũng như tổ chức tế vi của hợp kim Al-Si LM6 đúc mẫu chảy. Nhiệt độ rót càng thấp, tổ chức tế vi nhỏ mịn của hợp kim LM6 được hình thành. T. Pacyniak và R. Kaczorowski [3] đã đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ rót đến tốc độ rót và áp suất trong vùng khe hở khí khi đúc hợp kim Al-Si và gang bằng phương pháp mẫu chảy. Nhiệt độ rót tăng kéo theo tốc độ rót tăng và áp suất trong vùng khe hở khí giảm xuống. Tương tự, S. Izman và cộng sự [4] chỉ ra rằng khi nhiệt độ rót càng tăng thì số lượng rỗ trong vật đúc thành mỏng giảm xuống.

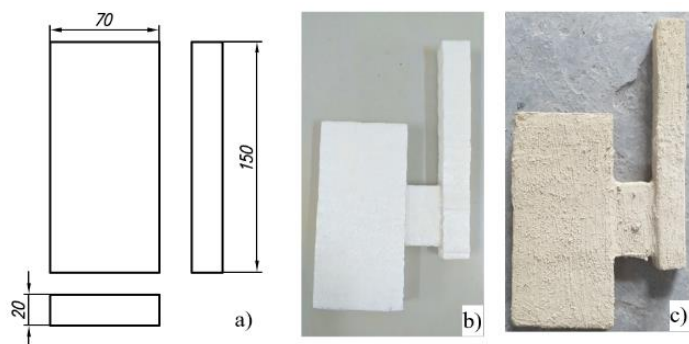
Có thể thấy, nhiệt độ rót là một tham số công nghệ khá quan trọng trong công nghệ đúc mẫu chảy. Chính vì vậy, bài báo này tiến hành nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ rót đến sự hình thành tổ chức tế vi của 3 mức hợp kim Al-Si sử dụng thành phần sơn mới do nhóm nghiên cứu đang phát triển.

## 2. Thực nghiệm

### 2.1. Chi tiết đúc

Chi tiết đúc dạng tấm có kích thước 150mm × 70mm × 20mm như trong Hình 1. Các mẫu được chế tạo từ các khối xốp có sẵn và được gắn với hệ thống rót bằng keo nến. Sử dụng thành phần sơn: 95% vật liệu chịu lửa tự nhiên, 5% chất dính và dung môi nước. Các mẫu được sơn 2 lớp có chiều dày trung bình 0,6mm.

Các chi tiết đúc cùng hệ thống rót được chèn vào hòm khuôn dùng cát V5.5, độ chân không trong khuôn duy trì - 0,7 bar trước và sau khi rót 5 phút. Đây là các



Hình 1. Chi tiết đúc

a. Kích thước mẫu, b. Mẫu được gắn với hệ thống rót, c. Mẫu sau khi sơn



Hình 2. Sơ đồ bố trí thiết bị

Bảng 1. Thành phần các hợp kim nghiên cứu

| Hợp kim | Si   | Fe   | Cu   | Mn   | Mg   | Zn   | Ti   | Cr   | Al      |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|
| 356.0   | 6,96 | 0,29 | 0,25 | 0,14 | 0,13 | 0,02 | 0,03 | 0,05 | Còn lại |
| 358.0   | 8,23 | 0,35 | 0,53 | 0,15 | 0,25 | 0,02 | 0,02 | 0,06 | Còn lại |
| 512.0   | 1,55 | 0,89 | 0,53 | 0,83 | 4,25 | 0,15 | 0,01 | 0,07 | Còn lại |

yếu tố không đổi, chỉ thay đổi nhiệt độ rót trong quá trình nghiên cứu. Sơ đồ bố trí thiết bị như trong Hình 2.

## 2.2. Hợp kim nghiên cứu

Để xét ảnh hưởng của nhiệt độ rót đến sự hình thành tổ chức của hợp kim nhôm trước cùng tinh, nghiên cứu này sử dụng 3 mức hợp kim có thành phần sau khi nấu luyện như trong Bảng 1.

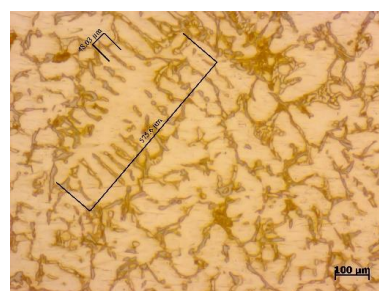
Các hợp kim được nấu trong lò điện trở. Khối lượng mỗi mẻ nấu là 2kg. Trong quá trình nấu kim loại lỏng được che phủ bằng hỗn hợp muối có thành phần: 15%  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ , 40% NaF, 45% NaCl, lượng dùng khoảng 20-40 gram nung khô ở  $100^\circ\text{C}$  từ 15 phút trở lên. Khi hợp kim chảy lỏng hoàn toàn, duy trì 15 phút tại các nhiệt độ rót để đảm bảo đồng đều nhiệt độ. Sử dụng thiết bị đo nhiệt độ cầm tay Tenma 72-2060 để đo nhiệt độ của hợp kim lỏng trước khi rót. Nhiệt độ rót:  $700^\circ\text{C}$ ,  $675^\circ\text{C}$ ,  $650^\circ\text{C}$  cho cả 3 hợp kim trên.

Các chi tiết sau khi đúc được chuẩn bị mẫu bằng phương pháp kim tương và chụp ảnh tổ chức tế vi trên kính hiển vi quang học AxioVert A2M.

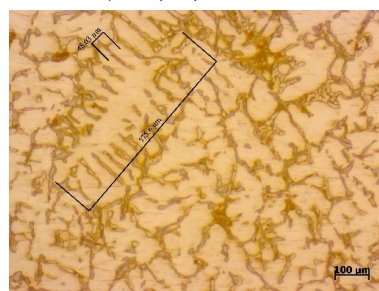
## 3. Kết quả và thảo luận

### 3.1. Tổ chức tế vi của hợp kim 356.0

Hình 3 biểu diễn tổ chức tế vi của hợp kim 356.0 ở các nhiệt độ rót khác nhau. Tổ chức tế vi bao gồm các nhánh cây  $\alpha\text{-Al}$  thô to được bao quanh bởi nền cùng tinh xuất hiện khi rót ở  $700^\circ\text{C}$  (Hình 3a). Khoảng cách giữa các nhánh cây thứ 2 khoảng  $50\mu\text{m}$  và chiều dài nhánh cây lên tới  $575\mu\text{m}$ . Trong khi đó,



a) Nhiệt độ rót  $700^\circ\text{C}$



b) Nhiệt độ rót  $675^\circ\text{C}$



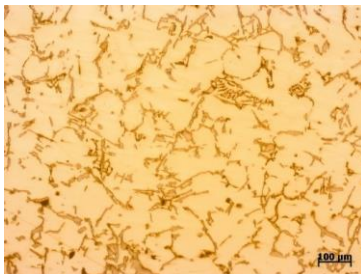
c) Nhiệt độ rót  $650^\circ\text{C}$

Hình 3. Tổ chức tế vi hợp kim 356.0, x50

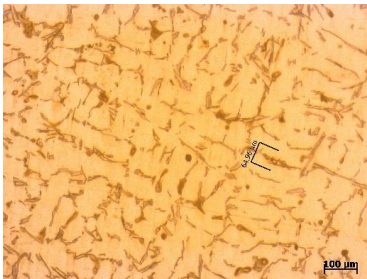
tổ chức  $\alpha$ -Al đều trực đạt được khi rót hợp kim ở 675°C và 650°C (Hình 3b và c). Tuy nhiên, kích thước của pha  $\alpha$ -Al hình thành vẫn khá thô to và Si cùng tinh dường như phân tán hơn. Có sự khác nhau khá nhiều về hình thái các pha khi rót ở các nhiệt độ khác nhau.

### 3.2. Tổ chức tế vi của hợp kim 358.0

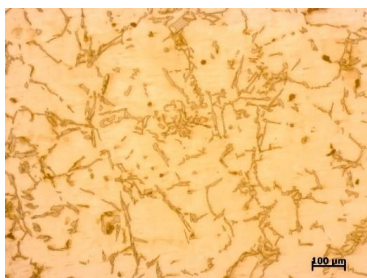
Hình 4 biểu diễn tổ chức tế vi của hợp kim 358.0 ở các nhiệt độ rót khác nhau. Nhận thấy, kích thước hạt  $\alpha$ -Al dường như không có quá nhiều khác biệt theo nhiệt độ rót. Các hạt  $\alpha$ -Al nhánh cây xuất hiện rõ ràng khi rót hợp kim ở 675°C, khoảng cách giữa các nhánh cây thứ 2 có thể lên tới 65 $\mu$ m. Ngược lại, tổ chức  $\alpha$ -Al đều trực thô to hình thành khi rót ở 700°C và 650°C. Tổ chức cùng tinh có hình thái và kích thước trong cả 3 trường hợp không khác nhau quá nhiều.



a) Nhiệt độ rót 700°C



b) Nhiệt độ rót 675°C



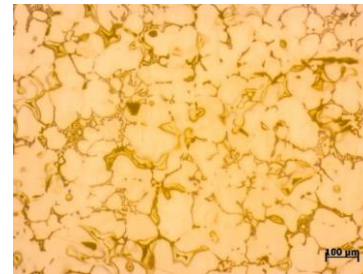
c) Nhiệt độ rót 650°C

Hình 4. Tổ chức tế vi hợp kim 358.0, x50

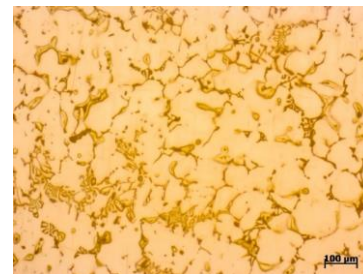
### 3.3. Tổ chức tế vi của hợp kim 512.0

Tổ chức đều trực khá thô to hình thành trong cả 3 nhiệt độ rót (Hình 5). Kích thước trung bình của hạt  $\alpha$ -Al giảm dần theo nhiệt độ. Khoảng 130  $\mu$ m khi rót ở

700°C trong khi rót ở 650°C kích thước chỉ khoảng 80  $\mu$ m. Tổ chức cùng tinh 3 nguyên phân bố khá đều nhưng với tỷ lệ không nhiều trong cả 3 trường hợp. Pha trung gian  $Al_{15}Mn_3Si_2$  (màu nâu) và pha  $Mg_2Si$  (màu đen) xuất hiện trong tổ chức với tỷ lệ khá nhiều [5].



a) Nhiệt độ rót 700°C



b) Nhiệt độ rót 675°C



c) Nhiệt độ rót 650°C

Hình 5. Tổ chức tế vi hợp kim 512.0, x50

## 4. Kết luận

Qua nghiên cứu có thể nhận thấy, nhiệt độ rót ảnh hưởng rất lớn đến sự hình thành tổ chức của hợp kim nhôm trước cùng tinh. Nhiệt độ rót càng cao, về cơ bản tổ chức càng thô đại và các tinh thể nhánh cây có thể dễ dàng được hình thành. Ngược lại, nhiệt độ rót càng thấp, các tinh thể đều trực được ưu tiên phát triển hơn. Nhiệt độ rót không ảnh hưởng quá nhiều đến kích thước và hình thái của pha cùng tinh trong tổ chức.

Tổ chức đều trực không phải lúc nào cũng hình thành ở nhiệt độ rót thấp. Khi rót ở nhiệt độ cao vẫn có khả năng hình thành tổ chức này, tuy nhiên đường kính hạt trung bình thường lớn hơn rất nhiều. Điều này hoàn toàn có thể là do ảnh hưởng của các tham số công nghệ khác mà chưa được nghiên cứu trong bài báo này.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Kiyoung Kim, *Effect of Process Parameters on Porosity in Aluminum Lost Foam Process*, Material science technology, Vol.21, Issues 5, pp. 681-685, 2005.
- [2] Majid Karimian, A. Ourdjini, M. H. Idris, M. Bsher, *Effect of pouring temperature and melt treatment on microstructure of lost foam casting of Al-Si LM6 Alloy*, Advanced materials Research, Vol. 264-265, pp.295-300, 2011.
- [3] T. Pacyniak, R. Kaczorowski, *Effect of pouring temperature on the Lost Foam Process*, Archives of Foundry engineering, Vol.11, pp. 149-154, 2011.
- [4] S. Izman, A. Shayganpour, M. H. Idris, Hassan Jafari, *DOE Analysis of the Influence of Sand Size and Pouring Temperature on Porosity in LFC*, Applied Mechanics and Materials, Vol.121-126, pp. 2661-2665, 2012.
- [5] Lennart Backerud, Guocai Chai, Jarmo Tamminen, *Solidification characteristics of aluminum alloys, Volume 2: Foundry alloys*, AFS/Skanaluminium, Sweden, pp.235-236, 1990.

|                    |           |
|--------------------|-----------|
| Ngày nhận bài:     | 30/6/2021 |
| Ngày nhận bản sửa: | 05/8/2021 |
| Ngày duyệt đăng:   | 16/8/2021 |