

## **A. GIỚI THIỆU CHUNG VỀ LUẬN ÁN**

### **1. Tính cấp thiết của đề tài**

Tính chất vật liệu đúc phụ thuộc rất nhiều vào tốc độ nguội của nó trong quá trình đông đặc cũng như sau quá trình hình thành. Do yêu cầu lựa chọn vật liệu đúc đã xác định thì tính chất này hoàn toàn phụ thuộc vào điều kiện làm nguội trong khuôn hoặc quá trình làm nguội tiếp theo.

Để đáp ứng yêu cầu nêu trên, người ta đã thay đổi chủng loại vật liệu làm khuôn có hệ số dẫn nhiệt khác nhau.

Với sự phát triển như vũ bão của ngành đúc, nhiều công nghệ làm khuôn mới ra đời nhằm cải thiện tính chất của vật đúc. Một trong những phương pháp làm khuôn và tạo hình là lợi dụng tác dụng của chân không trong quá trình đúc rót. Dưới tác động của lực hút chân không, tốc độ nguội của khuôn sẽ thay đổi, do đó kéo theo tốc độ nguội của vật đúc cũng thay đổi đáng kể. Hầu hết các nghiên cứu về tác dụng của chân không cho đến nay chủ yếu chỉ nhằm vào công nghệ đúc khuôn kim loại với các dây chuyền thiết bị hiện đại, những nghiên cứu đối với các chủng loại khuôn truyền thống khác còn rất hạn chế.

Vì vậy, đề tài «*Ảnh hưởng của điều kiện nguội trong khuôn cát tới quá trình đông đặc của vật đúc*» trở thành vấn đề cấp thiết nhằm giải quyết những tồn đọng nêu trên.

### **2. Mục đích của đề tài**

Mục đích chính của đề tài là nghiên cứu tương tác nhiệt trong hệ vật đúc/khuôn đúc với sự tham gia của áp suất bên ngoài ảnh hưởng tới quá trình đông đặc của vật đúc.

### **3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu**

Đối tượng nghiên cứu là các loại hỗn hợp khuôn cát truyền thống và cromit phi truyền thống với các loại chất dính khác nhau.

Phạm vi nghiên cứu của đề tài là nghiên cứu trường nhiệt độ, thông số đông đặc cũng như tính chảy loãng, cơ tính và tổ chức tế vi của hợp kim đúc trong điều kiện thường và điều kiện chân không.

## **B. NỘI DUNG LUẬN ÁN**

### **PHẦN 1. TỔNG QUAN**

**Kỹ thuật tạo hình nhanh** (RPT – Rapid Prototyping Technology) là một trong những phương pháp chế biến vật liệu tiên tiến được phát triển từ sau những năm 80 thế kỷ XX khi mà việc đầu tư kỹ thuật vào thị trường ngày càng cần rút ngắn thời gian. Một trong những phương pháp tạo hình nhanh là **phương pháp đúc mẫu chảy trong khuôn chân không** với các chủng loại khuôn hạt rời rạc khác nhau. Phương pháp dùng các hạt từ làm vật liệu khuôn cho công nghệ đúc mẫu chảy hiện nay ít dùng mà dùng cát khô với chất dính chủ yếu là đất sét, nhựa, thủy tinh lỏng, v.v...

Ở Nhật Bản đã có trên 100 cơ sở sản xuất ứng dụng phương pháp đúc trong chân không và trên 50 phát minh được dùng ở Mỹ, Châu Phi, Úc cũng như Tây Âu. Đã có dây chuyền sản xuất trong khuôn chân không với vật đúc nặng từ 1 kg đến 9 tấn, kích thước tối đa vật đúc lên tới 3m.

Phương pháp điền đầy dưới tác dụng của chân không được phát minh năm 1929 [Patent USA, 1.703.739 (1929)] , ở Mỹ trong những năm 70 Hãng Hitchiner Manufacturing Co. New Hampshire USA áp dụng vào việc đúc trong khuôn vỏ. Sau đại chiến thế giới lần thứ hai được dùng rộng rãi ở Liên Xô để đúc thỏi hợp kim màu trong khuôn kim loại. Phương pháp này còn được gọi là *phương pháp CLA* (Chandley Lamb Air), *phương pháp CLV* (Chandley Lamb Vacuum) hoặc *phương pháp CLAS* (Chandley Lamb Air Shell). Ở Tiệp Khắc, Jan Lukes và Josef Klement đã tiến hành so sánh đúc chân không trong khuôn vỏ với đúc dưới tác dụng của trọng trường, đúc đối áp, đúc áp lực thấp. Kết quả thí nghiệm cho hay: Điền đầy khuôn dưới tác dụng của chân không cho phép giảm nhiệt độ rót của thép hợp kim thông thường là 75 °C, thích hợp với hợp kim màu (vì nhiệt độ chảy thấp), kết quả khả quan.

Ở nước ta, ngay từ những năm 60 thế kỷ XX đã có không ít cán bộ KHKT thấy rõ tác dụng của tốc độ nguội và tốc độ đông đặc ảnh hưởng lớn lao tới quá trình đông đặc và chất lượng vật đúc. Nhiều kết quả nghiên cứu của Phạm Văn Khôi về ảnh hưởng của tốc độ đông đặc và tốc độ nguội của vật đúc đối với chất lượng vật đúc như **quá trình hình thành gang trắng và gang xám** khi rót trong khuôn kim loại, sự phân bố **trường độ cứng bề mặt của vật đúc bằng gang** với hình dáng khác nhau, giải **trường nhiệt độ trong hệ vật đúc/khuôn đúc** bằng các phương pháp giải tích, mô phỏng số, mô hình điện thuận trở Liebmann và đo nhiệt độ trực tiếp, kết quả so sánh về **thông số đông đặc của vật đúc** khi giải bằng các phương pháp khác nhau đều sai khác

nhau rất ít. Về *đông đặc dưới tác dụng của áp suất bên ngoài* có thể kể đến công trình đúc hút trong chân không của Phạm Văn Khôi và Đinh Quảng Năng. Các tác giả đã thiết kế, chế tạo máy đúc hút chân không và tiến hành nghiên cứu quá trình hình thành vật đúc, trong đó có xác định trường nhiệt độ, thông số đông đặc, tổ chức tế vi, cơ tính và tính chịu mài mòn khi đúc của hợp kim đồng. Kết quả nghiên cứu cho hay bạc lót làm ổ trục từ đồng thanh thiếc-kẽm-chì (Cu-Sn6-Zn6-Pb3) khi đúc hút trong chân không có độ mài mòn thấp hơn khi đúc ly tâm.

Nguyễn Hồng Hải đã xác định thông số đông đặc của hợp kim nhôm khi đúc dưới áp lực thấp cho hay dưới tác dụng của áp suất dư, cường độ trao đổi nhiệt giữa vật đúc và khuôn đúc tăng, làm tăng tốc độ đông đặc.

Nguyễn Hồng Hải đã xét tác động của ngoại lực, trường nhiệt độ, biến tính trong quá trình đúc hút trong chân không có sử dụng lõi để chế tạo bạc chạy trên màng dầu và ống phóng lựu. Kết quả khả quan, chất lượng vật đúc tốt, giảm giá thành sản xuất và đã được các xí nghiệp của Bộ Công nghiệp và Bộ nội vụ sử dụng kết quả nghiên cứu trong sản xuất.

Từ những trích dẫn nêu trên có thể thấy:

- Cũng giống như tình hình nghiên cứu ở nước ngoài, khi nghiên cứu về quá trình đông đặc trong các công nghệ đúc khác nhau, các tác giả thường quan tâm tới mối quan hệ giữa các thông số công nghệ với chất lượng vật đúc.
- Trong các nghiên cứu xét ảnh hưởng của tốc độ nguội của vật đúc tới chất lượng vật đúc, cụ thể là nghiên cứu quá trình đông đặc thì rất ít công trình nghiên cứu thông tin về quá trình đông đặc của vật đúc trong môi trường khuôn chịu tác dụng của môi trường chân không.
- Trong thực tiễn sản xuất đã có cơ sở đưa tác động của chân không vào khuôn khi rót kim loại lỏng, nhất là với công nghệ đúc trong khuôn mẫu tiêu ở các cơ sở đúc mỹ nghệ. Chưa có nghiên cứu cụ thể mang tính chất khoa học nhằm xác định mối quan hệ giữa môi trường chân không với các thông số công nghệ. Đây là một nội dung khoa học mang tính chất thời sự rất lý thú, cần thiết đầu tư nghiên cứu.

## **PHẦN 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT**

### **CHƯƠNG 1. QUÁ TRÌNH ĐÔNG ĐẶC CỦA Al-Si CÙNG TINH**

#### **1.1. Sự hình thành cấu trúc đông đặc của vật đúc**

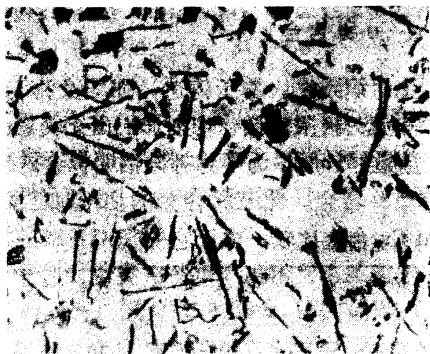
Cấu trúc của vật đúc đông đặc phụ thuộc vào thành phần hợp kim và điều kiện làm nguội. Với vật đúc có thành phần hoá học nhất định thì mầm kết tinh và tốc lớn của hạt tinh thể là yếu tố quan trọng ảnh hưởng tới cấu trúc vật đúc. Điều khiển quá trình đông đặc là điều khiển điều kiện truyền nhiệt, bao gồm quá trình truyền nhiệt khi điền đầy khuôn và quá trình truyền nhiệt trong thời gian đông đặc cũng như quá trình làm nguội vật đúc.

Khi hợp kim lỏng đã quá nguội, vì quá nguội thành phần và quá nguội nhiệt cùng tác dụng làm tăng độ quá nguội thực tế, khuynh hướng tạo mầm nội sinh tăng, khả năng gây nên đông đặc đẳng trục càng rõ rệt. Trong quá trình đông đặc có hướng, vì có mặt quá nguội thành phần, nên chỉ khi gradient nhiệt độ ở gần mặt biên lỏng/đặc đủ lớn mới có thể hình thành bề mặt biên lỏng/đặc có dạng phẳng. Nói chung đông đặc nhánh cây dễ xuất hiện nhất.

Về cơ bản, quá trình đông đặc của vật đúc xảy ra từ bề mặt rồi tiến dần vào tâm, mang đặc tính có hướng, cuối cùng hình thành tinh thể nhánh cây hay đẳng trục thì phụ thuộc vào điều kiện tạo mầm của pha lỏng ở bề mặt biên lỏng/đặc.

### 1.2. Quá trình đông đặc của hợp kim Al-Si cùng tinh

Hợp kim Al-Si có nhiệt độ cùng tinh là  $577^{\circ}\text{C}$ , thành phần cùng tinh là 12,6% Si; độ hoà tan dung dịch đặc Si trong Al ở nhiệt độ cùng tinh là 1,65%; ở nhiệt độ trong phòng khoảng 0,1%. Khi đưa vào hợp kim này một lượng nhỏ Na (khoảng 0,1%) thì Si được tiết ra rất chậm, độ quá nguội lớn nhất đạt  $230^{\circ}\text{C}$ , đồng thời điểm cùng tinh bị xô dịch: lượng chứa Si trong thành phần cùng tinh là 14%, nhiệt độ cùng tinh là  $564^{\circ}\text{C}$ , tổ chức rất nhỏ mịn.



Hình 1.1. Tổ chức tế vi (100x) của hợp kim chưa biến tính Al- 13,2% Si



Hình 1.2. Tổ chức tế vi (100x) của hợp kim đã biến tính Al- 13,2% Si

Hình 1.1 là tổ chức tế vi của “*hợp kim chưa biến tính*” chứa 13,2% Si - là tổ chức cùng tinh. Tinh thể có dạng hình kim đen trong ảnh là thành phần cùng tinh Si, còn lại là pha cùng tinh  $\alpha(\text{Al})$ . Hình 1.2 là tổ chức tế vi của “*hợp kim đã biến tính*” sau khi xử lý bằng Na. Có thể thấy sự xuất hiện của tinh thể nhánh cây  $\alpha(\text{Al})$  và hình thành tổ chức giả cùng tinh, cấu tử nền trắng trong tổ chức cùng tinh là  $\alpha(\text{Al})$ .

## CHƯƠNG 2. TRƯỜNG NHIỆT ĐỘ TRONG HỆ VẬT ĐÚC/KHUÔN, THÔNG SỐ ĐÔNG ĐẶC

### 2.1. Phương trình truyền nhiệt

Trong quá trình truyền nhiệt ổn định thì đại lượng cơ bản là dòng nhiệt, được biểu thị dưới dạng:

$$\mathbf{q}_{\text{dẫn}} = -\lambda \cdot \Delta T, \quad (2.1)$$

Cân bằng nhiệt của 1 đơn vị thể tích vật liệu hoặc môi trường dẫn nhiệt được diễn giải bằng phương trình vi phân:

$$\partial(\rho c T) / \partial t + \text{div } \mathbf{q}_{\text{dẫn}} = \mathbf{q}_{\text{nguồn}}, \quad (2.2)$$

ở đây  $\mathbf{q}_{\text{dẫn}}$  - Vecto dẫn nhiệt.

Sự biến thiên nhiệt độ mà phương trình truyền nhiệt được biểu diễn dưới dạng tường minh như sau:

$$\partial(c\rho T) / \partial t = (\partial/\partial x)(\lambda \partial T / \partial x) + \partial/\partial y(\lambda \partial T / \partial y) + (\partial/\partial z)(\lambda \partial T / \partial z) + \mathbf{q}_{\text{nguồn}}, \quad (2.3)$$

Trong trường hợp không tồn tại nguồn nhiệt bên trong ( $\mathbf{q}_{\text{nguồn}} = 0$ ) thì phương trình truyền nhiệt được viết dưới dạng:

$$\partial(c\rho T) / \partial t = (\partial/\partial x)(\lambda \partial T / \partial x) + \partial/\partial y(\lambda \partial T / \partial y) + (\partial/\partial z)(\lambda \partial T / \partial z), \quad (2.4)$$

### 2.2. Nghiệm của phương trình truyền nhiệt trong hệ vật đúc/khuôn đúc theo phương pháp giải tích

Nghiệm tổng quát của phương trình truyền nhiệt trong không gian 1 chiều thuần nhất được viết dưới dạng tổng quát :

$$\frac{T_{\text{max}} - T(x,t)}{T_{\text{max}} - T_{\text{min}}} = \text{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{at}}\right) = \text{erf}\left(\frac{1}{2\sqrt{Fo}}\right), \quad (2.5)$$

với định nghĩa  $Fo$  – Chuẩn số Fourier

$$Fo = at/x^2$$

Vật đúc được ký hiệu là 1, khuôn được ký hiệu là 2, bề mặt tiếp xúc giữa vật đúc/khuôn đúc được ký hiệu là p, bề mặt tiếp xúc giữa khuôn và môi

trường bên ngoài được ký hiệu là  $w$ . Nhiệt độ kết tinh ( $T_{kt}$ ), nhiệt độ tiếp xúc giữa khuôn và vật đúc ( $T_p$ ), do đó với vật đúc :

$$\frac{T_{kt} - T_1(x, t)}{T_{kt} - T_p} = \operatorname{erf}\left(\frac{x_1}{2\sqrt{a_1 t}}\right) = \operatorname{erf}\left(\frac{1}{2\sqrt{Fo_1}}\right), \quad (2.6)$$

Nhiệt độ cao nhất của khuôn đúc là nhiệt độ tiếp xúc giữa khuôn/vật đúc ( $T_p$ ), nhiệt độ thấp nhất của khuôn là nhiệt độ tiếp xúc giữa bề mặt khuôn và môi trường bên ngoài  $T_w$ , do đó với khuôn đúc sẽ là :

$$\frac{T_p - T_2(x, t)}{T_p - T_w} = \operatorname{erf}\left(\frac{x_2}{2\sqrt{a_2 t}}\right) = \operatorname{erf}\left(\frac{1}{2\sqrt{Fo_2}}\right), \quad (2.7)$$

Suy ra nhiệt độ ở mọi vị trí của khuôn trong mọi thời gian:

$$\begin{aligned} T_2(x, t) &= T_p - (T_p - T_w) \operatorname{erf}\left(\frac{1}{2\sqrt{Fo_2}}\right), \\ &= T_w + ((T_p - T_w) \operatorname{erf}\left(\frac{1}{2\sqrt{Fo_2}}\right)), \end{aligned} \quad (2.8)$$

### 2.3. Nghiệm của phương trình truyền nhiệt trong hệ vật đúc/khuôn đúc theo phương pháp sai phân

Khi giải phương trình truyền nhiệt Fourier  $T = T(x, t)$  với  $T$  - nhiệt độ,  $x$  - biến không gian (trong bài toán 1 chiều thì đây là chiều dài khảo sát),  $t$  - thời gian. Có thể dùng mạng sai phân 3 điểm, mà sai phân không gian là  $\Delta x$  biến thiên từ bước 0 tới bước  $i$ , sai phân thời gian  $\Delta t$  biến thiên từ bước 0 tới bước  $k$ . Trong mạng sai phân hiển thì nhiệt độ ở nút  $i$  bước thời gian  $k+1$  được xác định theo nhiệt độ của 2 điểm lân cận ( $i \pm 1$ ) và nút  $i$  ở bước thời gian  $k$  theo công thức sai phân sau:

$$\frac{T_{i,k+1} - T_{i,k}}{\Delta t} = a \frac{T_{i-1,k} - 2T_{i,k} + T_{i+1,k}}{\Delta x^2}, \quad (2.16)$$

với điều kiện ổn định (hay còn gọi là điều kiện Courant):

$$\frac{a\Delta t}{\Delta x^2} \leq \frac{1}{2}$$

### 2.4. Thông số đông đặc

Thông số đông đặc là các thông số đặc trưng cho quá trình đông đặc của vật đúc, bao gồm:

- Chiều dày đông đặc ( $\xi$ ),  $\xi = k \sqrt{t}$
- Hệ số đông đặc ( $k$ )
- Thời gian đông đặc ( $t$ )

- Tốc độ đông đặc ( $d\xi/dt$ )
- Lượng nhiệt tích của khuôn ( $Q = A.q$ ), ( $A$  – Diện tích tiết diện ngang mà dòng nhiệt đi qua)
- Hệ số khuôn ( $\omega$ ),  $q = \omega \sqrt{t}$  với  $\omega = 1,128 b_2(T_p - T_w)$

### 2.5. Các phương pháp theo dõi quá trình đông đặc khác

Ngoài phương pháp toán học giải trường nhiệt độ trong hệ vật đúc/khuôn đúc như phương pháp giải tích, phương pháp mô phỏng số đã đề cập ở trên, người ta còn dùng các mô hình toán học khác như mô hình thủy lực, mô hình điện và mô hình vật lý.

Mô hình thủy lực đã được dùng trên thế giới trong những năm 60 – 70 thế kỷ XX, nhưng vì thiết bị quá cồng kềnh, hiệu quả không cao nên tới nay rất ít sử dụng.

Mô hình điện với các mạng R-C và R-R (thuần trở Liebmann) đã được dùng để nghiên cứu quá trình đông đặc của vật đúc và xác định trường nhiệt độ trong piston động cơ ô tô, song hiện nay ít dùng và hiệu quả không cao hơn so với mô hình số.

Mô hình vật lý dùng Paraphin, Stearin, nhôm và hợp kim nhôm,... để theo dõi quá trình đông đặc của hợp kim nhôm, gang, thép... tỏ ra rất hiệu quả mang tính trực quan khi xác định phương trình đông đặc và những lỗ cục bộ trong vật đúc. Kết hợp với mô hình số sẽ làm cho kết quả nghiên cứu mang tính thuyết phục cao. Nhược điểm của phương pháp này là còn hạn chế khi thay đổi vật liệu làm khuôn.

## CHƯƠNG 3. VẬT LIỆU LÀM KHUÔN CRÔMIT VÀ CÁT THẠCH ANH

### 3.1. Crômit

Crômit được dùng làm hỗn hợp khuôn thao trong các nước công nghệ phát triển bắt đầu từ khoảng năm 1970.

Ưu điểm chủ yếu của nó là tính chịu nhiệt cao, có tác dụng làm nguội lớn, hoạt tính thấp đối với thép lỏng, tính trương nở nhiệt thấp.

Ở Việt Nam, được sử dụng nhiều nhất là Crômit Cổ Định, được phân làm 2 loại thường và mịn. Kích thước hạt crômit nói chung là 0,2 và 0,3 mm. Kích thước hạt thô nhất (0,6 mm) chiếm 5,3%; mịn nhất (kích thước <0,2 mm) chiếm 7,4%; lượng crômit tồn đọng theo kích thước mắt sàng. Phân loại

crômit mịn theo độ hạt, hạt mịn nhất (kích thước 0,06 mm) chiếm 80,2%, thô nhất (0,2 mm) chiếm 2,76%.

### 3.2. Cát thạch anh

Hiện nay cát thạch anh là loại cát khuôn được dùng nhiều nhất, chiếm tới trên 98% các loại khuôn được dùng trên thế giới. Trong cát thạch anh thì thành phần  $\text{SiO}_2$  chiếm tới trên 85%, còn lại là tạp chất.

Cát thạch anh dùng trong sản xuất đúc được chia thành 3 loại: cát trầm tích, cát kết (sandstone – sa thạch), cát thạch anh nhân tạo.

Ở nước ta, cát thạch anh được dùng để làm vật liệu khuôn nhiều nhất có thể kể đến cát Vân Hải (Cẩm Phả, Quảng Ninh), Cầu Cầm (Triều, Quảng Ninh), Quế Võ (Quế Võ, Bắc Ninh), Sông Công (Phổ Yên, Thái Nguyên), Phả Lại (Chí Linh, Hải Dương), sông Hồng, sông Đuống,...

## PHẦN 3. THỰC NGHIỆM

### CHƯƠNG 4. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

#### 4.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là hợp kim nhôm silic, rót trong 2 loại khuôn cát và cromit với chất dính là đất sét, thủy tinh lỏng trong môi trường chân không và thường nhằm xác định tính công nghệ cùng cơ tính và tổ chức tế vi của hợp kim trong các điều kiện khác nhau. Thành phần của hợp kim đúc và hỗn hợp khuôn được cho trong bảng dưới.

*Bảng 4.1. Thành phần hợp kim ACD12*

Hợp kim	Thành phần hóa học (%)								
	Cu	Si	Mg	Zn	Fe	Mn	Ni	Sn	Al
ACD12	1,5-3,5	9,6-12	<3	<1	<0,9	<0,5	<0,5	<0,3	Còn lại

*Bảng 4.2. Thành phần hỗn hợp cát/cromit-sét*

Thành phần	Tỉ lệ (%)
Cát mới Đà Nẵng/Cromit	84 – 84,5
Sét Bentonit Di Linh	8
Độ ẩm	4,5
Bụi than	3 – 3,5

*Bảng 4.3. Thành phần hỗn hợp cát/cromit thủy tinh lỏng đóng rắn bằng  $\text{CO}_2$*

Thành phần	Tỉ lệ (%)
------------	-----------



Cát mới Đà Nẵng/Cromit	92
Thủy tinh lỏng	8

#### 4.2. Nội dung nghiên cứu

- Xác định tính chất công nghệ của hợp kim đúc trong các loại khuôn ở các điều kiện khác nhau (tính chảy loãng)
- Xác định thông số đông đặc của vật đúc trong các loại khuôn và điều kiện khác nhau
- Xác định cơ tính và tổ chức tế vi của vật đúc
- Xác định hệ số khuếch tán nhiệt độ của khuôn
- Từ hệ số khuếch tán nhiệt độ của khuôn, xác định thông số đông đặc của vật đúc bằng phương pháp số

#### 4.3. Phương pháp nghiên cứu

- Độ chảy loãng trong các loại khuôn được xác định bằng hệ mẫu xoắn bằng gỗ. Chiều dài vòng xoắn (mm) phản ánh độ chảy loãng hay tính đúc của hợp kim trong điều kiện thí nghiệm.
- Thông số đông đặc của vật đúc được xác định thông qua chiều dày đông đặc bằng phương pháp rót ra ngoài. Sử dụng phương trình Chvorinov sẽ xác định được hệ số đông đặc k.
- Cơ tính của vật đúc được đánh giá qua độ bền kéo ( $R_m$ ) và độ cứng (HB). Mẫu thử độ bền kéo được đúc trực tiếp trong các hỗn hợp khuôn, không qua tiện mẫu mà thử kéo luôn nhằm đánh giá được độ bền của lớp da đúc. Sau khi thử độ bền kéo, mẫu được mang đi đo độ cứng HB và soi tổ chức bằng kính hiển vi quang học.
- Hệ số khuếch tán nhiệt độ của khuôn được xác định thông qua trường nhiệt độ đo đạc được trong khuôn nhờ thiết bị đo chuyên dụng. Với trường nhiệt độ thu được, giải bài toán ngược của phương trình truyền nhiệt bằng phương pháp sai phân hiển sẽ thu được hệ số khuếch tán nhiệt độ  $a$  của các loại hỗn hợp khuôn.
- Với các hệ số khuếch tán nhiệt độ của khuôn vừa tìm được, bằng phương pháp số sẽ xác định được thời gian đông đặc của hợp kim khi rót trong các loại khuôn đó, qua đó tính được hệ số đông đặc

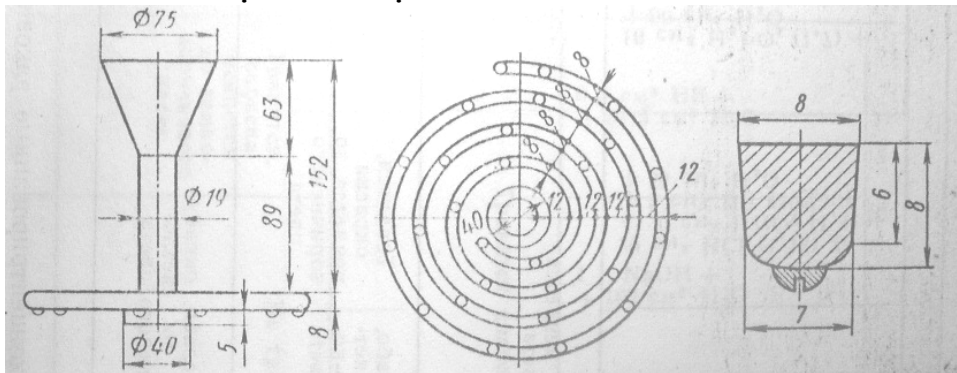
#### 4.4. Thiết bị nghiên cứu

Gồm các thiết bị như hệ thống hút chân không đạt độ chân không đến 680 mmHg, buồng hút chân không tự chế để đặt khuôn mẫu vào trong, lò điện trở LINN để nấu hợp kim, thiết bị đo nhiệt độ điều khiển bằng máy tính, các thiết bị kiểm tra cơ tính, kính hiển vi quang học cùng các thiết bị phụ trợ khác.

### CHƯƠNG 5. NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC LOẠI KHUÔN VÀ ĐIỀU KIỆN NGUỘI ĐẾN TÍNH ĐÚC CỦA ADC12

#### 5.1. Phương pháp xác định độ chảy loãng

Mẫu có dạng hình xoắn từ tâm vòng ra ngoài. Tiết diện của mẫu hình thang cân. Mẫu được đặt trên một mặt phẳng nằm ngang, trên mỗi đoạn dài được đánh dấu. Độ chảy loãng, hay mức độ điền đầy khuôn được đánh giá bằng độ dài của rãnh xoắn mà kim loại lỏng chảy tới được. Hình dạng và kích thước của mẫu xoắn được biểu thị chi tiết trên hình 5.1

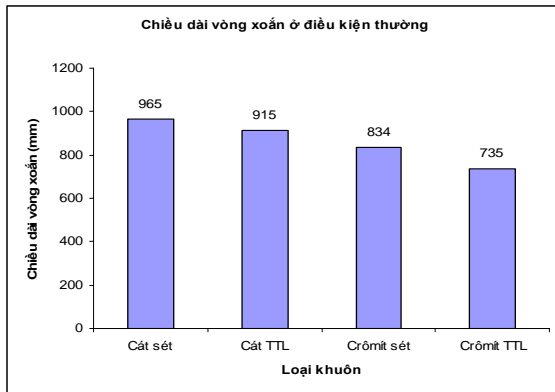


Hình 5.1. Mẫu thử tính chảy loãng dạng xoắn

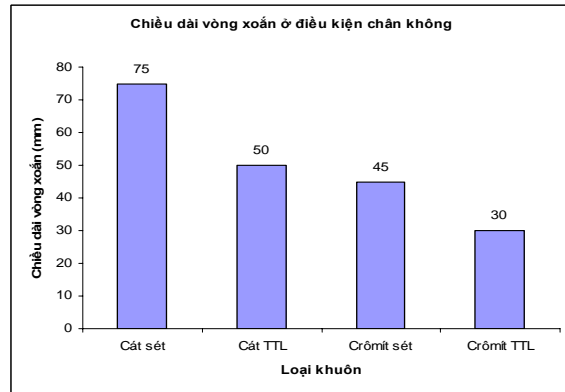
Hợp kim ADC12 được nấu chảy và rót trong 4 loại hỗn hợp khuôn đã chuẩn bị sẵn trong môi trường thường và môi trường chân không (áp suất chân không đạt 680 mmHg). Chiều dài vòng xoắn thể hiện tính chảy loãng (tính đúc) của hợp kim trong các loại khuôn này.

#### 5.2. Kết quả thí nghiệm

Hình 5.2 và 5.3 là kết quả đo chiều dài vòng xoắn của hợp kim ADC12 rót trong các loại khuôn khác nhau ở điều kiện thường và chân không. Kết quả cho thấy tính điền đầy của hợp kim trong khuôn cát sét là tốt nhất và giảm dần theo thứ tự khuôn cát thủy tinh lỏng, khuôn cromit sét, cuối cùng là khuôn cromit thủy tinh lỏng. Khả năng điền đầy trong môi trường chân không thấp hơn 20 lần so với trong môi trường thường.



Hình 5.2. Chiều dài vòng xoắn kim loại ở điều kiện thường



Hình 5.3. Chiều dài vòng xoắn kim loại ở điều kiện chân không

Tiến hành thay đổi đường kính ống rót và nhiệt độ rót với các loại khuôn trong điều kiện chân không, kết quả cho hay khả năng điền đầy tăng khi nhiệt độ rót và đường kính ống rót tăng.

## CHƯƠNG 6. NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH THÔNG SỐ ĐÔNG ĐẶC CỦA VẬT ĐÚC TRONG CÁC LOẠI KHUÔN Ở ĐIỀU KIỆN KHÁC NHAU

### 6.1. Phương pháp xác định thông số đông đặc

Sử dụng phương pháp D. Saito để nghiên cứu xác định thông số đông đặc của khuôn đúc.

Dụng cụ thí nghiệm gồm mẫu đúc hình trụ có đường kính  $\phi = 50\text{mm}$  và cao đúng bằng chiều cao của hòm. Hòm khuôn hình trụ,  $\phi = 140\text{mm}$ , có hình dạng như hình 6.1.

Hợp kim ADC12 được nấu chảy và rót ở nhiệt độ  $700^{\circ}\text{C}$  trong các loại khuôn như ở thí nghiệm xác định độ chảy loãng, khảo sát ở điều kiện thường và chân không. Ứng với mỗi thời gian khảo sát, tháo đáy của hòm khuôn để nhôm lỏng chảy ra, phần nhôm đã kết tinh được đem đi đo đặc và tính toán chiều dày đông đặc. Dựa vào phương trình Chvorinov, sẽ tính được



Hình 6.1. Hòm khuôn dùng trong thí nghiệm xác định thông số đông đặc

hệ số đông đặc k.

## 6.2. Kết quả thí nghiệm

Tiến hành thí nghiệm với khuôn cát và cromit thủy tinh lỏng trong môi trường thường và môi trường chân không. Kết quả thu được như sau:

*Bảng 6.1. Hệ số đông đặc trung bình tính toán được*

Loại khuôn	Cát thủy tinh lỏng		Cromit thủy tinh lỏng	
	Thường	Chân không	Thường	Chân không
Hệ số đông đặc $k_{tb}$	1,259	1,405	1,593	1,756

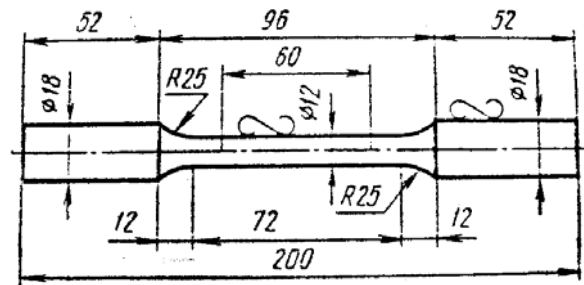
Như vậy có thể thấy ở cùng điều kiện môi trường, hệ số đông đặc của khuôn cromit lớn hơn khuôn cát. Cùng loại khuôn, hệ số đông đặc trong chân không lớn hơn ở điều kiện thường.

## CHƯƠNG 7. NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA HỖ HỢP KHUÔN VÀ ĐIỀU KIỆN NGUỘI TỐI CƠ TÍNH VÀ TỔ CHỨC

### 7.1. Phương pháp đánh giá cơ tính và tổ chức của hợp kim

Cơ tính của hợp kim nhôm được đánh giá thông qua độ bền, độ cứng và độ dẫn dài. Do điều kiện hạn chế, nên ở đây chúng tôi chỉ có thể đánh giá độ bền và độ cứng.

Thông thường người ta đánh giá độ bền của nhôm bằng độ bền kéo. Mẫu thử độ bền kéo được chế tạo theo mẫu chuẩn có hình dạng và kích thước mẫu đúc được cho như hình 7.1. Do vỏ hợp kim nhôm đúc có độ bền cao hơn trong lõi nên mẫu đúc ra không tiện mà mang đi thử kéo luôn.



*Hình 7.1. Mẫu thử độ bền kéo*

Độ cứng được đo theo thang HB, bằng máy thô đại, tải trọng 750kg

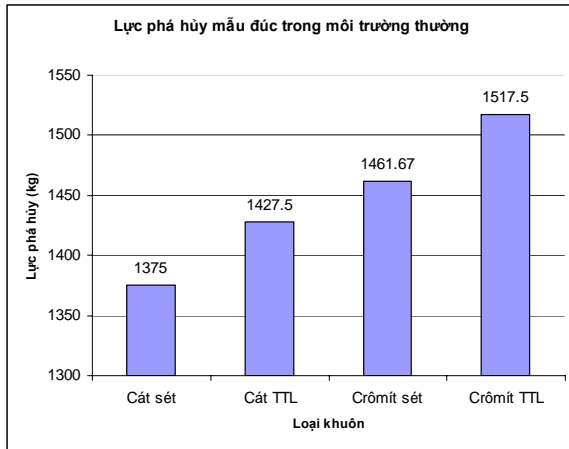
Tổ chức tế vi được nghiên cứu bằng kính hiển vi quang học Leica DFC 490 của Đức có độ phóng đại lên đến 1000 lần.

### 7.2. Kết quả thí nghiệm

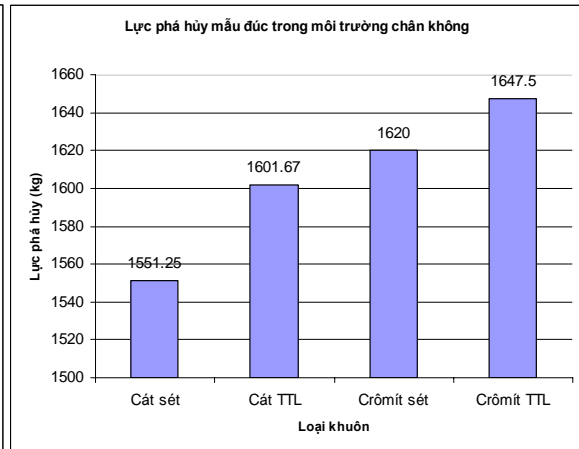
a) Kết quả thí nghiệm về cơ tính

- Độ bền của mẫu đúc trong khuôn cát sét cao hơn so với khi đúc trong khuôn cát thủy tinh lỏng
- Độ bền khi đúc trong khuôn cromit cao hơn so với đúc trong khuôn cát thạch anh

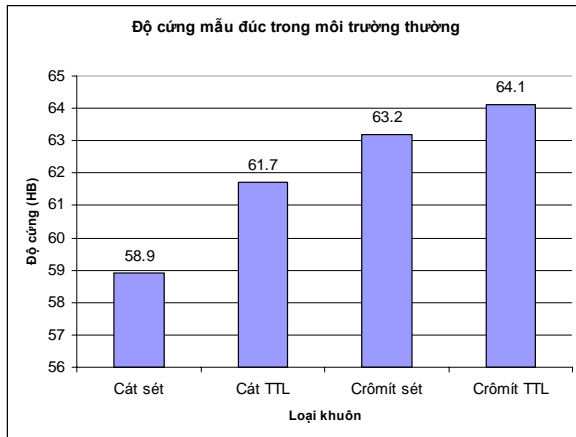
- Cùng một loại khuôn, độ bền của các mẫu đúc trong điều kiện chân không cao hơn so với trong điều kiện thường
- Độ cứng trong khuôn cromit lớn hơn so với khuôn cát
- Độ cứng trong khuôn dùng chất dính là sét thấp hơn so với chất dính là thủy tinh lỏng.



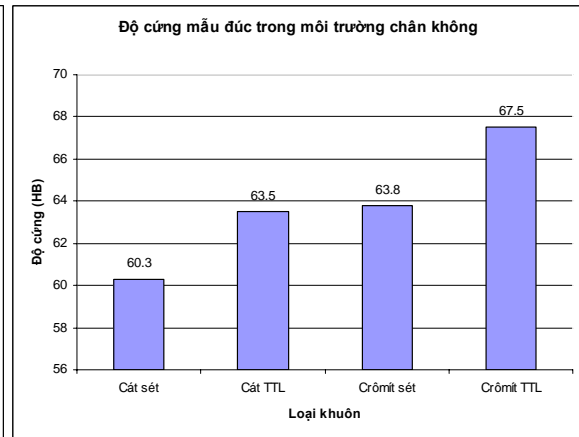
Hình 7.2. Lực phá hủy mẫu trong các khuôn khác nhau ở điều kiện thường



Hình 7.3. Lực phá hủy mẫu trong các khuôn khác nhau ở điều kiện chân không



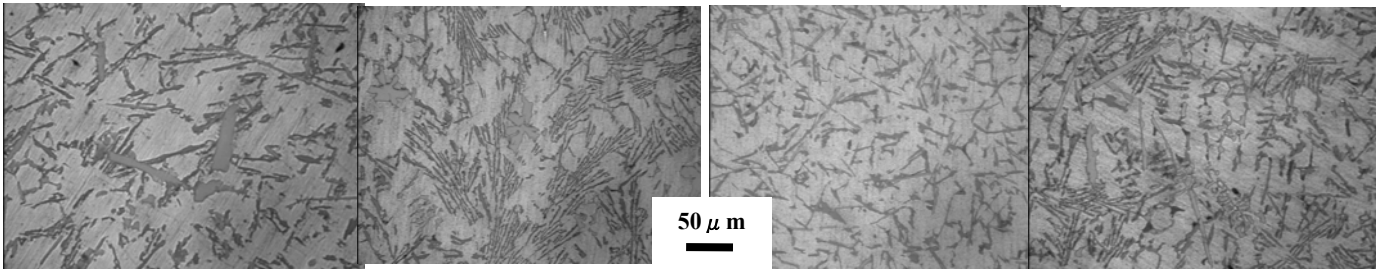
Hình 7.4. Độ cứng mẫu trong các loại khuôn khác nhau ở điều kiện thường



Hình 7.5. Độ cứng mẫu trong các loại khuôn khác nhau ở điều kiện chân không

b) Kết quả khảo sát tổ chức tế vi

- Trong cùng điều kiện, tổ chức hình kim silic trong khuôn cát sét thô to hơn trong khuôn cát thuỷ tinh lỏng, rồi tiếp đến là tổ chức trong khuôn cromit sét, mịn nhất là trong khuôn cromit thuỷ tinh lỏng
- Với cùng 1 loại khuôn, tổ chức tế vi của hợp kim trong môi trường thường thô to hơn so với trong chân không



Khuôn cát sét thường/ chân không

Khuôn cromit sét thường/ chân không

## CHƯƠNG 8. XÁC ĐỊNH TRƯỜNG NHIỆT ĐỘ VÀ HỆ SỐ KHUẾCH TÁN NHIỆT ĐỘ TRONG CÁC LOẠI KHUÔN CÁT Ở ĐIỀU KIỆN KHÁC NHAU

### 8.1. Phương pháp nghiên cứu khi xác định trường nhiệt độ

Dùng các cặp nhiệt Cromel-Alumel, một đầu được nối với thiết bị đo nhiệt độ (Omega Tempscan 1100) và một đầu được đặt tại các vị trí khác nhau của khuôn hoặc tâm vật đúc. Sử dụng phần mềm chuyên dụng sẽ ghi được giá trị nhiệt độ của các cặp nhiệt tại những thời điểm khác nhau

Xử lý số liệu thí nghiệm trên các đường cong nhiệt độ - thời gian ở các vị trí khác nhau trong khuôn, được tập hợp các giá trị hệ số khuếch tán nhiệt độ  $a$  của khuôn trong các điều kiện thí nghiệm khác nhau.

Việc xác định hệ số khuếch tán nhiệt độ  $a$  của hỗn hợp làm khuôn theo trường nhiệt độ thực chất là quá trình giải bài toán ngược của phương trình truyền nhiệt Fourier. Vì vậy, từ các kết quả thực nghiệm đo được, sử dụng phương pháp sai phân hữu hạn sẽ tính toán được hệ số  $a$  của hỗn hợp khuôn cát trong các điều kiện môi trường khác nhau.

Để giải bài toán truyền nhiệt không ổn định của hệ vật đúc/khuôn đúc trong không gian hai chiều  $T = T(x,y,t)$ , vật đúc có kích thước  $a.b.c = 100.100.30$  (mm. mm. mm).

Tiến hành khảo sát sự phân bố nhiệt độ theo chiều dày vật đúc và chiều cao khuôn để xét ảnh hưởng của môi trường không khí tới quá trình làm nguội của kim loại ở bề mặt thoáng của kim loại và ảnh hưởng của khuôn đối với đáy vật đúc nên phương trình truyền nhiệt trong hệ được giải là bài toán truyền nhiệt không ổn định trong không gian hai chiều - xét theo nửa chiều dày vật đúc (15 mm) và chiều cao vật đúc (100 mm) tiếp xúc với đáy khuôn. Không xét sự phân bố nhiệt độ theo chiều thứ ba (cạnh rộng 100 mm) vì theo quy ước có giá trị lớn trên 5 lần nửa chiều dày vật đúc. Hệ thống cặp nhiệt trong khuôn sẽ được đặt cách bề mặt tiếp xúc với vật đúc lần lượt là 5, 10, 15, 20 và 25 mm – thỏa mãn điều kiện ổn định.

## 8.2. Kết quả thí nghiệm

### a) Kết quả thí nghiệm về trường nhiệt độ

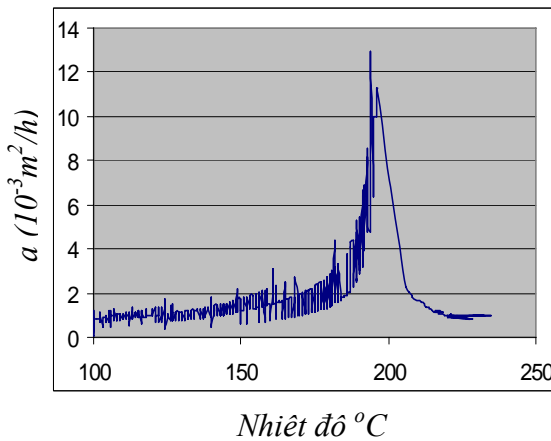
- Đường cong nhiệt độ của các loại khuôn đều có một giai đoạn nằm ngang tại nhiệt độ 100 °C, đó chính là do ở nhiệt độ này (100 °C) ẩm chứa trong hỗn hợp khuôn bốc hơi
- Cùng một loại khuôn đúc, khi rót trong điều kiện áp suất thấp thì độ dốc của đường cong nhiệt độ sẽ lớn hơn so với các đường cong nhiệt độ của khuôn đúc rót trong điều kiện môi trường thường. Tốc độ truyền nhiệt của khuôn đúc trong môi trường áp suất thấp sẽ nhanh hơn so với trong môi trường thường. Do lớp đệm không khí giữa bề mặt kim loại lỏng và thành khuôn bị triệt tiêu gần như hoàn toàn trong môi trường áp suất thấp nên quá trình truyền nhiệt ở đây chủ yếu theo phương thức dẫn nhiệt
- Cùng chất kết dính song khuôn cromit có khả năng truyền nhiệt nhanh hơn khuôn cát do bản thân cromit có hệ số truyền nhiệt lớn hơn
- Trong cùng điều kiện, tác dụng của áp suất chân không có ảnh hưởng đối với quá trình truyền nhiệt
- Ở cùng môi trường, hỗn hợp khuôn cromit thủy tinh lỏng có khả năng truyền nhiệt nhanh nhất, thứ đến là khuôn cromit sét, tiếp đến là khuôn cát thủy tinh lỏng và cuối cùng là khuôn cát sét

### b) Kết quả tính toán hệ số khuếch tán nhiệt độ (a)

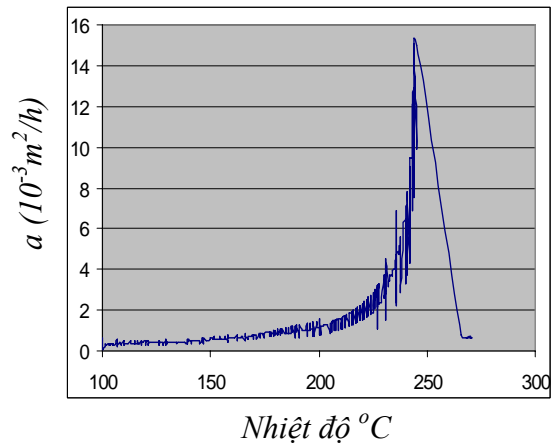
Dựa vào phương trình sai phân giải phương trình truyền nhiệt, khi biết giá trị của nhiệt ở mọi vị trí ứng với từng thời điểm, có thể tính toán được hệ số khuếch tán nhiệt độ ( $a$ ) theo công thức sau:

$$a = \frac{(T_{(i,k+1)} - T_{(i,k)})}{(T_{(i-1,k)} - 2T_{(i,k)} + T_{(i+1,k)})} \times \frac{\Delta x^2}{\Delta \tau} \quad [\text{m}^2/\text{h}]$$

Sau khi thu được tập hợp giá trị của  $a$  rời rạc, ta xây dựng được đường cong quan hệ giữa hệ số khuếch tán nhiệt độ  $a$  và nhiệt độ  $T$ ,  $a = a(T)$ .



Hình 8.1. Đường cong  $a$  rời rạc của khuôn cát sét ở môi trường thường theo  $T$



Hình 8.2. Đường cong  $a$  rời rạc của khuôn cromit sét ở môi trường thường theo  $T$

### 8.3. Khảo sát quá trình đông đặc bằng phương pháp số

Từ tập hợp giá trị hệ số khuếch tán nhiệt độ  $a$  thu được bằng cách giải bài toán ngược của phương trình truyền nhiệt viết dưới dạng sai phân, sau khi xử lý số liệu thực nghiệm, ta thu được các giá trị bình quân như sau:

Bảng 8.1. Giá trị hệ số khuếch tán nhiệt độ  $a$  của các loại khuôn

No.	Loại khuôn	Hệ số khuếch tán nhiệt độ $a$ ( $\text{m}^2/\text{s}$ ). $10^{-7}$	
		Môi trường thường	Môi trường chân không
1	Cát sét	1,78	2,26
2	Cát thủy tinh lỏng	2,14	2,49
3	Cromit sét	1,91	2,5
4	Cromit thủy tinh lỏng	2,29	2,67

Giải trường nhiệt độ không ổn định trong không gian 2 chiều  $T = T(x,y,t)$ , trong đó  $x$  - tọa độ chứa chiều dày vật đúc,  $y$  - tọa độ chứa chiều cao vật đúc,  $t$  - thời gian.



Phương trình truyền nhiệt không ổn định trong hệ vật đúc/khuôn đúc được giải bằng phương pháp sai phân với bước không gian là  $\Delta x = 5\text{mm}$ ,  $\Delta y = 10\text{mm}$ , bước sai phân thời gian là  $\Delta t = 0.1\text{s}$ , thỏa mãn điều kiện ổn định Courant, khảo sát theo 2 trường hợp có xét tới thời gian rót (10 s) và không xét tới thời gian rót.

Từ kết quả thu được các giá trị trường nhiệt độ trong hệ vật đúc/khuôn đúc xác định được thời gian đông đặc của vật đúc và suy ra hệ số đông đặc của vật đúc. Kết quả tổng hợp như bảng 8.2

*Bảng 8.2. Hệ số đông đặc k tính toán bằng phương pháp số*

Khuôn	Cát sét		Cát thủy tinh		Cromit sét		Cromit thủy tinh	
	Thường	Chân không	Thường	Chân không	Thường	Chân không	Thường	Chân không
$k_1$ (có xét tới)	1,195	1,304	1,278	1,352	1,491	1,661	1,602	1,705
$k_0$ (không xét tới)	1,221	1,337	1,31	1,39	1,54	1,83	1,661	1,882

*Phân tích và đánh giá kết quả:*

- Hệ số đông đặc khi có xét tới thời gian rót nhỏ hơn khi không xét thời gian rót, kết quả này phù hợp với thực tiễn hơn các cách giải trước đây khi quan niệm rằng khi kim loại đã điền đầy xong khuôn quá trình đông đặc mới xảy ra
- Cùng một loại vật liệu làm khuôn, dùng chất dính là thủy tinh lỏng thì hệ số đông đặc cao hơn so với khi dùng sét làm chất dính, có nghĩa tốc độ nguội của vật liệu vật đúc nhanh hơn
- Tính chất dẫn nhiệt của hỗn hợp khuôn cromit cao hơn so với hỗn hợp khuôn cát, do đó vật đúc nguội trong khuôn này sẽ nhanh hơn so với hỗn hợp khuôn cát, dẫn đến hệ số đông đặc có giá trị lớn hơn
- Hợp kim nguội trong khuôn dưới tác dụng của môi trường chân không nhanh hơn so với môi trường bình thường với đặc trưng là hệ số đông đặc ở đây cao hơn
- Kết quả tính toán theo trường nhiệt độ phù hợp với kết quả thí nghiệm

## CHƯƠNG 9. KHẢO SÁT QUÁ TRÌNH ĐÔNG ĐẶC CỦA THÉP KHÔNG GỈ TRONG CÁC ĐIỀU KIỆN KHÁC NHAU

- **Quá trình thực nghiệm:** được tiến hành ở Viện Công nghệ – Bộ Công Thương với mẫu thí nghiệm trên loại nguyên liệu thép không gỉ

(08Cr18Ni10) trong khuôn khuôn cát với chất dính là thủy tinh lỏng. Nhiệm vụ là thông qua trường nhiệt độ trên vật đúc và khuôn đúc để xác định thông số đông đặc của vật đúc trong thực tiễn sản xuất.

- **Thép không gỉ:** là loại thép hợp kim có khả năng chống ăn mòn của axit, kiềm và nước trong môi trường khí quyển, nước biển và nước sông hoặc trong một số môi trường ăn mòn khác. Ở nước ta hiện nay rất nhiều cơ sở sản xuất tiến hành đúc thép không gỉ phục vụ cho nhu cầu kinh tế quốc dân như công ty Lilama Hải Dương, các xí nghiệp thuộc Bộ Quốc phòng, các công ty thuộc Bộ Công nghiệp...

- Hợp kim thép không gỉ được rót trong khuôn cát thủy tinh lỏng, trong môi trường thường và môi trường chân không như đã thí nghiệm khi đúc hợp kim Silumin.

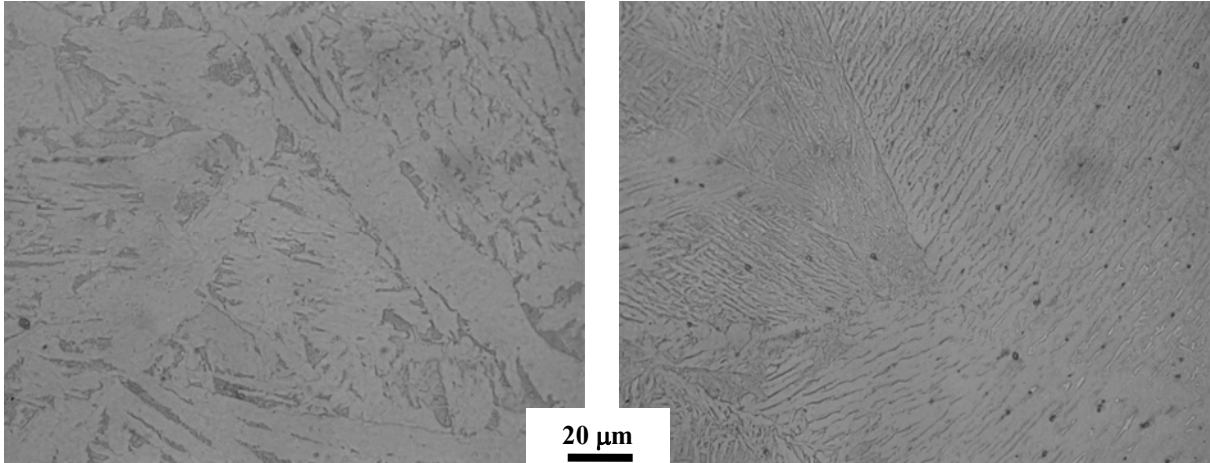
- Vật đúc có hình dạng giống như mẫu khi thí nghiệm đúc hợp kim silumin. Sử dụng mạng sai phân để tính toán trường nhiệt độ trong hệ vật đúc thép không gỉ và khuôn với bước sai phân không gian  $\Delta x = 5 \text{ mm}$ ,  $\Delta y = 10 \text{ mm}$ , bước sai phân thời gian  $\Delta t = 0,1 \text{ s}$ . Quá trình tính toán sẽ dừng lại sau khi vật đúc đông đặc hoàn toàn.

- Hệ số đông đặc được xác định dựa trên kết quả tính toán trường thời gian đông đặc, có xét tới thời gian rót, kết quả cụ thể như sau:

*Bảng 9.1. Trường thời gian đông đặc của thép không gỉ rót trong khuôn cát thủy tinh lỏng*

<u>Trong môi trường thường</u>			<u>Trong môi trường chân không</u>		
20.0	30.0	32.0	20.0	28.0	32.0
30.0	50.0	56.0	28.0	48.0	54.0
32.0	58.0	64.0	28.0	54.0	60.0
30.0	60.0	68.0	26.0	54.0	62.0
30.0	60.0	68.0	26.0	54.0	62.0
28.0	58.0	66.0	24.0	52.0	60.0
28.0	56.0	64.0	24.0	52.0	60.0
26.0	54.0	62.0	22.0	50.0	56.0
24.0	48.0	54.0	20.0	44.0	50.0
18.0	34.0	40.0	14.0	30.0	36.0
<i>Hệ số đông đặc k: 1.81</i>			<i>Hệ số đông đặc k: 1.91</i>		

Tổ chức tế vi được đo đạc trên mẫu nghiệm đúc trong môi trường thường và môi trường chân không được trình bày ở dưới (hình 9.1 và 9.2)



Hình 9.2. Tổ chức tế vi của vật đúc khi rót trong điều kiện thường

Hình 9.2. Tổ chức tế vi của vật đúc khi rót trong điều kiện chân không

#### - Phân tích đánh giá kết quả

- Quy luật đông đặc ở đây diễn biến giống như khi thí nghiệm đúc hợp kim silumin. Vật đúc đông đặc trong điều kiện có hút chân không nhanh hơn so với khi đông đặc trong điều kiện thường, được đặc trưng bằng hệ số đông đặc. Với hỗn hợp khuôn cát ở điều kiện thường thì hệ số đông đặc của thép 08Cr18Ni10 có giá trị bằng 1,81 và khi rót trong điều kiện có hút chân không thì hệ số đó có giá trị bằng 1,91
- So với hợp kim silumin thì hệ số đông đặc của thép không gỉ 08Cr18Ni10 cao hơn, bởi vì tính chất nhiệt lý của thép không gỉ cao hơn so với hợp kim silumin
- Quá trình đông đặc của vật đúc xảy ra bắt đầu từ lớp biên tiếp xúc với khuôn, đông đặc sau cùng là lớp phân tổ nằm ở tâm. Tuy nhiên phân tổ đông đặc sau cùng nằm ở vị trí giữa vật đúc, trên bề mặt thoáng tốc độ đông đặc nhanh hơn vì chịu tác dụng của môi trường không khí bên ngoài làm nguội (điều kiện biên loại 3), phân tổ nằm ở đáy vật đúc tiếp xúc với khuôn, chịu tác động làm nguội của khuôn (điều kiện biên loại 4). Do đó, khi tính toán hệ số đông đặc phải xét tới phần đông đặc cuối cùng

của vật đúc. Đây là ưu điểm của việc giải bài toán truyền nhiệt không ổn định cho mô hình khảo sát trong không gian 2 chiều [ $T = T(x,y,t)$ ]. Từ mô hình này thấy được rất rõ sự biến thiên nhiệt độ theo chiều cao của vật đúc mà ở các bài toán truyền nhiệt 1 chiều người ta đã bỏ qua

- Tốc độ đông đặc ở gần bề mặt biên vật đúc lớn hơn so với vị trí tâm vật đúc, tốc độ đông đặc ở các thời gian sau khi rót lớn hơn tốc độ đông đặc ở các thời điểm tiếp theo. Hoàn toàn phù hợp quy luật kết tinh 3 lớp theo lý thuyết đông đặc của Tchenov
- Sau khi kim loại hoàn toàn đông đặc, ở lớp bề mặt vật đúc tiếp xúc với khuôn (cát thủy tinh lỏng) có hiện tượng ủ cục bộ. Nhiệt độ bề mặt ở bước thứ 35 (sau khi rót 70s) là  $1453^{\circ}\text{C}$ , ở bước 30 (sau khi rót 60s) là  $1448^{\circ}\text{C}$  - hàng 4, nhiệt độ tăng  $7^{\circ}\text{C}$ ; tương tự ở hàng 5 là :  $1454^{\circ}\text{C}$  (bước thứ 35, sau khi rót 70 s), và  $1449^{\circ}\text{C}$  (bước thứ 30, sau khi rót 60 s), nhiệt độ tăng  $6^{\circ}\text{C}$ , tốc độ nguội ở lớp bề mặt là  $0,6 - 0,8^{\circ}\text{C/s}$  ở tâm vật đúc là  $1,4^{\circ}\text{C/s}$  --- tốc độ nguội ở tâm vật đúc lớn hơn tốc độ bề mặt trong cùng điều kiện. Tương tự, trong khuôn cát thủy tinh lỏng môi trường chân không ở bước thứ 30, nhiệt độ cao nhất ở tâm vật đúc là  $1505^{\circ}\text{C}$ , nhiệt độ của lớp bề mặt trên cùng chiều cao là  $1450^{\circ}\text{C}$ . Ở bước thứ 35 nhiệt độ ở tâm vật đúc hàng 5 là  $1540^{\circ}\text{C}$ , nhiệt độ của lớp bề mặt tương ứng là  $1451^{\circ}\text{C}$ , tốc độ nguội ở tâm vật đúc cùng chiều cao là  $3,6^{\circ}\text{C/s}$ , ở bề mặt vật đúc là  $0,6^{\circ}\text{C/s}$  - tốc độ nguội ở tâm vật đúc cao hơn ở bề mặt. Cũng do tốc độ nguội cục bộ không đều mặc dù trên một tiết diện đồng đều, rất dễ xảy ra ứng suất nhiệt gây nên nứt nóng. Có thể khai thác các giá trị nhiệt độ trên trường nhiệt độ để có biện pháp khắc phục khuyết tật
- Tổ chức tế vi của thép không gỉ đúc trong điều kiện có hút chân không mịn hơn so với trường hợp đúc trong điều kiện thường

## KẾT LUẬN

### ẢNH HƯỞNG CỦA ĐIỀU KIỆN NGUỘI TỚI QUÁ TRÌNH ĐÔNG ĐẶC CỦA VẬT ĐÚC

Các kết quả nghiên cứu trong luận án cho hay:

#### ***Về ảnh hưởng của thời gian rót:***

Thời gian rót rõ ràng làm quá trình đông đặc chậm lại, hệ số đông đặc sẽ giảm. Ví dụ khi đúc trong môi trường chân không, hệ số đông đặc trong khuôn cát sét là 1,304 (có xét thời gian rót) và 1,337 (không xét thời gian rót); hệ số đông đặc trong khuôn cromit thủy tinh lỏng là 1,705 (có xét thời gian rót) và 1,775 (không xét thời gian rót).

#### ***Về ảnh hưởng của tính chất nhiệt lý của khuôn đối với quá trình đông đặc:***

Khuôn có tính chất nhiệt lý cao, quá trình đông đặc sẽ diễn biến nhanh hơn, hệ số đông đặc sẽ cao hơn. Ví dụ hệ số đông đặc của hợp kim silumin rót trong khuôn cát có giá trị từ 1,195 đến 1,278; rót trong hỗn hợp khuôn cromit có giá trị từ 1,49 đến 1,602.

#### ***Về ảnh hưởng của chất dính:***

Chất dính làm thay đổi tính chất nhiệt lý của hỗn hợp khuôn dẫn đến làm thay đổi giá trị hệ số đông đặc, mặc dù chất dính chỉ được coi như là một loại vi lượng chất phụ gia. Ví dụ hỗn hợp khuôn dùng chất dính là thủy tinh lỏng thì khả năng dẫn nhiệt của khuôn cao hơn so với chất dính sét, từ đó hệ số đông đặc của khuôn dính kết bằng thủy tinh lỏng cao hơn so với hỗn hợp khuôn dùng sét làm chất dính.

#### ***Về ảnh hưởng của môi trường chân không đối với quá trình đông đặc:***

Do tác dụng của môi trường chân không, quá trình đông đặc diễn biến nhanh hơn so với quá trình đúc trong môi trường thường. Ở đây quan hệ giữa nhiệt độ và áp suất (chân không) không tuân theo định luật Charles mà quan hệ giữa chúng là quan hệ căn số bậc 2.

#### ***Về ảnh hưởng của tính chất vật liệu vật đúc đối với quá trình đông đặc:***

Vật liệu vật đúc có tính chất nhiệt lý cao quá trình đông đặc sẽ diễn biến nhanh hơn. Ví dụ quá trình đông đặc của hợp kim 08Cr18Ni10 nhanh hơn so với hợp kim silumin khi đúc vào cùng một loại khuôn.

#### ***Về ảnh hưởng của môi trường chân không đối với tính chất công nghệ:***

Độ chảy loãng của hợp kim đúc được đo trong thí nghiệm xét khả năng điền đầy kim loại lỏng trong khuôn ở môi trường thường và môi trường chân

không cho hay khả năng điền đầy của hợp kim trong khuôn cát sét là tốt nhất và giảm dần theo thứ tự khuôn cát thạch anh thủy tinh lỏng đóng rắn bằng CO<sub>2</sub>, khuôn cromit sét và cuối cùng là khuôn cromit thủy tinh lỏng đóng rắn bằng CO<sub>2</sub>. Ở đây là khả năng điền đầy giảm rất mạnh so với thí nghiệm khi không có tác dụng của chân không.

***Về ảnh hưởng của các loại khuôn đúc trong môi trường chân không đối với cơ tính:***

Độ bền của mẫu đúc trong khuôn cát thủy tinh lỏng cao hơn so với đúc trong khuôn cát sét và đúc trong khuôn cromit cao hơn so với khi đúc trong khuôn cát thạch anh. Cùng một loại khuôn, độ bền của các mẫu đúc trong điều kiện chân không cao hơn so với đúc trong điều kiện thường.

Độ cứng của các mẫu khi đúc trong chân không tăng khi khuôn có độ dẫn nhiệt cao hơn.

***Về ảnh hưởng của môi trường chân không đối với tổ chức tế vi:***

Đúc trong điều kiện thường, tổ chức tế vi của mẫu có tồn tại các pha hình kim silic. Tổ chức hình kim silic trong khuôn cát sét thô to hơn trong khuôn cát thủy tinh lỏng, rồi tiếp đến là tổ chức trong khuôn cromit sét, mịn nhất là trong khuôn cromit thủy tinh lỏng

Ở mẫu đúc trong điều kiện hút chân không cũng tồn tại các pha hình kim silic. Tổ chức hình kim silic trong khuôn cát sét thô to hơn so với mẫu đúc trong khuôn cát thủy tinh lỏng, tiếp đến là tổ chức mẫu đúc trong khuôn cromit sét, mịn nhất là trong khuôn cromit thủy tinh lỏng.

So sánh ảnh tổ chức tế vi của hợp kim nhôm ADC12 đúc trong khuôn cát thủy tinh lỏng đóng rắn bằng CO<sub>2</sub> và khuôn cromit thủy tinh lỏng đóng rắn bằng CO<sub>2</sub> ở môi trường thường và môi trường áp suất thấp, thấy rằng các hạt Si của hợp kim đúc trong môi trường áp thấp nhỏ mịn hơn so với các hạt Si của hợp kim đúc trong môi trường thường, vì dưới tác dụng của áp suất thấp (chân không) khuôn có khả năng truyền nhiệt nhanh hơn, tổ chức kim loại cũng xít chặt hơn.

## NHỮNG KẾT QUẢ MỚI CỦA LUẬN ÁN

Từ những phân tích nêu trên có thể thấy những ***kết quả mới*** đóng góp cho việc nghiên cứu «***A******nh hưởng của điều kiện nguội trong khuôn cát tới quá trình đông đặc của vật đúc***» là:

1. Quá trình đông đặc của vật đúc trong khuôn dưới tác dụng của môi trường chân không nhanh hơn so với môi trường vắng mặt chân không đối chứng (hệ số đông đặc lớn hơn).
2. Cơ tính (giới hạn bền, độ cứng) của vật đúc đông đặc trong môi trường chân không cao hơn so với môi trường vắng mặt chân không đối chứng.
3. Khả năng điền đầy hợp kim lỏng trong khuôn dưới tác dụng của lực chân không nhỏ hơn so với môi trường vắng mặt chân không đối chứng.
4. Tổ chức tế vi của kim loại đúc trong môi trường chân không mịn hơn so với trường hợp đúc trong môi trường vắng mặt chân không đối chứng.
5. Có thể xác định hệ số khuếch tán nhiệt độ ( $\alpha$ ) của khuôn khi làm việc trong môi trường chân không thông qua xử lý kết quả đo đặc trưng nhiệt độ của khuôn (giải bài toán ngược của phương trình truyền nhiệt) mà với phương pháp đo đặc khác rất khó xác định.
6. Biết được trường nhiệt độ của hợp kim đúc ở trạng thái lỏng, việc nghiên cứu cơ chế đông đặc sẽ dễ dàng hơn so với các phương pháp truyền thống khác.
7. Có thể xác định được thông số đông đặc của vật đúc thông qua khảo sát trường nhiệt độ trong hệ vật đúc/khuôn đúc.

Có thể sử dụng những kết quả nghiên cứu này vào thực tiễn sản xuất trong trường hợp muốn cải thiện cơ tính, tổ chức tế vi của vật đúc khi giữ nguyên thành phần hoá học của vật đúc hoặc chỉ tác dụng lực chân không với mức độ chân không khác nhau trong công nghệ đúc hiện trường, đặc biệt là công nghệ đúc trong khuôn mẫu tiêu đang được nhiều cơ sở sản xuất trong nước sử dụng. Hoặc đúc những chi tiết cần có tổ chức xít chặt dùng trong hệ thống dẫn khí, nước (hiệu quả do độ chảy loãng giảm).

Có thể theo dõi biến thiên nhiệt độ rất nhỏ trong phạm vi không gian - thời gian để nghiên cứu cơ chế đông đặc của các phương pháp công nghệ mới góp phần làm phong phú thêm học thuyết đông đặc.

Trong lĩnh vực đúc mỹ nghệ, sự có mặt của môi trường chân không sẽ làm rõ nét các phân tinh tế trên vật đúc và thay đổi tốc độ nguội của vật đúc

để điều chỉnh chiều dày khuôn, đồng thời có thể loại trừ được khuyết tật do môi trường không khí tự nhiên bên ngoài gây ra đối với vật đúc.

### CÁC ĐỀ XUẤT TIẾP TỤC NGHIÊN CỨU

Phát triển và hoàn thiện phương pháp nghiên cứu quá trình đông đặc của hệ vật đúc/khuôn đúc nhờ các biện pháp sau đây:

1. Tăng độ chính xác, mở rộng phạm vi đo đạc của các phương tiện đo nhiệt nhằm làm tăng độ tin cậy của nhiệt độ được đo.
2. Tính chất nhiệt lý của vật liệu thu được thông qua xử lý kết quả thí nghiệm đo trường nhiệt độ trong hệ vật đúc/khuôn đúc cần được nghiệm chứng bằng các phương pháp đo đạc hiện đại, tinh vi hơn.
3. Phương trình đông đặc được giải thông qua trường nhiệt độ cần được so sánh đối chứng với các phương pháp nghiên cứu khác (mô hình vật lý, mô hình điện, mô hình thủy lực...) để tùy điều kiện cụ thể có thể lựa chọn phương pháp thích hợp.
4. Kết hợp với các nhà toán học xác định độ chính xác của các mạng sai phân 5, 7, 9,  $2n+1$  điểm cũng như tăng số lượng các bước sai phân thời gian trước thời điểm khảo sát để tăng độ chính xác mạng, từ đó có thể lựa chọn mạng tối ưu khi giải phương trình truyền nhiệt mà nội dung này không nằm trong khuôn khổ luận án này.
5. Hoàn thiện các chương trình theo dõi quá trình đông đặc trong hệ vật đúc/khuôn đúc thiết lập từ nước ngoài đối với các công nghệ tiên tiến được chuyển giao và bổ sung thêm những thông tin đầu vào theo điều kiện trong nước nhằm làm chủ công nghệ, tăng chất lượng vật đúc và tăng hiệu quả kinh tế.