



1956 - 2006

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
50 NĂM XÂY DỰNG VÀ PHÁT TRIỂN

NGUYỄN HỮU DŨNG

CÁC PHƯƠNG PHÁP

**Đúc
đặc
biệt**



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
50 NĂM XÂY DỰNG VÀ PHÁT TRIỂN

NGUYỄN HỮU DŨNG

CÁC PHƯƠNG PHÁP
ĐÚC ĐẶC BIỆT



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI

LỜI NÓI ĐẦU

Đã từ lâu, hàng ngàn năm trước, loài người đã biết sử dụng nghệ thuật đúc để tạo ra những vật dụng cần thiết cho cuộc sống và đồ trang sức làm đẹp cho con người. Cùng với sự phát triển của khoa học kỹ thuật nói chung, kỹ thuật đúc cũng bắt kịp sự phát triển của khoa học kỹ thuật để đáp ứng những yêu cầu của sản xuất ngày càng hiện đại. Ngày nay, ngoài những phương pháp đúc trong khuôn cát sét truyền thống, các phương pháp đúc đặc biệt đã được chú ý phát triển và đã có những thành tựu tiến bộ kỹ thuật.

Đúc đặc biệt là phương pháp đúc có những đặc điểm khác với khuôn cát sét thông thường. Những điểm đặc biệt có thể là đặc biệt về nguyên liệu, đặc biệt về công nghệ, đặc biệt về cách rót và quá trình đông đặc khác với trọng trường. Đúc đặc biệt lại được chia làm hai loại công nghệ đặc biệt:

a) Đặc biệt về nguyên liệu và công nghệ làm khuôn: có thể kể đến khuôn mẫu chảy, khuôn mẫu chảy, khuôn vỏ gôm, khuôn làm theo phương pháp A, N, D, C, CO₂ và khuôn V (vacuum).

b) Đặc biệt về cách diễn đạt và tạo hình vật đúc: đó là đúc áp lực cao; đúc áp lực thấp, đúc kháng áp; đúc ly tâm; đúc hút chân không; đúc bán lỏng; đúc liên tục.

Ngày nay chúng ta đã thấy những chi tiết mà chỉ có đúc đặc biệt mới có thể giải quyết được, thí dụ, cánh tuabin nhà máy thủy điện, chân vịt tàu thủy cỡ lớn, tấm lớn làm thân máy bay... Đúc đặc biệt đã sử dụng những thành tựu của các ngành khác làm cơ sở lý thuyết để tiếp tục phát triển, thí dụ, hiện tượng khuếch tán trong đúc composit, tính dẻo nhớt trong đúc áp lực và đúc rheocasting...

Mỗi phương pháp đúc đặc biệt có những ưu và nhược điểm cũng như lĩnh vực sử dụng của riêng mình. Việc áp dụng phương pháp đúc nào cho từng chi tiết cụ thể phải được cân nhắc trên cơ sở các chỉ tiêu kinh tế, kỹ thuật của công nghệ đúc nói chung.

Giáo trình này nhằm cung cấp cho bạn đọc một số phương pháp đúc đặc biệt hiện đang được áp dụng rộng rãi ở Việt Nam cũng như các nước khác. Tác giả cũng cố gắng kết hợp những kiến thức kinh điển với những kiến thức mới về kỹ

thuật đức để bạn đọc tiện tham khảo. Trong quá trình biên soạn chắc chắn không thể tránh được các thiếu sót, xin bạn đọc những góp ý chân thành và nghiêm túc để giáo trình ngày càng hoàn thiện. Mọi góp ý xin gửi về: Bộ môn Vật liệu và Công nghệ đúc, Khoa Khoa học và Công nghệ vật liệu; Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, Số 1 Đại Cồ Việt, Hà Nội.

Xin chân thành cảm ơn.

Tác giả

MỤC LỤC

Trang

Lời nói đầu	3
-------------------	---

Chương 1. ĐÚC TRONG KHUÔN KIM LOẠI

1.0. Đặc điểm đúc trong khuôn kim loại	9
1.1. Quá trình nhiệt trong khuôn kim loại	10
1.1.1. Trường nhiệt độ trong khuôn kim loại	10
1.1.2. Các phương pháp giải phương trình truyền nhiệt	12
1.1.3. Chế độ nhiệt trong khuôn kim loại theo Vejnhić	18
1.1.4. Sự hình thành khe hở khí	25
1.1.5. Làm nguội khuôn	32
1.1.6. Kết tinh trong khuôn kim loại	34
1.2. Khuôn kim loại	37
1.2.1. Đặc điểm và phân loại	38
1.2.2. Vật liệu làm khuôn kim loại	39
1.2.3. Vị trí vật đúc trong khuôn	41
1.2.4. Chiều dày thành khuôn	44
1.2.5. Hệ thống thoát hơi cho khuôn kim loại	44
1.3. Công nghệ khuôn kim loại	45
1.3.1. Tính công nghệ và kết cấu vật đúc	45
1.3.2. Hệ thống rót trong khuôn kim loại	48
1.3.3. Sơn khuôn kim loại	54
1.4. Máy đúc khuôn kim loại	57
1.4.1. Máy đúc khuôn kim loại thao tác bằng tay	57
1.4.2. Máy đúc cơ khí hoá	59

Chương 2. ĐÚC ÁP LỰC

2.1. Đúc áp lực cao	63
2.1.1. Đặc điểm của quá trình	63
2.1.2. Lĩnh vực sử dụng đúc áp lực cao	66
2.2. Thủy động học quá trình diễn chảy khuôn	67
2.2.1. Nguyên tắc	67

2.2.2. Va đập của dòng nạp lên thành khuôn.....	68
2.2.3. Điện dây hốc khuôn.....	70
2.2.4. Điều kiện thủy động học của quá trình thoát khí	75
2.2.5. Khuôn đúc áp lực cao	77
2.2.6. Tính toán hệ thống rót	84
2.2.7. Tính hệ thống thoát hơi	93
2.2.8. Máy đúc áp lực cao.....	94
2.3. Đúc dưới áp lực khí điều chỉnh.....	98
2.3.1. Khái niệm và phân loại.....	98
2.3.2. Đúc áp lực thấp.....	99
2.3.3. Đúc đối áp	108
2.3.4. Đúc hút chân không.....	110

Chương 3. ĐÚC LY TÂM

3.1. Khái niệm	113
3.2. Một số vấn đề thủy lực của công nghệ đúc ly tâm.....	114
3.2.1. Hình dáng bề mặt thoáng của vật đúc.	114
3.2.2. Lực tác dụng lên vật lẫn trong kim loại lỏng.....	117
3.3. Một số đặc điểm của công nghệ đúc ly tâm	118
3.3.1. Đặc tính nhiệt lý.....	118
3.3.2. Chuyển động tương đối của chất lỏng khi khuôn quay	120
3.3.3. Kết tinh của vật đúc.....	123
3.4. Công nghệ đúc ly tâm.....	127
3.4.1. Vị trí trục quay	127
3.4.2. Tốc độ quay của khuôn	127
3.4.3. Nhiệt độ và tốc độ rót kim loại.....	129
3.4.4. Sơn phủ khuôn đúc ly tâm	130
3.4.5. Khuôn đúc ly tâm	133
3.4.6. Đúc ly tâm một số chi tiết điển hình	133

Chương 4. ĐÚC LIÊN TỤC

4.1. Đúc liên tục thẳng đứng.....	142
4.1.1. Nguyên lý và bản chất của quá trình	142
4.1.2. Công nghệ đúc liên tục	144
4.1.3. Đúc bán liên tục thẳng đứng ống gang dẫn nước	148
4.1.4. Đúc liên tục kim loại và hợp kim màu nặng.....	150
4.1.5. Đúc liên tục thép	153
4.1.6. Mô hình hoá đúc liên tục thẳng đứng.....	161

4.2. Đúc liên tục nằm ngang.....	164
4.2.1. Bản chất quá trình.....	164
4.2.2. Cấu tạo thùng kết tinh	167
4.2.3. Đặc điểm đúc thép liên tục nằm ngang	168

Chương 5. CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐÚC ĐẶC BIỆT KHÁC

5.1. Đúc bán lỏng (Semi-Solid Casting)	173
5.1.1. Khái niệm và nguyên lý.....	173
5.1.2. Đúc lưu biến (Rheocasting).....	175
5.1.3. Đúc ép lỏng (Thixocasting)	181
5.2. Đúc ép.....	184
5.3. Đúc mẫu chảy (Lost foam casting).....	185
5.3.1. Khái niệm về mẫu chảy	185
5.3.2. Chế tạo mẫu polystyrol.....	187
5.3.3. Chất sơn mẫu	189
5.3.4. Cách chèn mẫu trong khuôn.....	191
5.3.5. Yếu tố ảnh hưởng tới quá trình diễn dầy	192
5.4. Đúc composit.....	194
5.4.1. Đặc điểm và lĩnh vực sử dụng	194
5.4.2. Quá trình hình thành vùng tiếp xúc	195
5.5. Đúc trong khuôn vỏ mỏng (Shell casting)	197
5.5.1. Đặc điểm và lĩnh vực sử dụng	197
5.5.2. Tổng quan về cát-nhựa	199
5.5.3. Thành phần hỗn hợp làm khuôn trong công nghệ hộp nóng	204
5.5.4. Các phương pháp bọc nhựa.....	209
5.5.5. Các phương pháp đánh giá chất lượng hỗn hợp làm khuôn vỏ mỏng	213
5.5.6. Thiết kế hệ thống rót	218
5.6. Đúc mẫu chảy (Investment, Lost wax casting).....	220
5.6.1. Đặc điểm và lĩnh vực sử dụng	220
5.6.2. Vật liệu làm mẫu	222
5.6.3. Các phương pháp chế tạo mẫu.....	223
5.6.4. Chế tạo khuôn gốm.....	224
Tài liệu tham khảo.....	230

Chương 1

ĐÚC TRONG KHUÔN KIM LOẠI

1.0. ĐẶC ĐIỂM ĐÚC TRONG KHUÔN KIM LOẠI

Đúc trong khuôn kim loại là thuật ngữ để chỉ một phương pháp sản xuất vật đúc bằng cách rót kim loại lỏng vào khuôn bằng kim loại. Vật đúc đông đặc dưới tác dụng của trọng trường mà không chịu thêm bất kỳ một áp lực nào khác. Đây là phương pháp đúc rất phổ biến hiện nay do nó có những đặc điểm sau đây:

- 1) Khuôn sử dụng được nhiều lần;
- 2) Độ sạch và độ chính xác của vật đúc được nâng cao đáng kể. Điều này sẽ làm giảm khối lượng gia công cơ khí;
- 3) Nâng cao độ bền cơ học của vật đúc, đặc biệt là độ bền ở lớp bề mặt tiếp giáp với khuôn kim loại;
- 4) Nâng cao sản lượng hàng năm do giảm được kích thước đậu ngót và phế phẩm đúc;
- 5) Nâng cao năng suất lao động;

- 6) Tiết kiệm diện tích nền xưởng do không cần chế tạo hỗn hợp làm khuôn và quá trình làm khuôn;
- 7) Giảm giá thành sản phẩm;
- 8) Dễ cơ khí và tự động hoá, điều kiện vệ sinh lao động tốt.

Tuy nhiên, việc sử dụng công nghệ đúc trong khuôn kim loại cũng có những nhược điểm: Chế tạo khuôn kim loại phức tạp và đắt tiền; độ bền khuôn bị hạn chế khi đúc thép; khó đúc những vật đúc thành mỏng và hình dáng phức tạp; vật đúc có ứng suất lớn do khuôn kim loại có độ cản co mạnh; vật đúc gang dễ bị biến trắng; quy trình đúc phải chặt chẽ.

Tuy có những nhược điểm trên nhưng công nghệ đúc trong khuôn kim loại vẫn được sử dụng rộng rãi để đúc gang, hợp kim và kim loại màu trong sản xuất hàng loạt và loạt lớn bởi vì có những chi tiết không thể chế tạo được nếu không sử dụng khuôn kim loại, thí dụ, các tấm lớn của thân máy bay, các chi tiết nhỏ nhưng đòi hỏi bền cao trong động cơ...

1.1. QUÁ TRÌNH NHIỆT TRONG KHUÔN KIM LOẠI

1.1.1. Trường nhiệt độ trong khuôn kim loại

Khuôn kim loại thông thường có hệ số dẫn nhiệt cao và hệ số tích nhiệt cũng tương đối lớn, bởi vậy, tốc độ truyền nhiệt từ vật đúc qua khuôn ra ngoài môi trường cũng cao hơn nhiều so với khuôn cát. Quá trình kết tinh (tạo mầm và lớn lên của mầm) của vật đúc cũng bị thay đổi, hiển nhiên, tính chất của vật đúc cũng thay đổi nhưng thay đổi theo chiều hướng tốt hơn.

Hình 1.1 Trường nhiệt độ trong
khuôn đúc-vật đúc

1. Khuôn kim loại;

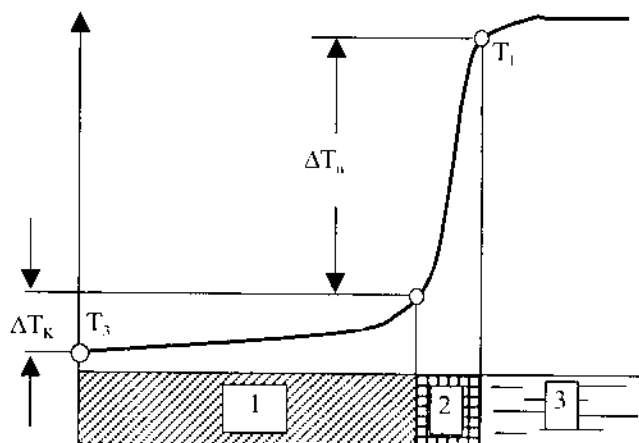
2. Lớp sơn khuôn;

3. Kim loại lỏng;

T_1 : Nhiệt độ tiếp xúc vật đúc-lớp sơn;

T_2 : Nhiệt độ tiếp xúc sơn - khuôn;

T_3 : Nhiệt độ mặt ngoài khuôn.



Chúng ta hãy khảo sát sự phân bố nhiệt độ trong khuôn kim loại trong trường hợp thông thường nhất, tức là khuôn có lớp sơn bảo vệ. Trong thực tế sản xuất, lớp sơn bảo vệ thường rất mỏng so với chiều dày vật đúc, và bởi vậy, có thể coi:

a) khả năng tích nhiệt của lớp sơn là rất nhỏ, không đáng kể so với khả năng tích nhiệt của khuôn và của vật đúc;

b) lớp sơn được coi là lớp phẳng.

Với những giả thiết đó thì bài toán truyền nhiệt qua lớp sơn có thể coi là truyền nhiệt qua thành phẳng. Mô hình truyền nhiệt được minh họa trên hình 1.1.

Do có lớp sơn mà chênh lệch nhiệt độ trong lớp sơn $\Delta T_n = T_1 - T_2$ lớn hơn rất nhiều so với chênh lệch nhiệt độ trong khuôn $\Delta T_k = T_2 - T_1$.

Bản chất của hiện tượng này chính là do lớp sơn có hệ số dẫn nhiệt nhỏ hơn rất nhiều so với hệ số dẫn nhiệt của kim loại lỏng, thí dụ, hệ số dẫn nhiệt của sơn nhỏ hơn 200 lần so với thép và 700 lần so với nhôm. Lớp sơn có nhiệt trở khá lớn và bởi vậy tốc độ dẫn nhiệt và dòng nhiệt q thoát ra khỏi kim loại lỏng sẽ bị giảm đi. Dòng nhiệt được tính theo công thức:

$$q = \frac{\lambda}{x} (T_1 - T_2)$$

trong đó: λ - hệ số dẫn nhiệt của lớp sơn; x - chiều dày lớp sơn.

Như vậy, bằng cách thay đổi hệ số dẫn nhiệt của lớp sơn (thay đổi thành phần của sơn) và thay đổi chiều dày lớp sơn trên bề mặt khuôn, có thể điều chỉnh được dòng nhiệt trên bề mặt khuôn, và do đó, có thể điều chỉnh tốc độ nguội của vật đúc cho phù hợp để thu được tổ chức kim loại cũng như tính chất cơ học của vật đúc theo yêu cầu.

Để tìm được sự phân bố nhiệt độ trong khuôn kim loại, giả thiết rằng: khuôn có dạng tấm phẳng và có hệ số dẫn nhiệt λ_2 , khối lượng riêng ρ_2 và hệ số dẫn nhiệt độ a_2 không phụ thuộc nhiệt độ; truyền nhiệt trong khuôn là truyền nhiệt một chiều không có nguồn nhiệt; sự tiếp xúc giữa vật đúc với lớp sơn là tiếp xúc lý tưởng.

Phương trình mô tả quá trình truyền nhiệt trong khuôn đúc:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a_2 \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (1.1)$$

Điều kiện ban đầu:

Nhiệt độ ban đầu của thành khuôn là không đổi và bằng T_0 : $T(x, 0) = T_0$.

Điều kiện biên:

- Ở bề mặt tiếp xúc giữa khuôn và không khí:

$$-\lambda_2 \frac{\partial T(x, \tau)}{\partial x} = \alpha_{kk} (T_{k2} - T_{kk}) \quad (1.2)$$

trong đó: α_{kk} - hệ số trao đổi nhiệt của khuôn với môi trường bên ngoài, kcal/m²h⁰C; T_{k2} - nhiệt độ bề mặt khuôn tiếp xúc với môi trường (T_3 trong hình 1.1); T_{kk} - nhiệt độ môi trường xung quanh.

- Ở bề mặt tiếp xúc khuôn-lớp sơn:

$$-\lambda_2 \frac{\partial T(x, \tau)}{\partial x} = \frac{\lambda_s}{\delta_s} (T_1 - T_2) = -\lambda_1 \frac{\partial T(x, \tau)}{\partial x} \quad (1.3)$$

trong đó: λ_s ; δ_s - hệ số dẫn nhiệt và chiều dày lớp sơn. λ_1 - hệ số dẫn nhiệt của kim loại.

Giải phương trình (1.1) với các điều kiện ban đầu và điều kiện biên (1.2) và (1.3) sẽ thu được sự phân bố nhiệt độ trong khuôn kim loại. Có nhiều cách giải phương trình (1.1). Ngày nay bằng phương pháp sai phân hữu hạn (Finite Differences Method-FDM) hoặc phương pháp phần tử hữu hạn (the Finite Element Method-FEM) có thể tính được nghiệm của (1.1) cho những kết quả gần đúng với độ chính xác cao, phục vụ cho việc mô phỏng số các quá trình đúc. Có thể giải phương trình (1.1) bằng phương pháp giải tích song chỉ đối với những bài toán đơn giản và kết quả của nó chỉ có tác dụng để lý giải những hiện tượng hay những quy luật xảy ra trong quá trình đúc.

1.1.2. Các phương pháp giải phương trình truyền nhiệt

a) Phương pháp phân ly biến số

Sau khi đã dùng phép biến đổi đặc biệt để đưa phương trình truyền nhiệt có nguồn về phương trình truyền nhiệt không có nguồn bằng cách sử dụng nhiệt dung tương đương như đã trình bày ở giáo trình Mô hình hoá các quá trình đông đặc, bài toán truyền nhiệt lúc này chỉ là bài toán truyền nhiệt không có nguồn dạng (1.1) và có thể giải được bằng phương pháp phân ly biến số.

Nội dung của phương pháp phân ly biến số là, vì nhiệt độ T là hàm của không gian x và thời gian τ nên có thể coi nhiệt độ $T(x, \tau)$ là tích của hai hàm số, một là hàm $X(x)$ chỉ phụ thuộc vào không gian và hàm nữa là $Z(\tau)$ chỉ phụ thuộc vào thời gian.

$$T(x, \tau) = X(x).Z(\tau) \quad (1.4)$$

Đạo hàm $T(x, \tau)$ theo x và theo τ , thu được:

$$\Rightarrow \begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial \tau} &= X \cdot \frac{\partial Z}{\partial \tau} \\ \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} &= Z \cdot \frac{\partial^2 X}{\partial x^2} \end{aligned}$$

Thay vào (1.1):

$$X \frac{\partial Z}{\partial \tau} = a \cdot Z \frac{\partial^2 X}{\partial x^2} \Rightarrow \frac{1}{aZ} \frac{\partial Z}{\partial \tau} = \frac{1}{X} \frac{\partial^2 X}{\partial x^2} \quad (1.5)$$

Trong phương trình (1.5) cả 2 vế hoàn toàn độc lập với nhau vì vế trái chỉ phụ thuộc τ , vế phải chỉ phụ thuộc x , chúng chỉ bằng nhau khi cả hai vế bằng một hằng số không đổi, gọi là $\pm k^2$:

$$\Rightarrow \frac{d^2 X}{dx^2} = \pm k^2 X \quad (1.6)$$

$$\frac{dZ}{d\tau} = \pm k^2 a \cdot Z \quad (1.7)$$

Phương trình (1.6) cho nghiệm:

- Nếu lấy giá trị $+k^2$: $X = C_1 e^{kx} + C_2 e^{-kx}$
- Nếu lấy giá trị $-k^2$: $X = C_3 \cos(kx) + C_4 \sin(kx)$

Giải phương trình (1.7) với lưu ý rằng quá trình truyền nhiệt là giảm nhiệt độ nên $dZ/d\tau < 0$:

$$dZ/Z = -k^2 a \cdot d\tau$$

$$\ln Z = -k^2 a \cdot \tau + C \Rightarrow Z = C_5 \exp(-k^2 a \cdot \tau)$$

Thay vào (1.4) và đặt các hằng số mới, nghiệm của bài toán (1.1) sẽ là:

$$T(x, \tau) = [A \sin(kx) + B \cos(kx)] \exp(-k^2 a \cdot \tau) \quad (1.8)$$

Các hệ số A, B, k được tính theo các điều kiện biên và điều kiện ban đầu.

b) Phương pháp đặt biến phụ

Ta sẽ tìm nghiệm của bài toán (1.1), tức là tìm sự phụ thuộc của nhiệt độ vào không gian và thời gian. Đặt biến mới là biến $h = h(x, \tau)$:

$$h = \frac{x}{\sqrt{\tau}} \quad (1.9)$$

$$\Rightarrow \frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{dT}{dh} \cdot \frac{\partial h}{\partial \tau} = -\frac{dT}{dh} \cdot \frac{x}{2\sqrt{\tau}^3}$$

Đạo hàm nhiệt độ theo không gian :

$$\frac{\partial T}{\partial x} = \frac{dT}{dh} \frac{\partial h}{\partial x} = \frac{dT}{dh} \cdot \frac{1}{\sqrt{\tau}} \quad (1.10)$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{1}{\tau} \frac{d^2 T}{dh^2}$$

Thay các giá trị (1.9) và (1.10) vào (1.1) ta có:

$$h \frac{dT}{dh} = -2a \frac{d^2 T}{dh^2} \quad (1.11)$$

Chọn nghiệm riêng:

$$\frac{\partial T}{\partial h} = A \cdot e^{-bh^n} \quad (1.12)$$

Với A, b, n là những hằng số. Lấy đạo hàm cấp 2 của nhiệt độ T theo h và thay vào (1.12), nhận được:

$$A \cdot e^{-bh^n} \cdot h = 2b \cdot A \cdot e^{-bh^n} \cdot b \cdot n \cdot h^{n-1}$$

Biểu thức này bằng nhau khi và chỉ khi $n = 2$ và $b = a/4$, thay vào (1.12) :

$$\frac{dT}{dh} = A \cdot e^{-h^2/4a}$$

$$T = A \int_0^h e^{-h^2/4a} dh + B \quad (1.13)$$

Đặt $\xi = h/2a^{1/2}$ thì $d\xi = dh/2a^{1/2}$, $h = \xi/2a^{1/2}$ và thay vào biểu thức (1.13), thu được:

$$T_{(x,t)} = A \cdot 2\sqrt{a} \int_0^{\xi} e^{-\xi^2} d\xi + B = A \cdot \int_0^{x/2\sqrt{at}} e^{-\xi^2} d\xi + B \quad (1.14)$$

Hàm sai (error function, erf) và các tính chất của nó được định nghĩa như sau:

$$\operatorname{erf}(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z e^{-\xi^2} d\xi$$

$$\operatorname{erf}(0) = 0; \operatorname{erf}(\infty) = 1; \operatorname{erf}(-z) = -\operatorname{erf}(z)$$

Với những điều kiện biên và điều kiện ban đầu, dễ dàng tính được các giá trị của các hệ số trong công thức (1.14). Thí dụ, với khuôn đúc giả thiết rằng:

- Điều kiện ban đầu: $T_{(x,0)} = T_{\text{ml}}$ (nhiệt độ môi trường)
- Điều kiện biên $T_{(0,t)} = T_{(\infty,t)} = T_{\text{lx}}$ (nhiệt độ tiếp xúc khuôn-vật đúc)

Thay điều kiện trên vào (1.14), thu được:

$$T_{(0,t)} = A' \cdot 0 + B = T_{\text{lx}} \Rightarrow B = T_{\text{lx}}$$

$$T_{(x,0)} = A' \frac{\sqrt{\pi}}{2} + B = T_{\text{ml}}$$

Thay các giá trị A' và B vào (1.14) ta sẽ nhận được nghiệm của bài toán (1.1):

$$T_{(x,\tau)} = T_{\text{ml}} + (T_{\text{lx}} - T_{\text{ml}}) \operatorname{erf} \frac{x}{2\sqrt{a_2 \tau}} \quad (1.15)$$

Bài toán trường nhiệt độ trong khuôn đúc cũng được giải tương tự như trên. Nhiệt độ trong khuôn đúc được mô tả bởi phương trình:

$$T_{(x,\tau)} = T_K + (T_p - T_K) \operatorname{erf} \frac{x}{2\sqrt{a_1 \tau}} \quad (1.16)$$

trong đó: T_K - nhiệt độ khuôn; T_p - nhiệt độ rót.

Lưu ý, giá trị nhiệt độ tiếp xúc T_{lx} trong công thức (1.15) và nhiệt độ khuôn T_K trong (1.16) được coi là không đổi cho nên các nghiệm nói trên cũng không phải là hoàn toàn chính xác. Trong thực tế, nhiệt độ khuôn và nhiệt độ tiếp xúc khuôn-vật đúc hoàn toàn phụ thuộc vào thời gian.

c) Phương pháp gần đúng Vejnihik

Bằng cách tính toán quá trình cân bằng nhiệt trong phân tố thể tích nghiên cứu (khuôn và vật đúc), Vejnihik đã xây dựng được công thức thực nghiệm sau đây:

- Trường nhiệt độ trong khuôn đúc:

$$T_{(x,t)} = [T_{ix} - T_{20}] \left(1 - \frac{x}{X_2} \right)^{n_2}$$

trong đó: T_{ix} - nhiệt độ tiếp xúc vật đúc/ khuôn; T_{20} - nhiệt độ ban đầu của khuôn, nếu là khuôn cát thì T_{20} chính là nhiệt độ môi trường. Trong khuôn kim loại thì T_{20} khác T_{m} ; n_2 - chỉ số parabol của trường nhiệt độ, xác định bằng thực nghiệm; X_2 - chiều dày khuôn đúc.

- Trường nhiệt độ trong vật đúc. Trong trường hợp này ta coi gần đúng nhiệt độ rót T_p = nhiệt độ đông đặc T_{kt} . Giả sử tại thời điểm đang xét, vật đúc đã đông đặc được một chiều dày ξ . Sự phân bố nhiệt độ trong vùng đó được thể hiện:

$$T_{(x,t)} = T_{kt} - (T_{kt} - T_{ix}) \left(1 - \frac{x}{\xi} \right)^{n_1}$$

trong đó: n_1 - chỉ số parabol của trường nhiệt độ trong vật đúc, được xác định bằng thực nghiệm.

d) Phương pháp sai phân hữu hạn

Ta sẽ tìm nghiệm của bài toán truyền nhiệt (1.1) dưới dạng sai phân gần đúng.

Khai triển Taylor giá trị $T_{(i,k)}$ lân cận điểm i:

$$T_{(i+1)}^k = T_{(x+\Delta x,t)} = T_{(x,t)} + \frac{\partial T}{\partial x} \Delta x + \frac{1}{2!} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \Delta x^2 + \frac{1}{3!} \frac{\partial^3 T}{\partial x^3} \Delta x^3 + \dots \quad (1.17)$$

$$T_{(i-1)}^k = T_{(x-\Delta x,t)} = T_{(x,t)} - \frac{\partial T}{\partial x} \Delta x + \frac{1}{2!} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \Delta x^2 - \frac{1}{3!} \frac{\partial^3 T}{\partial x^3} \Delta x^3 + \dots \quad (1.18)$$

$$\left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{(x,t)} = \frac{T_{(x+\Delta x,t)} - T_{(x,t)}}{\Delta x} + \theta_{(\Delta x)}$$

$$\left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{(x,t)} = \frac{T_{(i)}^k - T_{(i-1)}^k}{\Delta x} + \theta_{(\Delta x)}$$

trong đó $\theta_{(\Delta x)}$ là số dư của phép khai triển và phụ thuộc vào cách chia khoảng Δx .

Lấy (1.17) + (1.18) thu được:

$$T_{i+1}^k + T_{i-1}^k - 2T_i^k \cong \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \Delta x^2 + \frac{1}{2} \frac{\partial^4 T}{\partial x^4} \Delta x^4 + \dots$$

$$\text{hay: } \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \cong \frac{T_{i+1}^k - 2T_{i+1,k}^k + T_{i-1}^k}{\Delta x^2} + \theta_{(du)}$$

$$\text{Mặt khác: } T_i^{k+1} - T_i^k = T_{x,i+\Delta t} - T_{x,i} = \frac{\partial T}{\partial t} \Delta t + \frac{1}{2!} \frac{\partial^2 T}{\partial t^2} \Delta t^2 + \dots$$

Nếu bỏ qua những số hạng bậc cao sẽ có:

$$T_i^{k+1} - T_i^k \approx \frac{\partial T}{\partial t} \Delta t \quad (1.19)$$

$$\text{hay: } \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{\Delta t} (T_i^{k+1} - T_i^k) \quad (1.20)$$

Thay (1.19) và (1.20) vào (1.1) nhận được:

$$T_i^{k+1} - T_i^k = \frac{a\Delta t}{\Delta x^2} (T_{i-1}^k - 2T_i^k + T_{i+1}^k) \quad (1.21)$$

Như vậy, để tính được nhiệt độ tại các điểm nút trên lưới sai phân (trường nhiệt độ của vật đúc), thiết diện vật đúc phải được chia thành các khoảng Δx , thời gian được chia thành các khoảng Δt sao cho thoả mãn điều kiện Courant (điều kiện ổn định của công thức 1.21):

$$\Delta x = \frac{x}{n} \quad \text{Bước sai phân không gian}$$

$$\Delta t = \frac{t}{m} \quad \text{Bước sai phân thời gian}$$

trong đó: x - chiều dày thành vật đúc, m ; t - thời gian đông đặc của vật đúc, h ; n và m - số bước không gian và thời gian.

Bề mặt tiếp xúc vật đúc - khuôn được xác định theo điều kiện biên loại 4:

$$\lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial n_1} = \lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial n_2}$$

trong đó: λ_1 - hệ số dẫn nhiệt của vật đúc; λ_2 - hệ số dẫn nhiệt của khuôn đúc.

Bề mặt tiếp xúc khuôn - môi trường được xác định theo điều kiện biên loại 3:

$$\frac{\partial T}{\partial n} = \frac{\alpha}{\lambda_2} \Delta T$$

trong đó: $\Delta t = T_{\text{m}} - T_{\text{m}t}$ (chênh lệch nhiệt độ bề mặt và nhiệt độ môi trường); α - hệ số trao đổi nhiệt của môi trường; λ_2 - hệ số dẫn nhiệt của khuôn.

Để đảm bảo tính chính xác của kết quả tính toán, trường nhiệt độ được tính theo lưới sai phân với điều kiện ổn định:

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

Thí dụ với mạng hiển Juskov, nhiệt độ tại nút $(i, k+1)$ được tính như sau:

$$T_i^{k+1} = \frac{2(T_i^k + T_i^{k-1}) + 3(T_{i-1}^k + T_{i+1}^k)}{10} \quad (1.22)$$

Hoặc với $P = 1/2$ nhiệt độ trong vật đúc có thể tính toán:

$$T_{i+1}^k = T_i^k + \frac{P}{2P+1} (T_{i+1}^{k+1} + T_{i+1}^{k-1} + T_i^{k+1} + T_i^{k-1}) \quad (1.23)$$

Như vậy, nhiệt độ tại một điểm sẽ được tính toán qua nhiệt độ của ba điểm lân cận. Các giá trị lân cận này được biết trước qua các điều kiện ban đầu và điều kiện biên.

1.1.3. Chế độ nhiệt trong khuôn kim loại theo Vejnhić

Chúng ta hãy khảo sát quan hệ phụ thuộc của nhiệt độ khuôn đúc, vật đúc vào thời gian đông đặc dựa trên cơ sở phương pháp Vejnhić. Theo Vejnhić, quá trình truyền nhiệt của vật đúc được chia làm hai giai đoạn. Giai đoạn 1, khuôn được nung đến một chiều sâu nhất định và nó đóng vai trò như một vật truyền nhiệt ($t < t_0$). Giai đoạn 2, khi chiều sâu thẩm nhiệt của khuôn đã đạt đến bề mặt ngoài của khuôn ($t = t_0$), bề mặt ngoài khuôn được nung lên, gradient nhiệt độ theo chiều dày khuôn bắt đầu giảm đi. Khi đó, nhiệt độ trong khuôn đúc khi đã có khe hở khí được mô tả bằng phương trình:

$$\theta = (\theta_2 - \theta_3) \left(1 - \frac{x}{X_2} \right)^{n_2}$$

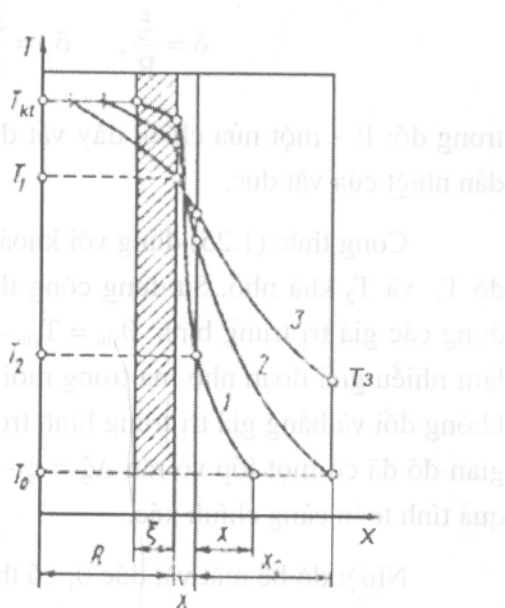
trong đó: $\theta_2 = T_2 - T_0$; $\theta_3 = T_3 - T_0$; x - tọa độ của điểm có nhiệt độ θ ; X_2 - chiều dày khuôn đúc; n_2 - chỉ số parabol của đường cong nhiệt độ khuôn.

Lượng nhiệt kết tinh khi kim loại lỏng có nhiệt độ rót T_R và nhiệt độ kết tinh T_{kt} :

$$q_{kt} = r + c_1(T_r - T_{kt}) \quad (1.24)$$

với: r - ẩn nhiệt kết tinh của kim loại đúc; c_1 - nhiệt dung riêng của hợp kim.

Trong giai đoạn ban đầu do lượng nhiệt truyền từ vật đúc ra khuôn rất lớn, cho nên chiều dày lớp đông đặc ξ tăng nhanh. Quan hệ phụ thuộc của ξ vào thời gian đông đặc có dạng:



Hình 1.2. Sơ đồ phân bố nhiệt độ trong khuôn đúc và vật đúc
1) $t < t_0$; 2) $t = t_0$; 3) $t > t_0$

$$t - t_1 = \frac{\rho_1 c_1 (\xi - \xi_1)}{\beta (\theta_{1tb} - \theta_{2tb})} \left(\frac{q_{kt}}{c_1} + \frac{\theta_{kt} - \theta_1}{n_1 + 1} \right) \quad (1.25)$$

trong đó: ρ_1 và c_1 : mật độ và nhiệt dung của kim loại rắn; $\beta = \lambda_K / X_K$ và còn gọi là độ dẫn nhiệt của khe hở khí; λ_K và X_K hệ số dẫn nhiệt và chiều dày của khe hở khí hoặc lớp sơn khuôn.

Công thức (1.25) có thể viết dưới dạng chuẩn:

$$Fo - Fo_1 = \frac{\delta - \delta_1}{Bi} (K + \theta) \quad (1.26)$$

trong đó:

$$Fo = \frac{a_1 t}{R^2}; \quad Fo_1 = \frac{a_1 t_1}{R^2}; \quad Bi = \frac{\beta R}{\lambda_1}$$

$$K = \frac{q_{kt}}{c_1 (\theta_{1tb} - \theta_{2tb})}; \quad \theta = \frac{1}{n_1 + 1} \cdot \frac{\theta_{kt} - \theta_1}{\theta_{1tb} - \theta_{2tb}}$$

$$\delta = \frac{\xi}{R}, \quad \delta_1 = \frac{\xi_1}{R}$$

trong đó: R - một nửa chiều dày vật đúc; a_1 - hệ số dẫn nhiệt độ của vật đúc; λ_1 - hệ số dẫn nhiệt của vật đúc.

Công thức (1.25) đúng với khoảng thời gian tương đối ngắn, khi sự thay đổi nhiệt độ T_1 và T_2 khá nhỏ. Sử dụng công thức này cũng có sai số nhưng không lớn, nếu sử dụng các giá trị trung bình: $\theta_{1tb} = T_{1tb} - T_0$; $\theta_{2tb} = T_{2tb} - T_0$. Toàn bộ quá trình có thể chia làm nhiều giai đoạn nhỏ mà trong mỗi giai đoạn đó có thể chấp nhận θ_1 và θ_2 có giá trị không đổi và bằng giá trị trung bình trong khoảng thời gian $\Delta t = t - t_1$, trong khoảng thời gian đó đã có một lớp vỏ rắn $\Delta \xi = \xi - \xi_1$ hình thành. Bước thời gian chia càng nhỏ, kết quả tính toán càng chính xác.

Nhiệt độ bề mặt vật đúc θ_1 có thể tính theo công thức:

$$\theta_1 = \frac{\theta_{kt} + \frac{\beta \xi}{\lambda_1 n_1}}{1 + \frac{\beta \xi}{\lambda_1 n_1}} \theta_2 \quad (1.27)$$

Chiều sâu thẩm nhiệt của khuôn xác định theo công thức:

$$X = \frac{\lambda_2 n_2}{\beta} \frac{\theta_2}{\theta_{kt} - \theta_2} \left(1 + \frac{\beta \xi}{n_1 \lambda_1} \right) \quad (1.28)$$

Trong công thức (1.27) và (1.28) không có thông số đặc trưng cho hình dạng của khuôn đúc vật đúc, bởi vậy có thể dùng để tính toán cho những vật đúc bất kỳ.

Đối với vật đúc tấm phẳng, nhiệt độ bề mặt khuôn θ_2 tính toán theo công thức:

$$\theta_2 = \frac{\theta_{kt}}{q_1 - q_2} \left[\sqrt{\frac{q_{kt}^2}{4} + q_2(q_{kt} + q_1)} - \left(\frac{q_{kt}}{2} + q_1 \right) \right] \quad (1.29)$$

trong đó:

$$q_1 = \frac{c_1 \theta_{kt}}{n_1 + 1} \frac{\beta \xi}{\beta \xi + \lambda_1 n_1}$$

$$q_2 = - \frac{n_2}{n_2 + 1} \frac{b_2^2 \theta_{kt}}{\rho_1} \frac{\beta \xi + \lambda_1 n_1}{\beta \xi \lambda_1 n_1}$$

với $b_2 = (\lambda_2 \rho_2 c_2)^{1/2}$ là hệ số tích nhiệt của khuôn.

Như vậy, có thể sử dụng trình tự tính toán như sau: Trước hết, quy định chiều dày lớp vỏ đông đặc của vật đúc và xác định các giá trị θ_1 và θ_2 , tiếp theo là xác định các giá trị θ_{1th} và θ_{2th} (giá trị trung bình trong từng giai đoạn). Thay các giá trị θ_1 , θ_{1th} và θ_{2th} vào công thức (1.25) và (1.26) sẽ tìm được khoảng tăng chiều dày lớp vỏ $\xi - \xi_1$.

Tính toán nhiệt độ θ_2 theo công thức (1.29) đến thời điểm t_{th} , lúc mà chiều sâu thẩm nhiệt của khuôn bằng với chiều dày khuôn, $X = X_2$. Trong giai đoạn tiếp theo, nhiệt độ khuôn được tính theo:

$$\theta_2 = \frac{q_{kt} + q_3}{X_2 c_2 \rho_2 + \frac{q_3}{\xi \cdot \rho_1} + \theta_{kt}} \quad (1.30)$$

trong đó:

$$q_3 = \frac{\theta_{kt}}{\beta \cdot \xi + n_1 \lambda_1} \cdot \left(\frac{c_1 \beta \cdot \xi}{n_1 + 1} + \frac{X_2 \rho_2 c_2}{n_2 + 1} \cdot \frac{\lambda_1 n_1}{\beta \rho_1} \cdot Bi_2 \right)$$

$$Bi_2 = \beta X_2 / \lambda_2$$

Nhiệt độ mặt ngoài khuôn xác định theo phương trình:

$$\theta_3 = \theta_2 - \frac{Bi_2}{n_2} \cdot \frac{\theta_{kt} - \theta_2}{1 + \frac{\beta \cdot \xi}{\lambda_1 n_1}} \quad (1.31)$$

Khi đúc những vật đúc lớn, lượng nhiệt truyền từ bề mặt bên ngoài khuôn rất nhỏ so với lượng nhiệt truyền từ vật đúc sang khuôn (chỉ khoảng 1 - 2%) nên có thể bỏ qua. Để tính toán được các giá trị nhiệt độ nói trên, cần phải biết sự phân bố nhiệt độ trong lớp vỏ đông đặc. Giá trị của chỉ số parabol n_1 phụ thuộc vào chỉ số N với N tính theo công thức:

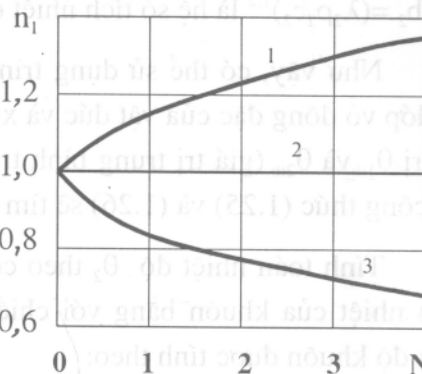
$$N = \frac{c_1 (\theta_{kt} - \theta)}{q_{kt}}$$

trong đó: c_1 - nhiệt dung kim loại lỏng; $\theta_{kt} = T_{kt} - T_{(12)}$ (nhiệt độ kết tinh và nhiệt độ khuôn ban đầu); q_{kt} - dòng nhiệt trên bề mặt khuôn.

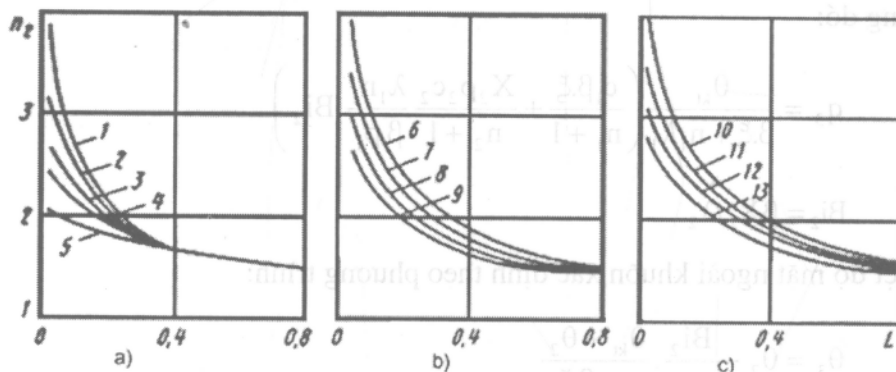
$$\theta = \frac{\theta_{kt}}{1 + \frac{\beta \cdot \xi}{\lambda_1}}$$

Chỉ số n_2 cũng được xác định bằng thực nghiệm dựa trên việc xác định tiêu chuẩn Bi và giá trị L. Khi đã tính được giá trị L, dùng giản đồ ở hình 1.4 sẽ xác định được giá trị n_2 .

$$L = \frac{T_{kt} - T_0}{T_{kt}} \frac{\xi}{X_2}$$



Hình 1.3. Quan hệ phụ thuộc của chỉ số n_1 vào tiêu chuẩn N
1-Vật đúc phẳng; 2- Hình trụ; 3- Hình cầu



Hình 1.4. Quan hệ phụ thuộc của chỉ số n_2 vào tiêu chuẩn Bi và L đối với:

tấm phẳng (a); hình trụ (b) và hình cầu (c)

1) $Bi_2 = 11$; 2) 6; 3) 2,5; 4) 1; 5) 2; 6) 5; 7) 3; 8) 1; 9) 0,5; 10) 5; 11) 3; 12) 1; 13) 0,5

Giá trị n_2 trong mọi trường hợp là giá trị trung bình trong khoảng thời gian nung khuôn đầu tiên, có nghĩa là, xác định giá trị n_2 tương ứng với những giá trị ξ tại thời điểm t_0 khi sóng nhiệt độ nung khuôn đạt tới mặt ngoài của khuôn.

Ảnh hưởng của cường độ nung khuôn đến n_2 thực chất chỉ có ý nghĩa trong thời gian tương tác nhiệt ban đầu. Trong khuôn không làm nguội, hầu như đối với tất cả các tiêu chuẩn Bi, hệ số n_2 giảm xuống đến 1,4 - 1,5. Các số liệu cho trên hình 1.4 thu được từ vật đúc đông đặc trong khuôn kích thước lớn: $X_2 > 2R$ đối với tấm phẳng; $X_2 > R$ đối với khuôn hình trụ và $X_2 > 2R/3$ đối với vật đúc dạng cầu. Trong những khuôn thành mỏng, đặc biệt là khi làm nguội cưỡng bức, giá trị n_2 tiến rất nhanh đến 1. Trong trường hợp này, sự phân bố nhiệt độ trong hệ vật đúc-khe hở khí-khuôn-môi trường làm nguội

có thể tính theo công thức (1.27) hoặc:

$$\theta_2 = \frac{\theta_{kt} Bi_2}{Bi_2 + \frac{Bi_3}{Bi_3 + 1} \left(1 + \frac{\beta \xi}{\lambda_1 n_1} \right)} \quad (1.32)$$

$$\theta_3 = \frac{\theta_{kt} Bi_2}{Bi_2 (1 + Bi_3) + Bi_3 \left(1 + \frac{\beta \xi}{\lambda_1 n_1} \right)} \quad (1.33)$$

trong đó: $Bi_3 = \alpha X_2 / \lambda_2$; α - hệ số trao đổi nhiệt trên mặt ngoài khuôn.

Với những công thức trên, có thể tính toán được khoảng thời gian cần thiết để vật đúc đông đặc được một chiều dày ξ cho trước, hoặc thời gian đông đặc của toàn bộ vật đúc theo công thức (1.25).

Bài tập 1: Tính toán đông đặc của một vật đúc gang dạng tấm phẳng chiều dày $2R = 0,03$ m trong khuôn kim loại dạng đối xứng chiều dày $X_2 = 0,04$ m, chiều dày lớp sơn $X_s = 0,1$ mm; hệ số dẫn nhiệt của lớp sơn $\lambda_s = 0,25$ W/(m°C); $T_0 = 200^\circ\text{C}$; $T_{KT} = 1150^\circ\text{C}$; $T_R = 1300^\circ\text{C}$; nhiệt kết tinh $r = 250.10^3$ J/kg; nhiệt dung của kim loại lỏng $c'_l = 838$ J/(kg°C); nhiệt dung kim loại rắn $c_l = 755$ J/°C; hệ số dẫn nhiệt của kim loại lỏng $\lambda_l = 37$ W/m°C; khối lượng riêng $\rho_l = \rho_2 = 7200$ kg/m³; $c_2 = 500$ J/kg°C; $\lambda_2 = 50$ W/m°C; $b_2 = 14,3$ kW.s^{1/2}/(m².°C).

Vật đúc hình trụ

Đối với vật đúc hình trụ, sơ đồ tính toán và các giá trị nhiệt độ cũng giống như hình 1.2. Công thức xác định chiều dày lớp đông đặc phụ thuộc vào thời gian có dạng:

$$t - t_l = \frac{\rho_l c_l (\xi - \xi_l)}{\beta(\theta_{1th} - \theta_{2th})} \left[\frac{q_{kl}}{c_l} \left(1 - \frac{\delta + \delta_l}{2} \right) + \frac{\theta_{kt} - \theta_l}{n_l + 1} \left(1 - \frac{\delta + \delta_l}{n_l + 2} \right) \right] \quad (1.34)$$

Viết dưới dạng tiêu chuẩn:

$$Fo - Fo_l = \frac{(\theta - \xi_l)}{Bi_l} \left[K \left(1 - \frac{\delta + \delta_l}{2} \right) + \theta \left(1 - \frac{\delta + \delta_l}{n_l + 2} \right) \right] \quad (1.35)$$

Các biểu thức để tính toán giá trị θ_2 có dạng:

$$q_1 + q_2 = \theta_2 \left[\frac{q_2}{\theta_{kt}} + \gamma_1 \frac{\theta_2}{\theta_{kt} - \theta_2} \left(1 + \gamma_2 \frac{\theta_2}{\theta_{kt} - \theta_2} \right) \right] \quad (1.36)$$

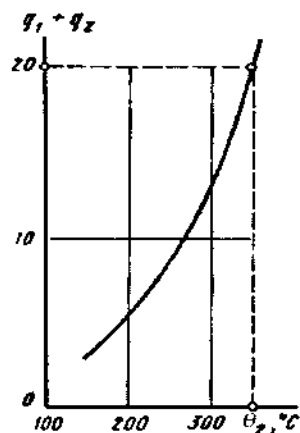
trong đó:

$$q_1 = q_{kt} \rho_1 \xi \left(1 - \frac{\delta}{2} \right)$$

$$q_2 = \frac{c_1 \rho_1 \xi \theta_{kt}}{n_1 + 1} \cdot \frac{1 - \frac{\delta}{n_1 + 2}}{1 + \frac{\lambda_1 n_1}{\beta \xi}}$$

$$\gamma_1 = \frac{n_2}{n_2 + 1} \cdot \frac{b_2^2}{\beta} \left(1 + \frac{\beta \xi}{\lambda_1 n_1} \right)$$

$$\gamma_2 = \frac{n_2 + 1}{n_2 + 2} \cdot \frac{\gamma_1}{c_2 \rho_2 R}$$



Hình 1.5. Nghiệm của phương trình 1.36
theo phương pháp đồ thị

Phương trình (1.36) có thể giải bằng phương pháp đồ thị (hình 1.5). Trên hệ tọa độ, trục hoành biểu diễn nhiệt độ θ_2 , trục tung là giá trị $q_1 + q_2$.

Tính toán nhiệt độ θ_2 theo phương trình (1.34) trước thời điểm mà mật đẳng nhiệt dịch chuyển qua toàn bộ chiều dày khuôn X_2 . Trong giai đoạn này, các nhiệt độ được tính như sau:

$$\theta_1 = \theta_{kt} - \frac{q_1 - q_2}{k_1 - k_2 - k_3}$$

trong đó:

$$q_3 = X_2 \rho_2 c_2 \left(1 + \frac{\Delta}{2} \right) \theta_{kt}; \quad \Delta = \frac{X_2}{R}$$

$$k_1 = \frac{X_2 c_2 \rho_2}{n_2 + 1} \cdot \frac{Bi_2}{n_2} \cdot \frac{n_1 \lambda_1}{\beta \xi} \left(1 + \frac{\Delta}{n_2 + 2} \right)$$

$$k_2 = \frac{q_3}{\theta_{kt}} \left[1 + \frac{n_1 \lambda_1}{\beta \xi} \left(1 + \frac{Bi_2}{n_2} \right) \right]; \quad Bi_2 = \frac{\beta X_2}{\lambda_2}$$

$$k_3 = \frac{\rho_1 c_1 \xi}{n_1 + 1} \left(1 + \frac{\delta}{n_1 + 2} \right)$$

$$\theta_2 = \theta_1 - \frac{n_1 \lambda_1}{\beta \xi} (\theta_{kt} - \theta_1)$$

$$\theta_3 = \theta_1 - \frac{n_1 \lambda_1}{\beta \xi} (\theta_{kt} - \theta_1) \left(1 + \frac{Bi_2}{n_2} \right)$$

Giá trị n_1 có thể tra trên hình 1.3. Chỉ số n_2 tra trên hình 1.4. Trong khuôn hình trụ mỏng thành có làm nguội bằng nước, giá trị n_2 ở giai đoạn 2 (khi mặt truyền nhiệt đã đi qua chiều dày khuôn và bắt đầu nâng cao nhiệt độ môi trường) sẽ tiến nhanh đến giá trị 1. Nhiệt độ θ_2 có thể tính theo công thức sau đây:

$$\theta_2 = \frac{\theta_{kt} Bi_2}{Bi_2 + \frac{Bi_3}{F_2 + Bi_3} \left(1 + \frac{\beta \xi}{\lambda_1 n_1} \right)} \quad (1.37)$$

$$\theta_3 = \theta_{kt} Bi_2 \left[Bi_2 \left(1 + \frac{F_2}{F_3} Bi_3 \right) + \frac{F_2}{F_3} Bi_3 \left(1 + \frac{\beta \xi}{\lambda_1 n_1} \right) \right]^{-1} \quad (1.38)$$

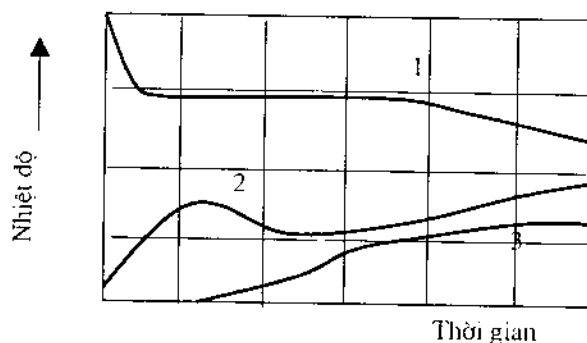
trong đó: F_2 và F_3 là diện tích bề mặt trong và ngoài của khuôn kim loại.

1.1.4. Sự hình thành khe hở khí

Quá trình truyền nhiệt khi đúc trong khuôn kim loại khá phức tạp do việc nung nóng, làm nguội của khuôn và vật đúc không đồng đều, lớp sơn khuôn bị cháy, khuôn bị biến dạng... Tổng hợp các quá trình đó làm xuất hiện một khe hở giữa vật đúc và khuôn đúc.

Hình 1.6. Sự hình thành khe hở khí

- 1 - Nhiệt độ kim loại lỏng;
- 2 - Nhiệt độ bề mặt khuôn;
- 3 - Chiều rộng khe hở khí.



Khe hở khí có hệ số dẫn nhiệt thấp, thấp hơn hệ số dẫn nhiệt của lớp sơn khuôn hàng chục lần cho nên vai trò nhiệt trở của chất sơn khuôn trở nên không đáng kể nữa. Trong khuôn kim loại, lớp sơn chỉ có tác dụng làm giảm va đập nhiệt và gradient nhiệt trên bề mặt khuôn khi kim loại lỏng tiếp xúc trực tiếp với khuôn đúc khi khe hở khí chưa hình thành.

Thực nghiệm đã chứng minh được rằng, khe hở khí bắt đầu hình thành khi quá trình đông đặc đã kéo dài khoảng 40 - 50% và trùng với thời điểm nhiệt độ bề mặt khuôn tăng đến giá trị cực đại (hình 1.6). Tại thời điểm ban đầu mới rót khuôn, kim loại lỏng và khuôn đúc còn tiếp xúc với nhau, nhiệt truyền từ kim loại sang khuôn với tốc độ khá lớn, nhiệt độ kim loại giảm rất nhanh và nhiệt độ bề mặt khuôn cũng tăng nhanh. Khi nhiệt độ khuôn đạt giá trị cực đại cũng là lúc khe hở khí bắt đầu xuất hiện, nhiệt trở tăng lên và cường độ trao đổi nhiệt qua khe hở khí cũng giảm đáng kể, nhiệt độ bề mặt khuôn giảm xuống. Khi chiều rộng khe hở khí dần ổn định, đồng thời, khuôn không thể thải hết nhiệt vào môi trường mà nó vẫn có hệ số tích nhiệt nhất định, nhiệt độ bề mặt khuôn lại tiếp tục tăng.

Khi khe hở khí xuất hiện, điều kiện truyền nhiệt từ vật đúc qua khuôn ra ngoài môi trường sẽ thay đổi đi rất nhiều. Bản chất của khe hở khí bao gồm nhiều loại khí, nhưng trong tính toán có thể coi đó là không khí, các thông số nhiệt lý có thể dùng của không khí để tính toán. Lúc đó, điều kiện biên trên bề mặt tiếp xúc khuôn-vật đúc sẽ là:

$$-\lambda_2 \frac{\partial T_2(x, \tau)}{\partial x} = \frac{\lambda_K}{\delta_K} (T_1 - T_2) = -\lambda_1 \frac{\partial T_1(x, \tau)}{\partial x}$$

với λ_K - hệ số dẫn nhiệt của khe hở khí J/m.h⁰C; δ_K - chiều dày khe hở khí, m.

Hiện nay, có xu hướng chủ động tạo khe hở khí nhân tạo để điều chỉnh tốc độ nguội của vật đúc, nâng cao cơ tính và khắc phục một số khuyết tật của vật đúc, đồng thời nâng cao tính ổn định và tính bền vững của khuôn.

Để hiểu và nắm vững những vấn đề của khe hở khí xuất hiện khi đúc trong khuôn kim loại, chúng ta hãy khảo sát các hiện tượng xuất hiện khi rót kim loại vào khuôn.

Chiều dày lớp khe hở khí có thể tính toán gần đúng theo công thức:

$$X_k = X_{k1} + X_{k2}$$

trong đó X_{k1} và X_{k2} là chiều dày lớp khí hình thành do vật đúc co và sự dẫn nở của khuôn. Hai chiều dày này được xác định như sau:

$$X_{1k} = \alpha_1' (T_{k1} - T_1^*) R$$

$$X_{2k} = \alpha_2'' (T_2^* - T_{20}) R$$

trong đó α_1' và α_2'' là hệ số dẫn nở dài của vật đúc và của khuôn. T_1^* và T_2^* là nhiệt độ trung bình của vật đúc và khuôn.

Hệ số dẫn nhiệt tương ứng:

$$\beta_k = \frac{\lambda_k}{X_k} + \beta_L$$

Độ dẫn nhiệt bức xạ β_L tính theo:

$$\beta_L = \frac{C \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]}{T_1 - T_2}$$

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_0}}$$

C_1 , C_2 và C_0 là khả năng bức xạ của các bề mặt của vật đúc, lớp sơn và vật đen tuyệt đối. ($C_0 = 5,7 \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$).

Độ dẫn nhiệt toàn phần của khe hở khí:

$$\beta = \frac{\beta_{k1} \beta_k}{\beta_{k1} + \beta_k}$$

Nhiệt độ T_1^* tính cho vật đúc phẳng:

$$T_1^* = \frac{1}{2} (T_{k1} + T_1) \quad (1.39)$$

Với vật đúc hình trụ:

$$T_1^* = \frac{1}{3} (T_{k1} + 2T_1) \quad (1.40)$$

Giá trị T_2^* tính cho vật đúc tấm phẳng:

$$T_2^* = T_3 + \frac{T_2 + T_3}{n_2 + 1} \quad (1.41)$$

cho vật đúc hình trụ:

$$T_2' = T_3 + \frac{T_2 + T_3}{n_2 + 1} \left(1 + \frac{1}{n_2 + 2} \cdot \frac{X_2}{R} \right) \quad (1.42)$$

Thí dụ: Cùng số liệu của bài tập 1, tính toán các thông số nhiệt của lớp khe hở khí giữa vật đúc-khuôn đúc tại thời điểm kết thúc đông đặc của vật đúc. Lấy $C = 4 \text{ W/m}^2\text{K}^4$; $\alpha_T = \alpha''_T = 10^{-5}$; $\lambda_K = 0,06 \text{ W/m}^0\text{C}$.

Điều chỉnh khe hở khí

Khi đúc trong khuôn kim loại bằng gang, lớp bề mặt vật đúc đông đặc với tốc độ tương đối lớn làm cho một lượng lớn xementit tự do sẽ hình thành trong kim loại, gang bị biến trắng. Để tránh hiện tượng biến trắng này, có thể dùng giải pháp thay đổi khe hở khí. Nội dung như sau.

Tốc độ đông đặc kim loại ở lớp bề mặt vật đúc được xác định theo phương trình:

$$\frac{d\xi}{dt} = \frac{\beta(\theta_1 - \theta_2)}{\rho_1 \left[q_{kt} + \frac{c_1}{n_1 + 1} (\theta_{kt} - \theta_1) \right]} \quad (1.43)$$

Đối với vật đúc hình trụ:

$$\frac{d\xi}{dt} = \frac{\beta(\theta_1 - \theta_2)}{\rho_1} \left[q_{kt}(1 - \delta) + \frac{c_1(\theta_{kt} - \theta_1)}{n_1 + 1} \left(1 - \frac{2\delta}{n_1 + 2} \right) \right]^{-1} \quad (1.44)$$

Đối với vật đúc hình cầu:

$$\frac{d\xi}{dt} = \frac{\beta(\theta_1 - \theta_2)}{\rho_1} \left[q_{kt}(1 - 2\delta + \delta^2) + \frac{c_1(\theta_{kt} - \theta_1)}{n_1 + 1} \left(1 - \frac{4\delta}{n_1 + 2} + \frac{6\delta^2}{(n_1 + 2)(n_1 + 3)} \right) \right]^{-1}$$

Mức độ biến trắng (%) phụ thuộc vào số lượng xementit cùng tinh và xementit sơ cấp:

$$A = \left[(B + D) \frac{C_{ct}}{C_1} - D \right]$$

trong đó: $B = \frac{C_{ct} - 2}{C_1} \cdot 100\%$ là phần xementit cùng tinh và xementit sơ cấp tạo thành khi gang bị biến trắng hoàn toàn; C_{ct} - % cacbon cùng tinh; C_1 - % tổng cacbon;

$D = 0,3(100 - B)100\%$ là phần xementit thứ cấp.

Khi $A > 0$, quá trình kết tinh có kèm theo việc tiết ra xementit tự do. Lượng cacbon liên kết C_{lk} trong gang không hợp kim được xác định theo giản đồ ở hình 1.7.

Thí dụ, tính toán tốc độ đông đặc của lớp bề mặt vật đúc gang dạng phẳng với các số liệu sau đây: $t = 0$; $\theta_2 = 0$; $\theta_1 = \theta_{kt} = 1000^\circ\text{C}$; $\beta = 2500 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$; $C = 3,3\%$; $\text{Si} = 1,9\%$.

Giải:

Từ (1.34) ta có, tốc độ đông đặc: $\frac{d\xi}{dt} = \frac{2500 \times 1000}{7200 \times 276 \cdot 10^3} = 0,92 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$

Cacbon đương lượng: $C + \text{Si} = 3,3 + 1,9 = 5,2\%$

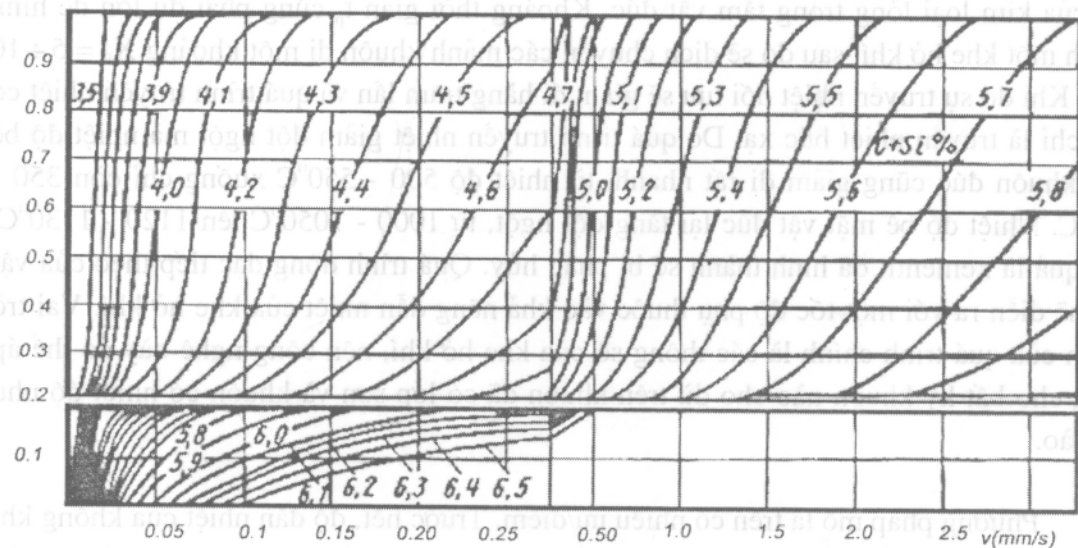
Từ giản đồ ở hình 1.7, tìm được: $C_{lk}/C_1 = 0,9$;

$C_{ct} = C + 0,33\text{Si} = 3,3 + 0,33 \cdot 1,9 = 3,93\%$.

$$B = \frac{3,93 - 2}{4,67} \cdot 100\% = 41,3\%$$

$D = 0,3(100 - 41,3) = 17,6\%$

C_{lk}/C_1



Hình 1.7. Giản đồ cấu trúc của gang

$$A = (41,3 + 17,6) \cdot 0,9 - 17,6 = 35,4\%$$

$$\frac{A}{B} = \frac{35,4}{41,3} = 0,85$$

có nghĩa là 85% cacbon được tiết ra khi đông đặc ở dạng xementit tự do.

Xementit tự do xuất hiện trong vật đúc làm cho vật đúc có độ cứng không đồng nhất, rất khó gia công. Muốn gia công cơ khí phải tiến hành ủ, việc này làm kéo dài chu trình sản xuất, làm xấu chất lượng vật đúc và tiêu hao nhiều năng lượng. Để ngăn ngừa hiện tượng biến trắng, phải thay đổi hoặc là thành phần hoá học của gang, hoặc là chế độ nhiệt của khuôn đúc. Trong sản xuất không thể sử dụng biện pháp thứ nhất vì nâng cao hàm lượng C + Si sẽ hạn chế được hiện tượng biến trắng nhưng lại làm xấu chất lượng kim loại, đặc biệt là gang sau cùng tinh. Việc điều chỉnh chế độ nguội của khuôn đúc có thể tiến hành bằng cách sơn lên bề mặt khuôn một lớp sơn cách nhiệt hoặc chế tạo một lớp hỗn hợp mỏng vỏ, nhưng công nghệ sơn và thiết bị để sơn không phải ở đâu và lúc nào cũng thực hiện được.

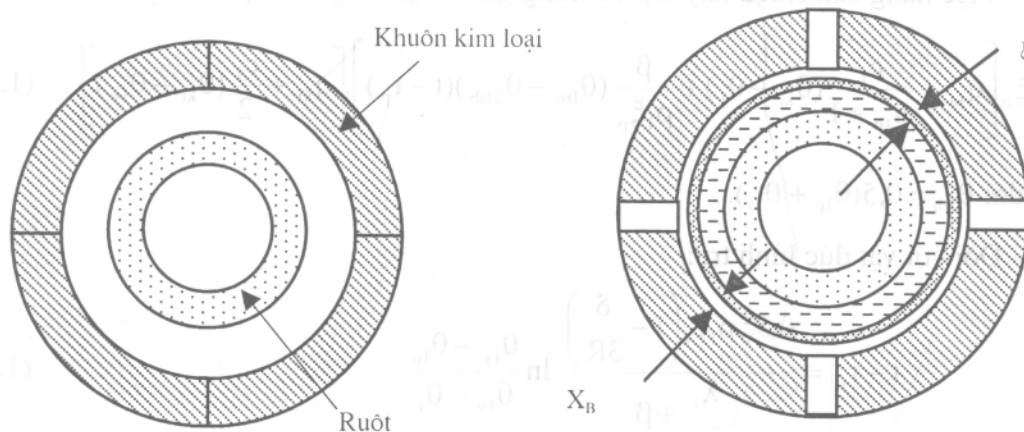
Một biện pháp hiện nay đang được áp dụng để điều chỉnh tốc độ nguội của khuôn kim loại là xê dịch khuôn (hình 1.8). Nguyên lý của phương pháp được mô tả như sau. Rót kim loại lỏng vào khuôn gồm nhiều mảnh. Giữ kim loại đông đặc một khoảng thời gian t_p đến thời điểm mở khuôn, lúc đó lớp vỏ đông đặc đã đủ bền để chịu được áp lực của kim loại lỏng trong tâm vật đúc. Khoảng thời gian t_p cũng phải đủ lớn để hình thành một khe hở khí, sau đó sẽ dịch chuyển các mảnh khuôn đi một khoảng $X_n = 5 \div 10$ mm. Khi đó sự truyền nhiệt đối lưu sẽ giảm đi hàng trăm lần và quá trình truyền nhiệt cơ bản chỉ là truyền nhiệt bức xạ. Do quá trình truyền nhiệt giảm đột ngột mà nhiệt độ bề mặt khuôn đúc cũng giảm đi rất nhanh, từ nhiệt độ 500 - 550°C xuống chỉ còn 350 - 380°C. Nhiệt độ bề mặt vật đúc lại tăng đột ngột, từ 1000 - 1050°C lên 1120 - 1130°C. Kết quả là xementit đã hình thành sẽ bị phân hủy. Quá trình đông đặc tiếp theo của vật đúc sẽ diễn ra với một tốc độ phụ thuộc vào khả năng dẫn nhiệt của khe hở khí. Vai trò chính của quá trình chính là các thông số của khe hở khí, nên công nghệ này có thể áp dụng cho bất kỳ khuôn nào cho dù trên khuôn đã có lớp sơn và khuôn có nhiệt độ như thế nào.

Phương pháp mô tả trên có nhiều ưu điểm. Trước hết, độ dẫn nhiệt của không khí nhỏ hơn độ dẫn nhiệt của lớp sơn hoặc lớp khuôn mỏng vỏ khoảng 5 đến 10 lần; Chiều dày lớp khe hở khí không bị hạn chế, và có thể điều chỉnh được trong khi đó chiều dày của lớp sơn là cố định và không thể điều chỉnh được khi đã lắp khuôn và do đó, chế độ

nhệt trong khi vật đúc đông đặc cũng có thể tiếp tục điều chỉnh được, hiệu quả cao hơn nhiều so với dùng sơn khuôn hoặc lớp khuôn mỏng vỏ. Sau khi phân hoá xementit xong có thể lại dịch chuyển các mảnh khuôn lại gần nhau để tăng tốc độ nguội ở giai đoạn kết tinh lần 2, nâng cao chất lượng vật đúc. Thời gian tiếp xúc của khuôn với kim loại lỏng giảm đi nhiều nên tuổi thọ của khuôn được nâng cao.

Khoảng thời gian t_p dao động trong khoảng 5 - 30 giây, phụ thuộc vào khối lượng và kích thước của vật đúc. Khi đó chiều dày lớp vỏ đông đặc đạt được khoảng 3 - 6 mm.

Việc phân tích quá trình truyền nhiệt trong khe hở đã chỉ ra rằng, thành phần bức xạ bằng $180 - 210 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ và hệ số dẫn nhiệt quy đổi β khi có lớp sơn 0,1 mm cũng chỉ có giá trị khoảng $200 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.



Hình 1.8. Sơ đồ khuôn kim loại có khe hở khí nhân tạo

a) Trước khi dịch chuyển khuôn; b) Sau khi dịch chuyển khuôn

Tại thời điểm dịch chuyển khuôn, nhiệt độ bề mặt vật đúc không có bước nhảy đột ngột mà tương đối đều. Quan hệ giữa nhiệt độ và thời gian có thể xác định theo:

$$t - t_p = \frac{0,5\xi \cdot \rho_l c_l}{\lambda_1 + \beta} \cdot \ln \frac{\theta_{ly} - \theta_{lp}}{\theta_{ly} - \theta_l} \quad (1.45)$$

trong đó: $\theta_{ly} = \frac{\theta_{kt} + \frac{\beta \cdot \xi}{\lambda_1} \theta_{2y}}{1 + \frac{\beta \cdot \xi}{\lambda_1}}$ là nhiệt độ bề mặt vật đúc đã được thiết lập tại giá trị quy định của ξ và θ_2 .

θ_{lp} là nhiệt độ bề mặt vật đúc tại thời điểm dịch chuyển khuôn;

$$\xi_{lb} = 0,5(\xi_p + \xi)$$

Giá trị θ_2 xác định theo công thức (1.29);

Từ phương trình (1.45) cần phải nhận thấy là, khi θ_1 tiến dần đến θ_{ly} thì t tiến dần đến vô cùng. Bởi vậy chỉ cần cho sự khác biệt của θ_1 và θ_{ly} khá nhỏ, khoảng vài độ.

Đối với tấm phẳng:

$$\theta_{2y} = \frac{\theta_{2p}}{n_2 + 1} \cdot \frac{X}{X_2} \quad (1.46)$$

Việc nâng cao chiều dày lớp vỏ trong giai đoạn chuyển tiếp xác định theo:

$$\xi = \xi_p \left[q_{kl} + \frac{c_l}{n_{lp} + 1} (\theta_{kl} - \theta_l) + \frac{\beta}{\rho_l \xi_p} (\theta_{lb} - \theta_{2lb}) (t - t_p) \right] \cdot \left[q_{kl} + \frac{c_l}{2} (\theta_{kl} - \theta_{ly}) \right] \quad (1.47)$$

trong đó: $\theta_{lb} = 0,5(\theta_{lp} + \theta_{ly})$.

Đối với vật đúc hình trụ:

$$t - t_p = \frac{0,5\xi_p c_l \left(1 - \frac{\delta}{3R}\right)}{\frac{\lambda_l}{\xi_{lb}} + \beta} \cdot \ln \frac{\theta_{ly} - \theta_{lp}}{\theta_{ly} - \theta_l} \quad (1.48)$$

$$\theta_{2y} = \frac{\theta_{2p}}{n_2 + 1} \cdot \frac{X}{X_2} \cdot \frac{1}{1 + \Delta} \quad (1.49)$$

Cần lưu ý rằng, sau khi dịch chuyển khuôn, cường độ trao đổi nhiệt giảm đi rất nhiều và có thể chấp nhận giá trị $n_2 = 1$.

Bài tập: Tính toán thời gian đông đặc của vật đúc gang dạng phẳng, khe hở khí nhân tạo có hệ số dẫn nhiệt $\beta = 200 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$; $t_p = 8,8$ giây; $\xi = 5 \text{ mm}$; $\theta_{lp} = 810^\circ\text{C}$; $\theta_{2p} = 366^\circ\text{C}$; $n_2 = 2$; $n_1 = 1,06$. (Đáp số: $t_s = 213$ giây).

1.1.5. Làm nguội khuôn

Công nghệ đúc trong khuôn kim loại, chu trình sử dụng khuôn hay tần suất nung nóng và làm nguội khuôn có ý nghĩa quyết định năng suất lao động và tuổi thọ của khuôn. Mặt khác, sau mỗi nhịp đúc, nhiệt độ của khuôn rất cao, bắt buộc phải chờ một thời gian để nhiệt độ khuôn giảm xuống nhiệt độ thích hợp cho rót khuôn thì chu kỳ rót

tiếp theo mới có thể tiếp tục được. Đôi khi, có những vật liệu đúc lại cần tốc độ nguội rất lớn, lớn hơn cả tốc độ nguội trong khuôn kim loại. Trong trường hợp đó cần phải làm nguội cưỡng bức khuôn đúc, tức là làm tăng cường độ trao đổi nhiệt trên bề mặt khuôn kim loại.

Thí nghiệm đã chứng minh được rằng, làm nguội cưỡng bức ảnh hưởng đến giai đoạn kết tinh mạnh hơn rất nhiều so với giai đoạn nguội của vật đúc. Nếu lấy thời gian kết tinh và thời gian nguội của vật đúc ở điều kiện bình thường là t_1 và t_2 , khi làm nguội khuôn bằng nước, khoảng thời gian kết tinh chỉ còn $t_1/1,5$ và thời gian nguội chỉ còn là $t_2/3$ tương ứng. Trong giai đoạn đầu của quá trình đông đặc, do khuôn và kim loại lỏng còn tiếp xúc với nhau, nhiệt độ khuôn tăng rất nhanh, gradient nhiệt độ trong thành khuôn cũng lớn, bởi vậy, khuôn rất dễ bị biến dạng trong giai đoạn này. Trong khuôn đúc phẳng, ứng suất được tính theo công thức:

$$\sigma = \frac{\beta - E}{1 - \nu} (T_2' - T_2'') \quad (1.50)$$

trong đó: β - hệ số giãn nở dài của vật liệu làm khuôn; E - môđun đàn hồi của vật liệu; ν - hệ số Poisson, lấy bằng 0,3; T_2' và T_2'' nhiệt độ bề mặt khuôn khi không làm nguội và có làm nguội bằng nước.

Như vậy, bằng cách làm nguội cưỡng bức có thể làm giảm đáng kể chu trình làm việc của khuôn và thời gian làm nguội vật đúc trong khuôn; làm giảm nhiệt độ bề mặt làm việc khuôn; không làm xấu trạng thái ứng suất nhiệt của khuôn vì đã tạo ra một chế độ nhiệt hợp lý để khuôn không bị biến dạng dẻo.

Tuy vậy, việc làm nguội cưỡng bức bằng nước cũng có nhược điểm. Hơi nước sẽ bị phân hủy trong hốc khuôn và gây hiện tượng phun bắn kim loại lỏng, dễ gây bỏng cho công nhân, mặt khác, nhiệt độ sôi của nước chỉ là 100°C nên khó đảm bảo nhiệt độ ban đầu của khuôn đạt trên 150°C sau khi dừng rót để tiếp tục cho chu kỳ sau.

Làm nguội bằng dòng không khí

Dùng dòng không khí từ quạt gió hoặc vòi phun từ máy nén khí để thổi vào bề mặt khuôn. Hiệu quả làm nguội tốt hơn đối với khuôn có mặt phân khuôn thẳng đứng, kém hơn đối với khuôn có mặt phân khuôn nằm ngang. Kết cấu khuôn trong trường hợp này nên có tường chắn để nâng cao hiệu quả làm nguội (hình 1.9a). Để nâng cao hiệu quả làm nguội, khuôn được chế tạo có thêm cánh tản nhiệt nằm song song với hướng thổi khí làm nguội.

Làm nguội bằng nước

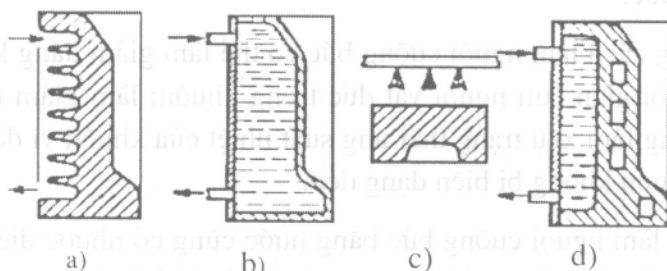
Khi làm nguội bằng dòng nước tuần hoàn trong khuôn, nhiệt độ bề mặt thành

bên ngoài của khuôn không thể vượt quá 100°C vì rằng, ngay sau khi ngừng cấp nước vào vòng làm nguội, quá trình nguội vẫn tiếp tục xảy ra do nước sôi. Để tránh hiện tượng quá nhiệt của thành khuôn, nhiệt độ nước trong vòng làm nguội phải gần bằng nhiệt độ sôi và việc cấp nước phải dừng ngay lập tức sau khi phần lớn nhiệt của vật đúc đã thoát ra ngoài.

Khi đúc các loại gang và thép trong khuôn kim loại, việc phun nước vào hốc làm nguội được tiến hành khi và chỉ khi vật đúc còn nằm trong khuôn. Việc cấp nước làm nguội bắt đầu vào thời điểm khi chiều sâu thẩm nhiệt bằng với chiều dày thành khuôn.

Có thể phun trực tiếp nước vào bề mặt khuôn (hình 1.9c), hoặc cho dòng nước chảy tuần hoàn trong khuôn, hình 1.9b, hoặc là làm nguội bằng cả nước và thổi không khí (hình 1.9d).

Việc tính toán chế độ làm nguội bằng nước như: tốc độ phun nước, lưu lượng, nhiệt độ ban đầu... khá phức tạp, nhưng vẫn có thể tính được thông qua tính toán trao đổi nhiệt giữa hai môi trường. Tuy nhiên, trong thực tế người ta lấy các số liệu thực nghiệm để áp dụng.

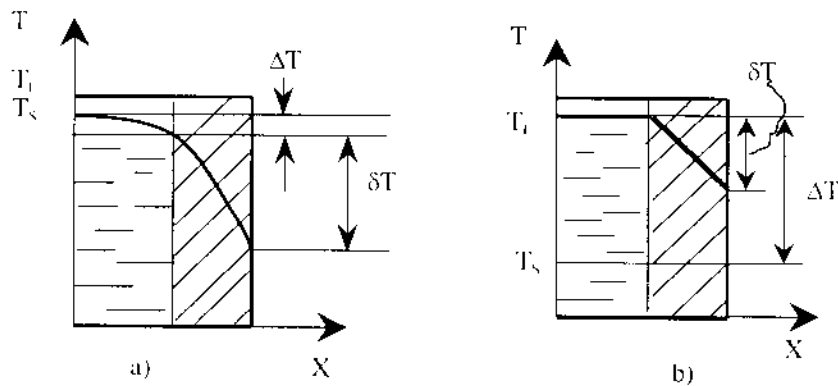


Hình 1.9. Các dạng làm nguội cưỡng bức khuôn kim loại

1.1.6. Kết tinh trong khuôn kim loại

Nguyên lý kết tinh dù trong khuôn cát hoặc trong khuôn kim loại vẫn là giống nhau, nhưng trong khuôn kim loại, tốc độ nguội lớn hơn rất nhiều, và bởi vậy tốc độ sinh mầm, tốc độ phát triển của mầm cũng có những đặc điểm riêng. Cũng chính do độ quá nguội lớn nên độ co của vật đúc trong khuôn kim loại cũng lớn hơn so với khuôn cát. Chế độ nhiệt của vật đúc kết tinh trong khuôn kim loại khá phức tạp, nó tùy thuộc vào tính chất nhiệt lý của kim loại đúc, vật liệu làm khuôn và chiều dày thành khuôn và được mô tả như trên hình 1.10

Gọi ΔT là khoảng nhiệt độ kết tinh; δT là độ chênh lệch nhiệt độ theo chiều dày thành vật đúc (hình 1.10). Tùy thuộc mối quan hệ $\Delta T / \delta T$ ta có những kiểu đông đặc sau đây.



Hình 1.10. Dạng kết tinh trong khuôn kim loại.

Đông đặc có hướng, hình 1.10a

Đây là điều kiện đông đặc mà thoả mãn quan hệ: khoảng nhiệt độ kết tinh ΔT rất nhỏ so với chênh lệch nhiệt độ δT theo chiều dày thành vật đúc:

$$\frac{\Delta T}{\delta T} \ll 1$$

Điều kiện này ứng với những kim loại sạch hoặc hợp kim có thành phần cùng tinh, nghĩa là kim loại có khoảng đông hẹp (hình 1.10a) và khuôn có hệ số dẫn nhiệt kém. Cơ chế kết tinh hình dung như sau: Mặt cắt ngang của vật đúc tại thời điểm xét luôn có hai phần rõ rệt: phần kim loại rắn và phần kim loại lỏng phân cách nhau bởi mặt sóng đông đặc. Vật đúc được bù co nhờ kim loại lỏng dịch chuyển tự do về phía bề mặt sóng đông đặc. Lôm co hình thành theo quy luật tự nhiên, tức là ở vùng kết tinh sau cùng, thường là phía trên vật đúc. Nếu tốc độ dịch chuyển của kim loại lỏng nhỏ hơn tốc độ co của vật đúc thì xóp co sẽ được hình thành. Nửa chiều rộng $\Delta \xi$ của xóp co đường tâm theo chiều dọc trục được tính theo công thức:

$$\Delta \xi = \sqrt[3]{\frac{3\beta \cdot \mu \cdot k^2 H^2}{2\rho \cdot X_1}}$$

trong đó: β - hệ số co thể tích của vật đúc; μ - độ nhớt động lực học; k - hệ số đông đặc;

H - chiều cao vật đúc; X_1 - một nửa chiều dày vật đúc; p - áp lực tác dụng lên kim loại lỏng ($p = p_a + \rho gh$).

Rõ ràng khi tăng tốc độ đông đặc thì vùng xốp co tăng lên. Tăng chiều cao, giảm chiều dày vật đúc cũng làm tăng thể tích vùng xốp co.

Đông đặc thể tích, hình 1.10b

Đông đặc thể tích xảy ra khi quan hệ giữa khoảng đông và chênh lệch nhiệt độ trong khuôn tuân theo quan hệ sau:

$$\frac{\Delta T}{\delta T} \gg 1$$

Đây là trường hợp kim loại đúc có khoảng đông lớn và khuôn đúc dẫn nhiệt nhanh. Giai đoạn đầu, kim loại lỏng kết tinh và dịch chuyển tự do để bù co. Đến khi vật đúc đã có khoảng 40% pha rắn thì trong toàn bộ khối kim loại lỏng sẽ hình thành một bộ lưới (khung) bất động. Kể từ thời điểm này, việc dịch chuyển kim loại lỏng phải thông qua bộ lưới này và hình thành cơ chế lọc kim loại lỏng theo quy luật thẩm mao dẫn Dasi. Quá trình lọc sẽ kết thúc khi đã có 80% kim loại lỏng chuyển thành pha rắn và quá trình bù co không thể thực hiện được nữa. Trong vật đúc sẽ hình thành xốp co phân tán và thể tích lỗm co sẽ giảm đi. Để khắc phục tình trạng này có thể dùng các biện pháp như tác dụng ngoại lực lên kim loại lỏng như ép thêm, rung... hoặc thiết kế khuôn hợp lý để có hướng đông thuận lợi.

Đông đặc thông thường

Khi khoảng đông ΔT có giá trị xấp xỉ δT , vật đúc sẽ kết tinh có ba vùng rõ rệt: vùng lỏng, vùng hai pha và vùng rắn. Quá trình dịch chuyển kim loại lỏng để bù co bắt buộc phải qua cơ chế lọc ở vùng hai pha. Cơ chế lọc ở vùng hai pha là nguyên nhân chính gây ra hiện tượng xốp co cũng như khuyết tật thiên tích thuận và thiên tích nghịch trong vật đúc. Kim loại lỏng có được lọc qua vùng này hay không, phụ thuộc chủ yếu vào sức căng bề mặt của pha lỏng và khung xương đã hình thành, vào lực hút thẩm của ống mao dẫn.

Bình thường, kim loại lỏng được lọc qua hệ thống khung lưới theo đúng các quan hệ trên giản đồ trạng thái. Thành phần pha lỏng biến đổi theo đường lỏng, thành phần pha rắn biến đổi theo đường đặc của giản đồ. Với hợp kim có hệ số phân bố $k_0 < 1$, pha lỏng càng về sau càng giàu các nguyên tố hợp kim, có nghĩa là các nguyên tố hợp kim sẽ bị đẩy dần về phần vật đúc đông đặc sau cùng, thường là tâm vật đúc. Tâm vật đúc

giàu các nguyên tố hợp kim, vỏ vật đúc giàu các nguyên tố nền. Đây chính là hiện tượng thiên tích thuận.

Với kim loại có khoảng đông khá lớn, khi bộ khung xương đã hình thành, nhưng trong không gian giữa các tinh thể đã đông đặc vẫn tồn tại pha lỏng. Do hiện tượng co, phần kim loại lỏng này sẽ bị kéo dẫn ra nhưng không có kim loại lỏng khác bổ sung tại chỗ, tạo thành một chuỗi dây các xóp co tế vi nối dài đến tận vùng lỏng. Do hiệu ứng ống mao dẫn, phần kim loại đông đặc sau cùng nhưng giàu các nguyên tố hợp kim sẽ bị hút vào dây xóp co này và hình thành vùng thiên tích nghịch.

Vật liệu làm khuôn bằng kim loại như gang, thép và hợp kim của đồng thường có hệ số dẫn nhiệt cao, cao hơn rất nhiều so với khuôn cát và khuôn gốm. Bởi vậy, khi đúc cùng một loại vật liệu có cùng khoảng đông, thì độ chênh lệch nhiệt độ ΔT của vật đúc trong khuôn kim loại sẽ lớn hơn rất nhiều so với cùng vật đúc trong khuôn cát, kết quả là, vật đúc trong khuôn kim loại có xu hướng thiên về kết tinh theo kiểu kết tinh có hướng mạnh hơn.

Mặt khác, do có tốc độ nguội cao hơn khuôn cát nên độ quá nguội của kim loại kết tinh trong khuôn kim loại cũng lớn hơn nhiều. Điều này sẽ làm thay đổi điều kiện hình thành và phát triển của mầm kết tinh như bán kính tới hạn của mầm, tốc độ tạo mầm v_m và tốc độ phát triển mầm v_p :

$$v_m = K \cdot \exp\left(-\frac{\sigma^3}{T \cdot \Delta T^2}\right) \cdot \exp\left(-\frac{\sigma^2}{T \cdot \Delta T}\right)$$

$$v_p = K \cdot \exp\left(-\frac{\sigma^2}{T_0 \cdot \Delta T - \Delta T^2}\right) \cdot \exp\left(-\frac{Q}{T_0 - \Delta T}\right)$$

trong đó: K - hệ số thực nghiệm; σ - sức căng bề mặt kim loại lỏng; ΔT - độ quá nguội; Q - hoạt năng nguyên tử kim loại.

Từ hai công thức trên thấy rõ ràng là, khi tăng độ quá nguội ΔT các giá trị tốc độ tạo mầm và tốc độ phát triển của mầm đều tăng. Đây là một ưu thế nữa của đúc trong khuôn kim loại.

1.2. KHUÔN KIM LOẠI

1.2.1. Đặc điểm và phân loại

Công nghệ đúc trong khuôn kim loại có ưu điểm nổi bật là khuôn có độ bền cao, sử dụng nhiều lần và khả năng dẫn nhiệt tốt. Điều này làm cho công nghệ đúc trong

khuôn kim loại dễ cơ khí hoá, tự động hoá và mang lại hiệu quả kinh tế rất cao. Tuy nhiên, việc chế tạo khuôn rất phức tạp và tốn kém. Việc lựa chọn khuôn kim loại và công nghệ đúc phải thoả mãn một số yêu cầu cơ bản sau đây:

1. Bảo đảm chế độ nhiệt của khuôn trong suốt quá trình làm việc: nguội nhanh và tốc độ nguội đồng đều, nâng cao chất lượng vật đúc, giảm khả năng xuất hiện ứng suất trong vật đúc;

2. Tháo dỡ khuôn và lấy vật đúc một cách dễ dàng;

3. Bố trí hệ thống rót, ngót thuận tiện trong khuôn, đảm bảo điền đầy tốt, thoát khí thuận lợi.

Kết cấu khuôn cũng rất đa dạng. Có thể dùng khuôn toàn khối cho vật đúc đơn giản và dễ thoát khuôn. Vật đúc phức tạp phải dùng khuôn có mặt phân khuôn. Trong công nghệ khuôn kim loại, hết sức hạn chế dùng mặt phân khuôn nằm ngang do tính phức tạp của các thao tác và tính năng điền đầy kim loại lỏng. Đối với những vật đúc mặt ngoài có dạng đối xứng hoặc hình trụ, nên dùng khuôn có kiểu cánh cửa để dễ thao tác lắp ghép khuôn.

Đối với các lỗ rỗng trong vật đúc, vẫn phải dùng ruột đúc. Ruột trong khuôn kim loại có thể là ruột cát dành cho các lỗ rỗng có hình dạng phức tạp, ruột bằng kim loại cho các lỗ rỗng đơn giản và có hướng thoát khuôn thuận lợi.

Trong điều kiện cần tăng tốc độ nguội cho khuôn, người ta thiết kế các cánh tản nhiệt ở phía ngoài, tiếp xúc với không khí.

1.2.2. Vật liệu làm khuôn kim loại

Do đặc điểm làm việc là khuôn kim loại phải chịu va đập nhiệt và tác dụng nhiệt theo chu kỳ, nên vật liệu làm khuôn phải đủ bền để chịu đựng được các tác dụng trên mà không bị nứt hay cong vênh. Gang xám 18-36 hoặc 21-40 là vật liệu thông dụng nhất để đúc hợp kim nhôm và hợp kim đồng. Đúc gang phải dùng khuôn thép, thí dụ thép C15; 15CrMn; thép 3% Mn hoặc dùng các mác gang cầu GC 42-12, GC 45-5 nhưng phải có chế độ làm nguội thích hợp. Trong trường hợp vật đúc cần tốc độ nguội rất lớn, có thể dùng khuôn bằng nhôm để đúc đồng nhưng phải được làm nguội bằng nước, tránh hiện tượng nóng chảy khuôn. Những miếng rời hoặc ruột có thể làm bằng thép hoặc bằng đồng.

Nhiều nghiên cứu đã chứng tỏ rằng, khuôn bằng gang cầu có tính ổn định tốt hơn khuôn bằng gang xám. Gang cầu làm khuôn cần có nền là ferit. Đối với gang xám làm

khuôn đúc, các nguyên tố lưu huỳnh, mangan và photpho làm giảm tính ổn định nhiệt của khuôn. Nhôm làm tăng tính bền chống nứt của khuôn bằng gang graphit tấm. Khi gang đã có trên 1% Si mà hợp kim hoá thêm nhôm, thì graphit sẽ kết tinh dưới dạng thô và cụm lớn, làm giảm độ bền chống va đập nhiệt của gang.

Để xem xét tính phù hợp của vật liệu làm khuôn kim loại, người ta sử dụng một số tiêu chuẩn đánh giá. Giá trị các thông số đánh giá càng cao, vật liệu càng có tính ổn định tốt.

Tiêu chuẩn Kliubinski:

$$Z_0 = \frac{\sigma \cdot \lambda}{\alpha \cdot E} \quad (1.51)$$

trong đó: σ - độ bền tức thời; λ - hệ số dẫn nhiệt; α - hệ số dẫn nở dài, E - môđun đàn hồi.

Dùng trong đúc kim loại giòn, khuôn có có lớp sơn.

Tiêu chuẩn Khramenchóp:

$$K = \frac{\lambda \cdot \delta}{\alpha \cdot E} \quad (1.52)$$

trong đó: δ - độ giãn dài tương đối; λ - hệ số dẫn nhiệt; α - hệ số dẫn nở nhiệt.

Dùng để đúc các kim loại có độ dẻo cao.

1.2.3 Vị trí vật đúc trong khuôn

Về nguyên tắc, khi chọn vị trí vật đúc trong khuôn cần thoả mãn các yêu cầu cơ bản:

1) hướng đông của các phần chi tiết phải thuận lợi và các bề mặt quan trọng hoặc gia công cơ nên đặt ở phía dưới;

2) Điền đầy tốt và đường đi của kim loại lỏng là ngắn nhất;

3) Dễ làm sạch bavia;

4) Sử dụng tối đa ruột kim loại;

5) Thoát khí dễ dàng, tháo dỡ khuôn thuận lợi.

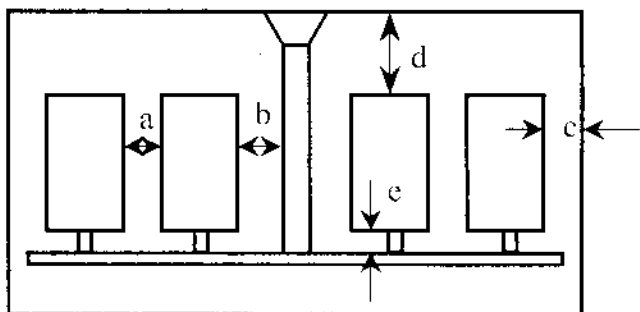
Vị trí vật đúc trong khuôn là thông số rất quan trọng trong công nghệ đúc vì nó ảnh hưởng trực tiếp đến sự phân bố nhiệt độ trong khuôn và vật đúc, chế độ làm việc của

khuôn và do đó ảnh hưởng đến tuổi bền của khuôn. Khi thiết kế, cần chú ý đến những giá trị về khoảng cách sau đây (hình 1.11):

1. Khoảng cách giữa hai thành khốe khuôn a nhỏ nhất là 20 mm;

2. Khoảng cách từ ống rót đến hốc khuôn b nhỏ nhất là 25 mm để tránh hiện tượng quá nhiệt của hốc khuôn, gây giảm chất lượng vật đúc.

3. Khoảng cách từ mép khuôn đến hốc khuôn c nhỏ nhất là 30 mm. Nếu khoảng cách này nhỏ hơn 30 mm, mép khuôn có thể bị cong vênh và kim loại lỏng sẽ bị trào ra ngoài do hiện tượng quá nhiệt không đều.



Hình 1.11. Vị trí vật đúc trong khuôn

Bảng 1.1. Độ còn của thành vật đúc

Vật liệu đúc	Độ còn thành vật đúc, % (*)		
	Mặt ngoài	Mặt trong (theo chiều của ruột kim loại) khi chiều cao thành, mm	
		dưới 50 mm	trên 50 mm
Gang	1,0 - 7,0	-	-
Thép cacbon	5,0	-	-
Hợp kim			
Nhôm	1,0 - 1,5	5,0	2,0 - 2,5(**)
Magie	2,5	3,0	2,0 - 3,0
Đồng	1,5	7,0	3,0 - 3,5 (**)
Kẽm	0,5	2,0	1,0
* So với chiều cao thành vật đúc			
** Với vật đúc mỏng thành			

4. Cột áp thủy tĩnh phải đủ lớn, d lớn hơn 60 mm để đảm bảo khả năng điền đầy khuôn

5. Chiều dài rãnh dẫn e lớn hơn 15 mm để tránh hiện tượng quá nhiệt trong hốc khuôn.

Theo hướng thoát khuôn, vật đúc cần có độ côn thích hợp để dễ tháo dỡ vật đúc. Các giá trị độ côn có thể tham khảo trên bảng 1.1.

Bảng 1.2. Kích thước lỗ tối hạn khi đúc trong khuôn kim loại

Vật liệu đúc	$d_{\min}$ mm	Chiều dài max, mm		Độ côn ruột theo chiều dài, %
		Chiều đứng	Chiều ngang	
Gang và hợp kim màu	10	(1,5 - 2,0)d	(2 - 3)d	1,5
Thép cacbon	12			
Hợp kim nhôm	8	2d	(3 - 6)d	2,0 - 3,0
Hợp kim kẽm	6	(2 - 3)d		

Ghi chú: Độ côn thành vật đúc gang lại phụ thuộc vào chiều cao vật đúc.

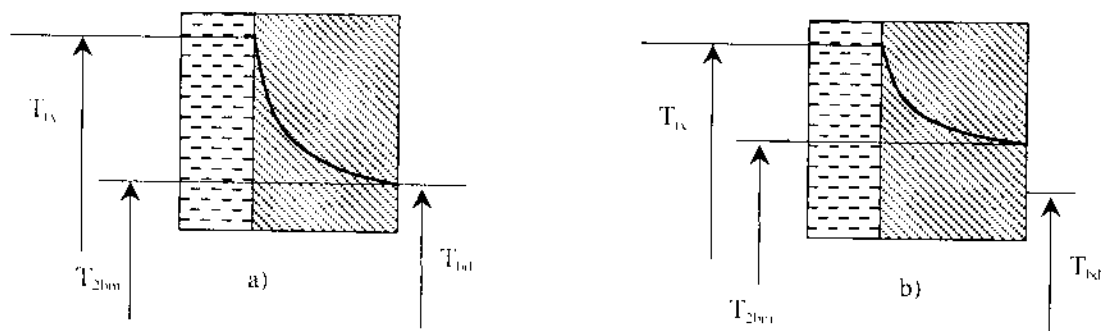
Chiều cao thành khuôn, mm..... dưới 50 51 - 100 101 - 500

Độ nghiêng, % chiều cao khuôn.....4,0 - 7,0 2,0 - 5,0 1,0 - 3,0

Những lỗ hổng trong vật đúc cần tạo bằng ruột không phải lúc nào cũng đúc được do tính phức tạp của ruột và khả năng chế tạo. Bởi vậy, những lỗ có kích thước nhỏ hơn kích thước tối hạn cho ở bảng 1.2 sẽ không đúc mà để gia công cơ.

1.2.4. Chiều dày thành khuôn

Để nắm vững những quy luật ảnh hưởng của quá trình công nghệ và chiều dày khuôn đến chất lượng vật đúc, cần hiểu khái niệm chiều sâu thẩm nhiệt của khuôn. Sau mỗi chu kỳ đúc, nhiệt độ mặt ngoài khuôn (T_{2bm}) bằng với nhiệt độ ban đầu theo thiết kế (hình 1.12a), ta nói rằng, chiều dày thành khuôn bằng với chiều sâu thẩm nhiệt. Nếu sau mỗi chu kỳ đúc, nhiệt độ mặt ngoài của khuôn cao hơn nhiệt độ môi trường (hình 1.12b) ta nói rằng, chiều sâu thẩm nhiệt lớn hơn chiều dày thành khuôn.



Hình 1.12. Khái niệm về chiều sâu thẩm nhiệt khuôn đúc

Trong công nghệ đúc trong khuôn kim loại, việc lựa chọn và thiết kế chiều dày thành khuôn có ý nghĩa quyết định đến tuổi thọ của khuôn. Việc thay đổi chiều dày thành khuôn sẽ làm thay đổi điều kiện đông đặc của vật đúc, tức là thay đổi tốc độ đông đặc của vật đúc trong khuôn kim loại. Đối với những vật liệu đúc có nhiệt độ nóng chảy tương đối thấp, tăng chiều dày thành khuôn sẽ làm tăng tốc độ nguội. Với những vật liệu khó nóng chảy hoặc nhiệt độ nóng chảy cao, thì tăng chiều dày thành khuôn cũng không làm thay đổi tốc độ nguội như với thép nhưng lại làm giảm tốc độ nguội đối với đúc Ti, Ni... Điều này được giải thích nhờ quan hệ giữa khả năng tích nhiệt của khuôn và khả năng truyền nhiệt đối lưu của khuôn ra môi trường xung quanh.

Khi kim loại đúc có nhiệt độ nóng chảy thấp thì lượng nhiệt tích trong khuôn có vai trò lớn hơn so với lượng nhiệt toả ra môi trường xung quanh. Bởi vậy, nếu tăng chiều dày thành khuôn sẽ làm tăng tốc độ nguội. Nhưng với kim loại lỏng có nhiệt độ nóng chảy cao thì hiện tượng lại ngược lại, tăng chiều dày thành khuôn lại làm giảm tốc độ nguội của vật đúc do lượng nhiệt mà kim loại lỏng toả ra rất lớn, khuôn đúc không thể tích lại toàn bộ lượng nhiệt nói trên. Lúc đó muốn tăng tốc độ nguội của vật đúc cần phải giảm chiều dày thành khuôn.

Công thức kinh nghiệm tính chiều dày thành khuôn kim loại theo Vejnich:

$$X_3 = \frac{k}{2} A \left(1 + \sqrt{1 + \frac{8}{A} \frac{\lambda_3}{\alpha_1}} \right) \quad (1.53)$$

trong đó: k - hệ số lặp phụ thuộc kết cấu vật đúc, có thể chọn $k = 1$ trong các trường hợp thông thường.

$$A = \frac{3Q}{c_3 \rho_3 (T_{dd} - T_{3bd})}$$

$$\alpha_1 = \lambda_2 / X_2$$

$$Q = \rho \cdot X_1 [c_1 (T_R - T_{dd}) + r_1]$$

trong đó: X_1 - một nửa chiều dày thành vật đúc; c - nhiệt dung riêng (chỉ số 1 cho vật đúc, 2 cho lớp sơn và 3 cho khuôn đúc); r - ẩn nhiệt kết tinh; T_{dd} và T_R - nhiệt độ đông đặc và nhiệt độ rót; X_2 - chiều dày lớp sơn khuôn. Trong công thức trên tạm chấp nhận chiều dày thành khuôn xấp xỉ chiều sâu thẩm nhiệt của khuôn tại thời điểm bắt đầu đông đặc. Khi chiều dày thành khuôn lớn hơn X_3 , các điều kiện về nhiệt của quá trình hình thành vật đúc cũng không thay đổi.

Theo Petrichencô, chiều dày thành khuôn xác định theo công thức:

$$X_3 = \frac{3B}{2K_p} X_1 \left(K_B + \frac{1 + K_B}{T_R - T_{3kl}} \frac{r_1}{c_1} \right) \quad (1.54)$$

trong đó: B - hệ số đã tính đến khả năng cong vênh, oxy hoá, lấy $B = 1,25 \div 2,0$; X_1 - một nửa chiều dày thành vật đúc;

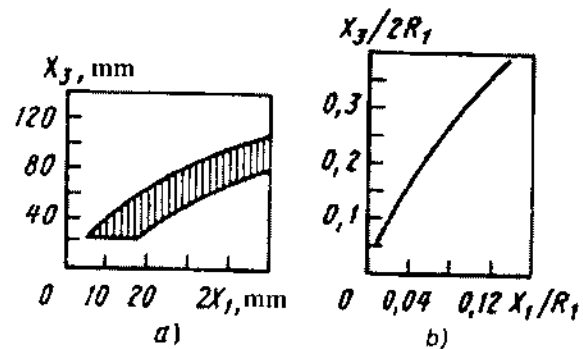
$$K_p = 2X_1/R_q; K_B = b_3/b_1$$

R_q - chiều dày quy đổi của thành vật đúc; b_3 và b_1 - hệ số tích nhiệt của khuôn và kim loại đúc; T_p và T_{3kl} - nhiệt độ rót và nhiệt độ ban đầu của khuôn; r_1 và c_1 - ẩn nhiệt kết tinh và nhiệt dung riêng của kim loại đúc.

Trong thực tế, đối với vật đúc gang, có thể chọn chiều dày khuôn kim loại theo công thức kinh nghiệm:

$$X_3 = 11\sqrt{2X_1} \quad (1.55)$$

Ngoài ra, có thể dùng các giá trị thực nghiệm để xác định chiều dày thành khuôn. Đối với những vật đúc có hình dáng khác nhau có thể tham khảo trên hình 1.13.



Hình 1.13. Giản đồ xác định chiều dày thành khuôn kim loại

Hình 1.13a là giản đồ để tra cứu chiều dày thành khuôn cho vật đúc phẳng, giá trị X_3 thường lấy trong miền gạch chéo và lấy cận trên. Vật đúc phức tạp, có vấu lỗ thường lấy giá trị cận dưới. Vật đúc có một phía là ruột cát thì chiều dày khuôn X_3 xác định theo theo giá trị 2 lần chiều dày thành vật đúc.

Chiều dày thành khuôn X_3 đối với vật đúc hình trụ rỗng được xác định theo tiêu chuẩn X_1/R_1 (hình 1.13b), với X_1 là một nửa chiều dày của thành vật đúc; R_1 là bán kính ngoài vật đúc. Với vật đúc đặc lấy $X_3 = 1,4R_1$.

Ảnh hưởng của chiều dày thành khuôn đến quá trình đông đặc của vật đúc có liên quan chặt chẽ đến kích thước, hình dáng của vật đúc, các điều kiện của quá trình trao đổi nhiệt. Đối với vật đúc thép hoặc gang, khi tăng chiều dày thành khuôn so với chiều dày vật đúc, thì khoảng thời gian đông đặc hoàn toàn của vật đúc cũng tăng lên

một chút (tốc độ đông đặc ban đầu giảm đi) lý do là nhiệt trở của khuôn tăng lên, làm cản trở quá trình trao đổi nhiệt từ khuôn ra bên ngoài môi trường. Tiếp tục tăng chiều dày thành khuôn, đường biểu diễn thời gian đông đặc vượt qua giá trị cực đại rồi giảm dần. Thời gian đông đặc giảm dần khi tăng chiều dày thành khuôn lúc này lại chính là do khả năng tích nhiệt của khuôn tăng lên. Khi giá trị X_3 đủ lớn thì khả năng tích nhiệt của khuôn không còn ảnh hưởng đến thời gian và tốc độ đông đặc nữa.

Chiều dày thành khuôn có ảnh hưởng đến quá trình hình thành vật đúc thông qua độ cong thành vật đúc. Trong khuôn hình trụ sản xuất hàng loạt, vật đúc kích thước nhỏ, mật độ nhiệt lượng trên bề mặt tiếp xúc với vật đúc bị phân tán nhiều hơn ở trong khuôn chứa vật đúc lớn. Mức độ phân tán càng cao, tốc độ trao đổi nhiệt càng lớn. Bởi vậy, tốc độ dẫn nhiệt trong khuôn chứa vật đúc đường kính lớn sẽ có giá trị nhỏ hơn khi vật đúc có đường kính nhỏ. Tốc độ dẫn nhiệt sẽ tiến tới giá trị nhỏ nhất nếu bán kính R_1 tiến tới giá trị vô cùng lớn, có nghĩa là, đối với vật đúc thành phẳng. Trong trường hợp này, độ phân tán của trường nhiệt độ dẫn tới giá trị 0.

1.2.5. Hệ thống thoát hơi cho khuôn kim loại

Khi kim loại lỏng điền đầy khuôn, lượng không khí trong hốc khuôn và khí thoát ra từ kim loại lỏng phải được thoát ra ngoài mà không được đi vào kim loại lỏng. Khuôn kim loại có hệ số thông khí bằng 0, bởi vậy hệ thống thoát khí cho khuôn đúc rất quan trọng, mặt khác, khuôn kim loại thường có nhiệt độ cao, mặt phân khuôn ghép chính xác nên khí thoát ra ngoài rất khó khăn, bởi vậy, hệ thống thoát khí có tính quyết định đến khả năng điền đầy và chất lượng vật đúc ở góc độ vật đúc có bị rỗ khí hay không rỗ khí. Vị trí đặt hệ thống thoát khí cho khuôn thường đặt ở phần cao nhất của vật đúc, ở trên mặt phân khuôn hoặc ở những bộ phận vấu lồi trên vật đúc. Đối với kim loại và hợp kim màu, do đặc tính dễ hút khí khi đúc nên việc bố trí hệ thống thoát khí lại càng cần thiết và số lượng phải nhiều hơn bình thường.

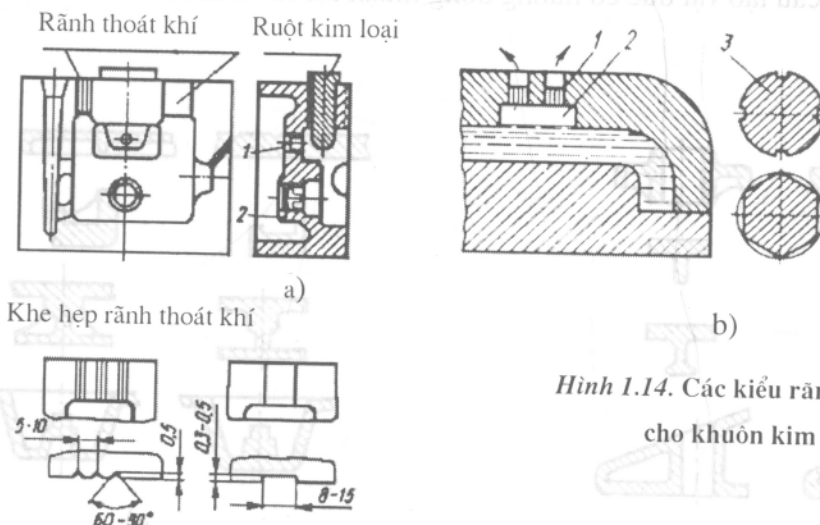
Hình dáng của hệ thống thoát khí có thể dùng nhiều kiểu, phụ thuộc vào vị trí và cách đặt hệ thống. Nếu thoát khí trên bề mặt phân khuôn, thường dùng kiểu khe hẹp hoặc góc nhọn (hình 1.14a). Thoát hơi cho các vấu lồi trên vật đúc, thường dùng kiểu nút có rãnh khía, thí dụ, dùng cho khuôn đúc pittông (hình 1.14b).

Việc tính toán tổng diện tích thiết diện khe hở thoát hơi cho khuôn rất phức tạp, tuy rằng, về nguyên tắc là hoàn toàn có thể tính được. Cơ sở tính toán thiết diện hệ thống thoát khí là các số liệu tổng lượng khí có trong hốc khuôn, tốc độ rút, tổng diện tích rãnh dẫn, độ nhớt của không khí trong khuôn có tính đến ảnh hưởng của nhiệt độ. Thực tế có thể lấy giá trị tổng thiết diện rãnh thoát khí theo giá trị kinh nghiệm:

$$S_B = 1,25S_d$$

với S_d là tổng diện tích rãnh dẫn của hệ thống rót.

Việc xác định vị trí và mật độ các rãnh thoát khí cũng rất quan trọng trong công nghệ đúc khuôn kim loại. Thực tế cho thấy, khi đúc pittông nhôm bằng công nghệ truyền thống, phần đế khuôn tiếp xúc với đỉnh pittông phải có mật độ rãnh thoát khí dày đặc.



Hình 1.14. Các kiểu rãnh thoát khí cho khuôn kim loại

1.3. CÔNG NGHỆ KHUÔN KIM LOẠI

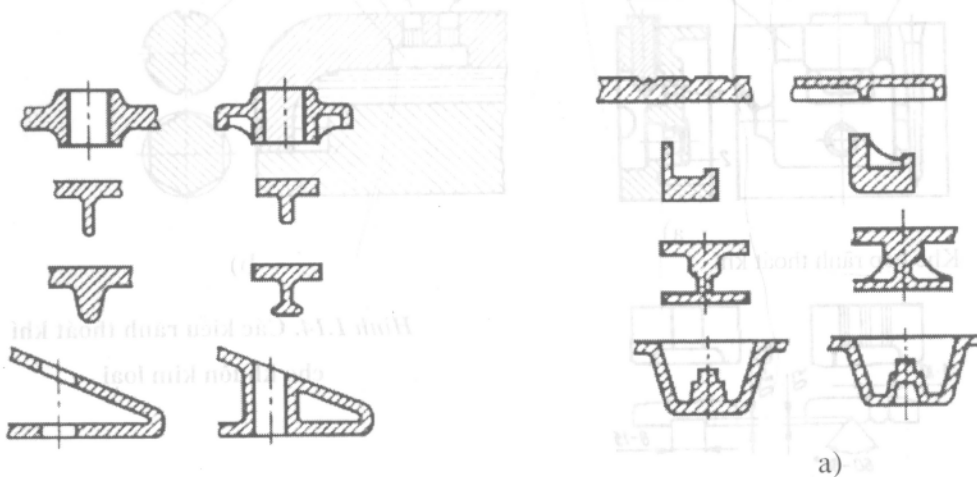
1.3.1. Tính công nghệ và kết cấu vật đúc

Tính công nghệ và kết cấu của vật đúc trong công nghệ khuôn cát, nếu bị vi phạm thì vẫn có thể lấy mẫu ra khỏi khuôn và sau đó lại vẫn có thể sửa lại hình dáng khuôn để thu được vật đúc hoàn chỉnh. Khuôn kim loại có đặc điểm là không biến dạng và có hệ số dẫn nhiệt cao, bởi vậy nếu tính công nghệ và kết cấu vật đúc không hợp lý sẽ không thể tháo dỡ vật đúc ra khỏi khuôn, kim loại sẽ co và bó chặt ruột gây hiện tượng kẹt. Như vậy, ngoài những yêu cầu chung về kết cấu vật đúc giống như đúc trong khuôn cát, vật đúc trong khuôn kim loại còn cần chú ý đến một số nguyên tắc sau đây:

- Kích thước đường bao vật đúc càng nhỏ càng tốt, mặt phân khuôn dạng mặt phẳng là tốt nhất, ruột nên sử dụng ruột kim loại, số mặt phân khuôn và số lượng ruột phải là nhỏ nhất.

- Vật đúc không có những góc nhọn, vấu lồi và gân tăng cứng quá cao, không có sự chuyển đột ngột về chiều dày thành vật đúc từ thành này sang thành kia.

- Góc nghiêng và chiều dày thành vật đúc phải hợp lý để đảm bảo rót êm và điền đầy tất cả các bộ phận của vật đúc.
- Kết cấu vật đúc phải có tác dụng không sinh ứng suất do cản co và việc tháo dỡ khuôn phải dễ dàng.
- Sử dụng càng ít ruột càng tốt. Nếu có ruột, nên dùng ruột kim loại để đảm bảo chất lượng hợp kim đúc.
- Nền cấu tạo vật đúc có hướng đồng thuận lợi cả về kết cấu lẫn hình dáng.

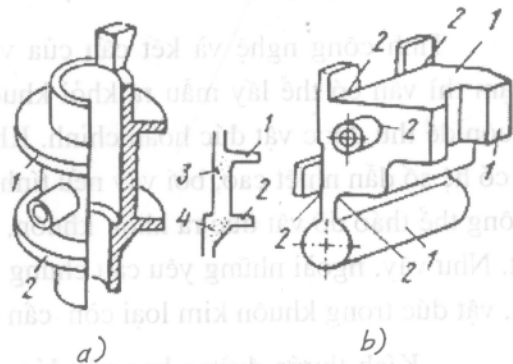


Hình 1.15. Kết cấu vật đúc:

a) Kết cấu không hợp lý; b) Kết cấu hợp lý

Hình 1.15 cho ta hình dung cụ thể một số nguyên tắc đã nêu trên. Trong thiết kế chi tiết đúc trong khuôn kim loại, đôi khi cũng cần phải điều chỉnh lại kết cấu chi tiết theo hướng hợp lý hơn về mặt công nghệ.

Hình 1.16 cho một hình dung về tính không hợp lý kết cấu của vật đúc bằng hợp kim nhôm dạng ống a) và dạng bệ máy b). Những vị trí 1 có chiều dày lớn rất dễ sinh khuyết tật co ngót, những vị trí chuyển tiếp đột ngột 2 rất dễ sinh khuyết tật nứt. Muốn khắc phục những



Hình 1.16. Kết cấu không hợp lý của vật đúc

bằng hợp kim nhôm:

dạng ống a) và dạng bệ máy b)

khuyết tật trên cần phải thiết kế lại kết cấu vật đúc: làm vật đúc dày thêm ở những vị trí chuyển tiếp đột ngột để hình thành các góc lượn; chuyển phần vật đúc có thành quá dày thành nhiều phần mỏng hơn hoặc phải thiết kế đậu ngót.

Ngoài những tiêu chuẩn về kết cấu vật đúc, người ta dùng tiêu chuẩn gọi là hệ số đường bao K_v để đánh giá tính công nghệ của vật đúc trong khuôn kim loại,:

$$K_v = V_b / M_{vd}$$

trong đó: V_b - thể tích đường bao của vật đúc; M_{vd} - khối lượng của vật đúc.

Hệ số K_v càng nhỏ, tính công nghệ của vật đúc càng cao.

Cũng có thể sử dụng quan hệ sau đây để đánh giá tính công nghệ của vật đúc:

$$200R_p / L > 1$$

trong đó: R_p - chiều dày quy đổi của vật đúc; L - kích thước lớn nhất của vật đúc.

Trong thiết kế cần tính toán đến tất cả các tiêu chuẩn đã nói trên để xem xét tính công nghệ của chi tiết. Việc cân nhắc để lựa chọn phương án công nghệ hoàn toàn phụ thuộc vào tiêu chuẩn nào cần ưu tiên hơn nhưng vẫn phải đảm bảo nguyên tắc, tất cả các tiêu chuẩn phải được thoả mãn, chỉ có điều, tiêu chuẩn đó được thoả mãn đến mức nào.

Chiều dày tối thiểu δ_l của vật đúc

Do khuôn kim loại có hệ số dẫn nhiệt lớn nên độ chảy loãng của kim loại lỏng sẽ kém đi, rất khó đúc được những vật đúc mỏng thành, do vậy có một chiều dày tối thiểu δ_l của vật đúc mà mỗi kim loại đúc có thể điền đầy được trong điều kiện bình thường. Chiều dày tối thiểu của vật đúc trong khuôn kim loại cho trên bảng 1.3. Nếu là vật đúc gang cầu thì chiều dày tối thiểu lấy giá trị cận trên. Riêng đối với thép, chiều dày tối thiểu không nhỏ hơn 10 mm. Với đồng thanh dạng đặc biệt lấy giá trị cận trên, đồng thanh thiếc lấy giá trị cận dưới.

Chiều dày gân tăng cứng lấy bằng 0,7 chiều dày thành vật đúc.

Chiều dày vùng chuyển tiếp của vật đúc cần thoả mãn: $\frac{\delta'_l}{\delta''_l} \geq 0,8$; trong đó δ'_l và

δ''_l là chiều dày của hai thành tại vị trí tiếp giáp.

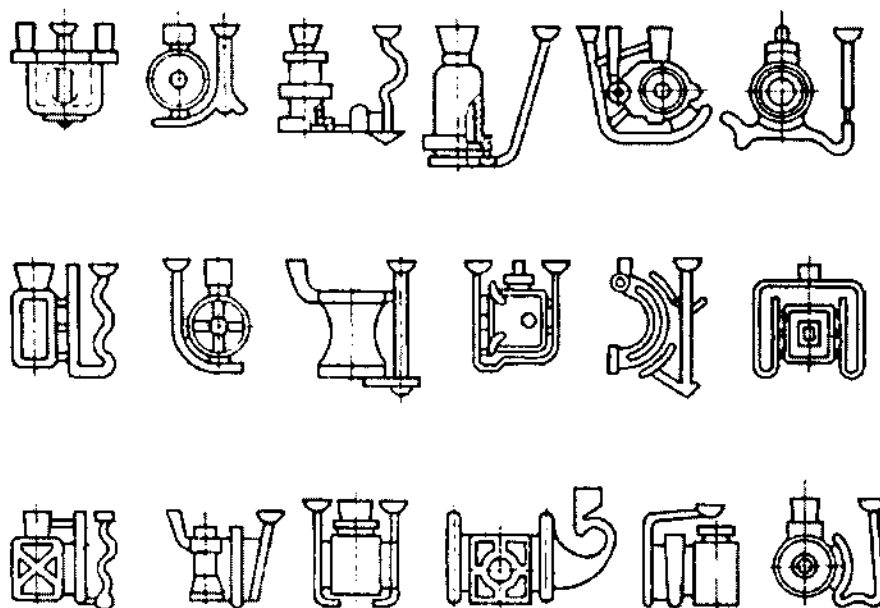
Bán kính góc lượn tại vị trí tiếp nối của hai thành:

$$R = \frac{\delta'_l + \delta''_l}{2}$$

Bảng 1.3. Chiều dày tối thiểu của thành vật đúc

	Thông số vật đúc	
	Diện tích bề mặt, cm ²	Chiều dày δ_1 , mm
Gang	Dưới 25	4 - 6
	25 - 125	6 - 7
Thép	25 - 125	8 - 10
Hợp kim nhôm	100 - 250	2,2 - 4,0
	250 - 900	2,5 - 4,5
	trên 900	3,5 - 5,5
Hợp kim Mg	Dưới 30	3
Đồng thanh	Dưới 30	4-6

1.3.2. Hệ thống rót trong khuôn kim loại



Hình 1.17. Các kiểu đặt hệ thống rót trong khuôn kim loại

Trong khuôn kim loại cũng dùng cả ba kiểu bố trí hệ thống rót: rót trên xuống, rót bên sườn và rót từ dưới lên. Rót từ trên xuống là hệ thống rót khá tiết kiệm, lượng tiêu hao

kim loại chỉ khoảng 4 - 10% so với khối lượng vật đúc. Rót trên xuống nếu có đặt thêm tấm lọc xỉ thì chất lượng kim loại cũng không thua kém phương pháp rót đùn.

Phương pháp rót đùn hoặc rót bên sườn thường áp dụng cho các chi tiết có chiều cao lớn và hình dáng phức tạp. Với những kim loại và hợp kim khó chảy hoặc nhiệt độ nóng chảy cao, thường phải chế tạo cốc rót riêng bằng vật liệu chịu lửa, để hạn chế hiện tượng làm hư hỏng hoặc nóng chảy cốc rót của khuôn kim loại. Kinh nghiệm cho thấy, nếu thời gian rót lớn hơn 10 giây, nên dùng cốc rót riêng bằng vật liệu chịu lửa.

Đặc biệt khi đúc gang, để đúc được vật đúc thành mỏng, cần thiết kể các bộ phận của hệ thống rót ngắn nhất có thể được, chiều cao rãnh dẫn không nhỏ hơn 3 mm, chiều dài rãnh dẫn không lớn hơn $(0,7 - 0,8)\delta_1$ (chiều dày trung bình của vật đúc). Lớp sơn khuôn cũng cần có tính dính bám tốt lên bề mặt khuôn và có sức căng bề mặt nhỏ để tăng tính in hình rõ nét cho vật đúc. Các kiểu hệ thống rót trong khuôn kim loại có thể tham khảo trên hình 1.17.

Tính toán hệ thống rót

Thời gian rót được tính theo công thức sau:

$$t = A \cdot G_1^n$$

hoặc: $t = A_1(\delta_1)^m(G_1)^{n_1}$

trong đó: các hệ số A , A_1 , m , n , n_1 xác định theo thực nghiệm cho trên bảng 1.3; G_1 - khối lượng của vật đúc (kg); δ_1 - chiều dày thành vật đúc (mm).

Đối với vật đúc gang cầu, hệ số K_V để xác định A_1 trong bảng 1.4, lấy các giá trị như sau:

$\rho_V, \dots$	<500	600-1000	1100-1500	1600-200	2100-2500	2600-3000
$K_V, \dots$	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3

Thông số ρ_V gọi là mật độ tương đối của vật đúc:

$$\rho_V = G_1 / V_b$$

G_1 - khối lượng vật đúc; V_b - thể tích đường bao vật đúc.

Công thức tính toán thời gian rót nói trên mới chỉ mang tính định hướng. Thí dụ, đối với vật đúc gang thành mỏng, giá trị tính được khá nhỏ so với giá trị sử dụng trong thực tế. Bởi vậy, cần phải so sánh tốc độ rót tính toán ω với tốc độ lý thuyết cho phép. Tốc độ rót lý thuyết ω tính theo công thức:

$$\omega = Q/F$$

trong đó Q - lượng kim loại lỏng; F - tổng diện tích rãnh dẫn. Tốc độ này phải thoả mãn quan hệ:

$$\omega_{\min} < \omega < \omega_{\max}$$

Tức là tốc độ rót trong đúc khuôn kim loại không được quá nhanh mà cũng không được quá chậm, phải nằm trong một giới hạn nào đó. Tốc độ tối hạn trên và dưới phụ thuộc vào nhiều yếu tố, song cơ bản vẫn là nhiệt độ rót, chiều dày và chiều cao vật đúc.

Bảng 1.4. Giá trị các hằng số tính thời gian rót

Vật liệu đúc	Giá trị hằng số	Tác giả
Gang xám	Kiểu rót A_1	Dubinhin
	Trên xuống 1,8	
	Bên sườn 1,6	
	Dưới lên 1,4	
	$m = n_1 = 1/3$	
Gang cầu	Kiểu rót A_1	Nikolaenko
	Trên xuống $1,4K_1$	
	Bên sườn $1,6 K_1$	
	Dưới lên $1,8 K_1$	
	$m = n_1 = 1/3$	
Hợp kim nhôm	$A_1 = 2,2 - 2,4$	Dubinxki
	$m = n_1 = 1/3$	
	$A = 8,5; n = 0,717; A_1 = 2,75;$ $m = 1; n_1 = 0,68$	Droxen
Hợp kim magie	$A_1 = 2,3 - 4,4$ $m = n_1 = 1/3$	Dubinxki

Tốc độ rót giới hạn dưới $\omega_{\min}$ tính theo:

$$\omega_{\min} = \frac{0,22 \cdot \sqrt{H}}{\delta_1 \ln \frac{T_r}{380}} \quad (1.56)$$

trong đó: H - chiều cao vật đúc; T_r - nhiệt độ rót; δ_1 - chiều dày vật đúc.

Tốc độ cực đại $\omega_{\max}$ xác định theo tiêu chuẩn Reynold:

$$Re_{\max} = \frac{4\omega_{\max} R}{\nu}$$

trong đó: R - bán kính thủy lực của dòng chảy; $R = F/P$ (diện tích chia cho chu vi); ν - độ nhớt động học của chất lỏng. Để tính toán có thể lấy giá trị của $\nu \cdot 10^6 \text{ m}^2/\text{s}$ theo bảng sau và phải tăng thêm khoảng 30%:

Vật liệu	$\nu \cdot 10^6 \text{ m}^2/\text{s}$
Gang	0,8 - 1,1
Thép cacbon	0,6 - 0,8
Nhôm	0,6
Magie	0,7

Công thức (1.56) cho ta một kết quả phù hợp khi vật đúc kim loại màu có chiều dày thành vật đúc khoảng 4 - 8 mm. Trong trường hợp này có thể coi $\omega_{\min}$ là tốc độ rót ban đầu:

$$\omega_{\text{bd}} = \frac{3,0 \div 4,2}{\delta_1} \quad (1.57)$$

với δ_1 - chiều dày thành vật đúc, cm.

Khi tỷ lệ chiều dài và chiều dày chi tiết thoả mãn quan hệ $L/\delta_1 < 50$ thì nên lấy giá trị $\omega_{\min}$ nhỏ hơn một chút.

Lưu lượng kim loại lỏng chảy vào khuôn:

$$Q = V / t \quad (1.58)$$

trong đó: V - thể tích kim loại lỏng; t - thời gian rót;

Đồng thời lưu lượng kim loại lỏng lại được tính theo:

$$Q = \mu \cdot F \sqrt{2gH} \quad (1.59)$$

trong đó: μ - hệ số tổn hao kim loại, bảng 1.6; F - tổng diện tích rãnh dẫn; H - chiều cao cột áp; g - gia tốc trọng trường.

Cân bằng hai công thức (1.58) và (1.59) tính Q nói trên, thu được:

$$\frac{V}{t} = \mu \cdot F_d \sqrt{2gH}$$

$$F_d = \frac{V}{\mu \cdot t \sqrt{2gH}} \quad (1.60)$$

Như vậy, đã tính được tổng diện tích rãnh dẫn F_d . Từ giá trị F_d sẽ tính được các phần còn lại của hệ thống rót là diện tích rãnh xỉ F_x và diện tích ống rót F_r .

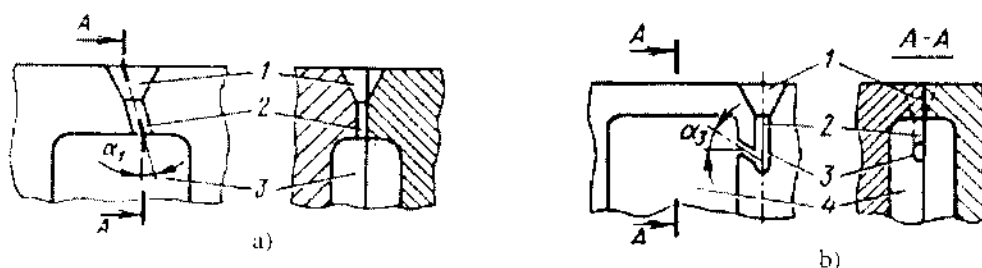
Đối với vật đúc gang trong khuôn kim loại tỷ lệ $F_r : F_x : F_d = 1 : 1,15 : 1,25$. Đặc biệt, trong khuôn đúc có nhiều chi tiết nên lấy $F_x : F_r = 1 : 0,6$.

Với gang cầu $F_r : F_x : F_d = 1 : (1,2 \div 1,4) : 1,1$.

Đối với hợp kim màu có thể tham khảo trên bảng 1.5.

Bảng 1.5. Tỷ lệ các bộ phận hệ thống rót cho kim loại màu

Khối lượng vật đúc không kể dầu ngót, kg		$F_r : F_x : F_d$
Nhôm	Magie	
Dưới 5	Dưới 3,5	(3-2):2:1
5 - 10	3,5 - 7	(4-2):(3-2):1
10 - 20	7 - 14	(4-3):(3-2):1
20 - 40	14 - 28	(4-3):(4-2):1
40 - 70	28 - 50	(5-4):(4-2):1
70 - 150	50 - 100	(5-4):(4-3):1
trên 150	Trên 100	(6-4):4:1



Hình 1.18. Góc nghiêng của ống rót và rãnh dẫn trong bảng 1.6

Những số liệu trên dù sao vẫn chỉ là số liệu tham khảo. Khi thiết kế chính thức, cần có các thử nghiệm để xây dựng được quy trình chuẩn sau đó mới đưa vào thực tế.

Với kim loại và hợp kim màu, tốc độ rót nên chọn nhỏ hơn so với tính toán để tăng cường quá trình bù co trong khi rót. Mặt khác, kim loại màu rất dễ bị oxy hoá, lớp màng oxit đã hình thành thường bám vào bề mặt khuôn để nổi lên. Nếu rót nhanh sẽ cản trở quá trình nổi của các oxit này. Hiện tượng nhấp nhô, gợn sóng trên bề mặt chi tiết kim loại màu trong khuôn kim loại cũng rất hay xảy ra. Nguyên nhân của nó cũng do tốc độ rót và nhiệt độ khuôn quyết định. Bởi vậy, khi tính toán thiết kế hệ thống rót trong khuôn kim loại cho kim loại màu rất cần một kinh nghiệm và đúc thử để tìm ra quy trình đúng và hợp lý.

Hệ số tiêu hao kim loại lỏng đối với hệ thống rót kiểu thẳng đứng và rót bên sườn rất khác nhau nếu góc nghiêng của ống rót và rãnh dẫn lấy những giá trị khác nhau, xem bảng 1.6 và hình 1.7.

Bảng 1.6. Hệ số tiêu hao kim loại μ

Vật liệu đúc	Kiểu rót	Góc nghiêng, độ	μ
Gang	Trên xuống	α_1	
		15	0,8 - 0,82
		30	0,77 - 0,80
		60	0,65 - 0,67
		(Góc nghiêng ống rót so với trục thẳng đứng)	
	Bên sườn	α_2	
		0	0,76 - 0,80
		25	0,96 - 0,98
		(Góc giữa rãnh dẫn và mặt phẳng ngang)	
	Trên xuống	-	0,7 - 0,8
	Mưa rơi	-	0,6 - 0,64
Hợp kim nhôm	Dưới lên	-	0,4 - 0,5
	Rót đùn		0,56 - 0,67
	Bên sườn khe hẹp		0,65 - 0,76
Đồng thanh	Rót đùn		0,25 - 0,35

1.3.3. Sơn khuôn kim loại

Khuôn kim loại làm việc trong điều kiện rất phức tạp: vừa chịu va đập nhiệt, vừa chịu tác động trực tiếp của kim loại lỏng. Mặt khác, khuôn kim loại có hệ số dẫn nhiệt lớn nên đôi khi còn làm cho vật đúc gang bị biến trắng. Bởi vậy, trên bề mặt khuôn thường phải được phủ lớp sơn khuôn. Lớp sơn khuôn có những tác dụng chính như sau:

- 1) Thay đổi nhiệt trở của vùng tiếp xúc khuôn - kim loại lỏng, điều chỉnh tốc độ đông đặc của vật đúc;
- 2) Bảo vệ khuôn không bị tác động va đập nhiệt và ăn mòn;
- 3) Tăng tính ổn định và tuổi thọ của khuôn;
- 4) Tạo ra môi trường khí thuận lợi cho quá trình đông đặc hoặc chứa các nguyên tố hợp kim có tác dụng hợp kim hoá bề mặt vật đúc;
- 5) Tăng tính thấm ướt của kim loại lỏng với khuôn, tăng độ chính xác bề mặt của vật đúc.

Sơn khuôn kim loại phải có tính chất nhiệt đảm bảo thoả mãn yêu cầu làm việc, tức là phải chịu được tải trọng của bản thân kim loại lỏng khi rót và đông đặc, lớp sơn không được nứt, tách khỏi bề mặt khuôn. Để có thể điều chỉnh tốc độ nguội, sơn phải có tính dẫn nhiệt phù hợp với từng loại vật liệu đúc. Về cơ bản, độ dẫn nhiệt của sơn phụ thuộc vào thành phần và bản chất các cấu tử, đặc biệt nó còn phụ thuộc rất mạnh vào độ xốp của lớp sơn. Thí nghiệm đã chỉ ra rằng, nếu độ xốp của sơn tăng từ 0,3 lên 0,4 thì hệ số dẫn nhiệt sẽ tăng thêm 45%.

Một trong những đặc điểm của sơn khuôn là tính tạo khí. Khi khuôn có nhiều hốc sâu, hẹp và khó thoát khí thì lớp sơn không nên chứa thành phần dễ sinh khí như các chất dính hữu cơ. Nếu khuôn đã có hệ thống thoát khí tốt thì tính sinh khí của sơn lại là một ưu điểm. Như vậy, có thể cho vào thành phần của sơn những chất có thể tạo ra môi trường hoàn nguyên để bảo vệ bề mặt vật đúc không bị oxy hoá hoặc lẫn xỉ trong quá trình đúc thép hoặc hợp kim đồng.

Lớp sơn khuôn cũng cần có tính dính bám tốt lên bề mặt khuôn và có sức căng bề mặt nhỏ để tăng tính in hình rõ nét cho vật đúc.

Các loại sơn dùng cho khuôn kim loại

Cho vật đúc gang

Bảng 1.7. Sơn khuôn đối với các vật đúc gang dạng trụ và trục

Loại	Thành phần các cấu tử, %							
	Bồ hồng	Sét chịu lửa	Bột talk	Bột samôt	KMnO ₄	Na ₃ B ₄ O ₇	Thủy tinh lỏng	Chất thấm ướt
1	-	2	23	-	-	1,2	4	-
2	-	-	-	40	0,05	-	6	-
3	4	4	-	-	0,05	-	8	-
4	10 - 15	10 - 15	-	-	-	-	5-7	0,5
5	7 - 10	-	-	-	-	-	-	0,4 - 0,6

Cho vật đúc thép*Thành phần 1, cho vật đúc nhỏ và trung bình:*CrO₂ 50%Thủy tinh lỏng (tỷ trọng 1,08 g/cm³)..... 50%*Thành phần 2, cho vật đúc trung bình:*

Bụi thạch anh 50%

Xi măng xây dựng 15%

Nước bả giấy 10%

Nước 25%

Thành phần 3, cho vật đúc lớn

Bụi thạch anh 15%

Thủy tinh lỏng 5%

KMnO₄ 0,1%

Nước 80%

Thành phần 4, cho vật đúc rất lớn

Bột amiang 20%

Thủy tinh lỏng 5%

H₃BO₄ 1%

Nước 4%

Bảng 1.8. Thành phần một số loại sơn cho vật đúc gang.

Loại sơn	Bột nhão zirconit+bentonit, %	Graphit, %	Bột amiăng, %	FeSi, %	Dung dịch 5% cacboxyluloza
1	100	-	-	-	-
2	40	8	15	10	20
3	40	5	20	5	20
4	30	10	20	5	15

Bảng 1.9. Vật đúc hợp kim magie

	Thành phần theo khối lượng, %									Sử dụng
	Pirofili	Amiăng	H ₃ BO ₄	Phấn	MgO	ZnO	Talk	TTL	Nước	
1	14,0		6,0				5,0	2,0		Vật đúc kết cấu phức tạp
2	-	-	4,0		15	-	-	3,8	78	
3	-	-	3,0	-	-	15	-	3,0	79	
4	-	-	2,5	-	-	-	18	2,5	77	
5	-	-	2,0	5,0	-	-	5,0	2,0	86	Đơn giản
6	-	15	4,0	10,0	-	-	-	3,0	68	Hệ thống rót, ngót
7	-	6,0	2,5	-	-	5,0	-	2,0	84	

Vật đúc nhôm**Thành phần 1**

Dầu chịu nhiệt độ cao..... 500 g

Dầu hoả..... 200 g

Nhựa thông..... 30 g

Bột nhôm..... 10 g

Nhiệt độ khuôn lúc sơn khoảng 60 - 200°C; sơn bằng phương pháp phun.

Thành phần loại 2:

Bột zirconit..... 15%

Bột amiăng..... 5%

Thuỷ tinh lỏng..... 3%

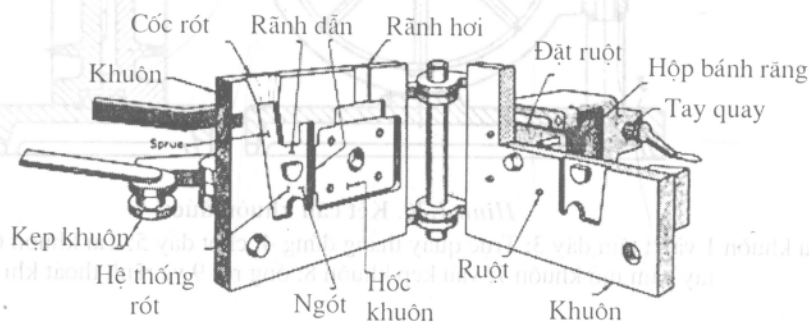
Nước..... 77%

Dùng sơn lên bề mặt làm việc của khuôn.

1.4. MÁY ĐÚC KHUÔN KIM LOẠI

1.4.1. Máy đúc khuôn kim loại thao tác bằng tay

Loại khuôn này thường dùng để đúc vật đúc khối lượng một chi tiết không lớn, số lượng vật đúc ít, hình dạng tương đối phức tạp. Do đặc tính công nghệ đúc là theo chu kỳ (nhịp) đúc, điều kiện làm việc rất nóng, bụi nên kết cấu khuôn phải rất thuận tiện cho việc tháo, sơn và lắp khuôn, ruột. Việc đóng mở khuôn có thể dùng cơ cấu bản lề cho kiểu khuôn quay hoặc cơ cấu máng trượt cho kiểu khuôn tịnh tiến song song.



Hình 1.19. Khuôn kim loại thao tác bằng tay kiểu bản lề

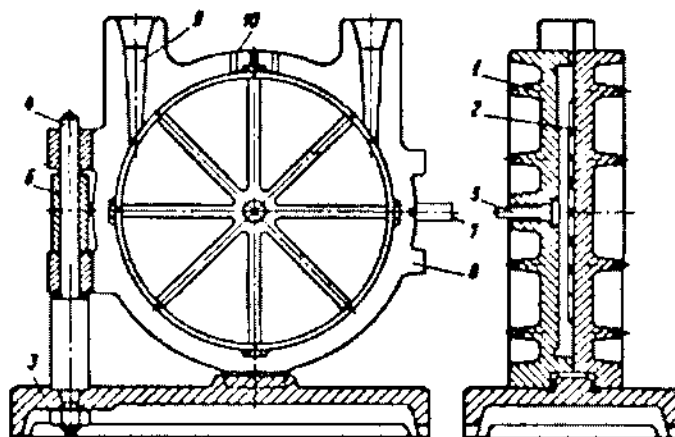
Những lưu ý:

Do khuôn làm việc nhiều lần, nung nóng và làm nguội theo nhịp đúc nên bề mặt giáp khuôn rất hay bị cong vênh gây hiện tượng chảy kim loại lỏng trên mặt phân khuôn.

Nhất thiết phải dùng sơn khuôn để bảo vệ bề mặt khuôn và đảm bảo tốc độ nguội cho vật đúc. Do nhiệt độ khuôn cao nên chỉ có thể dùng phương pháp sơn phun. Muốn sơn bằng chổi phải làm nguội khuôn xuống nhiệt độ 150 - 200°C. Như vậy, hoặc là phải dùng nhiều khuôn trong một ca đúc, hoặc phải làm nguội cưỡng bức khuôn xuống nhiệt độ yêu cầu. Việc làm nguội cưỡng bức có ưu điểm là rút ngắn chu kỳ làm việc, nhưng nó lại gây ra hiện tượng làm giảm tuổi bền của khuôn.

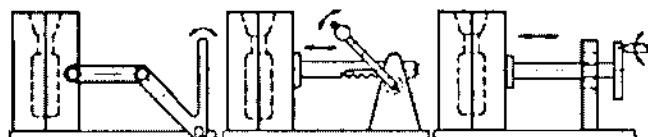
Sau mỗi nhịp đúc cần làm sạch bề mặt làm việc và mặt phân khuôn.

Cơ cấu quay bản lề rất dễ bị mòn và biến dạng trong quá trình đúc nên việc định vị và lắp ghép hai nửa khuôn sau mỗi nhịp đúc thường rất khó khăn, đôi khi không thể tiến hành được do khuôn cong vênh quá nhiều. Cần quy định khoảng thời gian để bảo dưỡng khuôn định kỳ.



Hình 1.20. Kết cấu khuôn đúc:

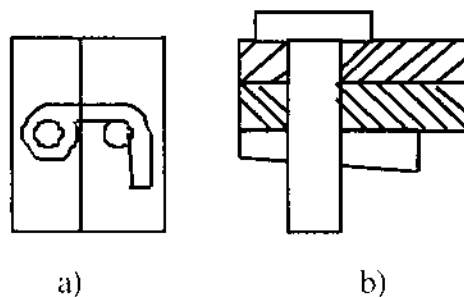
Hai nửa khuôn 1 và 2; tấm đáy 3; Trục quay thẳng đứng 4; chốt đáy 5; Tai khuôn 6 gá trên trục quay; tay cầm mở khuôn 7; vấu kẹp khuôn 8; ống rót 9 và rãnh thoát khí 10.



Hình 1.21. Các kiểu cơ cấu khoá khuôn

Đúc trong khuôn kim loại thường dùng mặt phân khuôn thẳng đứng, việc định vị chính xác hai nửa khuôn nên dùng kiểu chốt hình côn.

Để cơ khí hoá các thao tác đóng mở và kẹp khuôn, có thể sử dụng một số cơ cấu như trên hình 1.21. Loại khuôn đúc này gồm có hai nửa. Một nửa khuôn cố định và nửa



Hình 1.22. Hai kiểu kẹp khuôn

kia di động được, thường là di động tịnh tiến trên một đường gờ dẫn hướng trên tấm đế. Việc đóng mở khuôn và kẹp khuôn đều thực hiện nhờ cơ cấu tay quay hoặc thanh răng có bước răng lớn và có khả năng tự khoá.

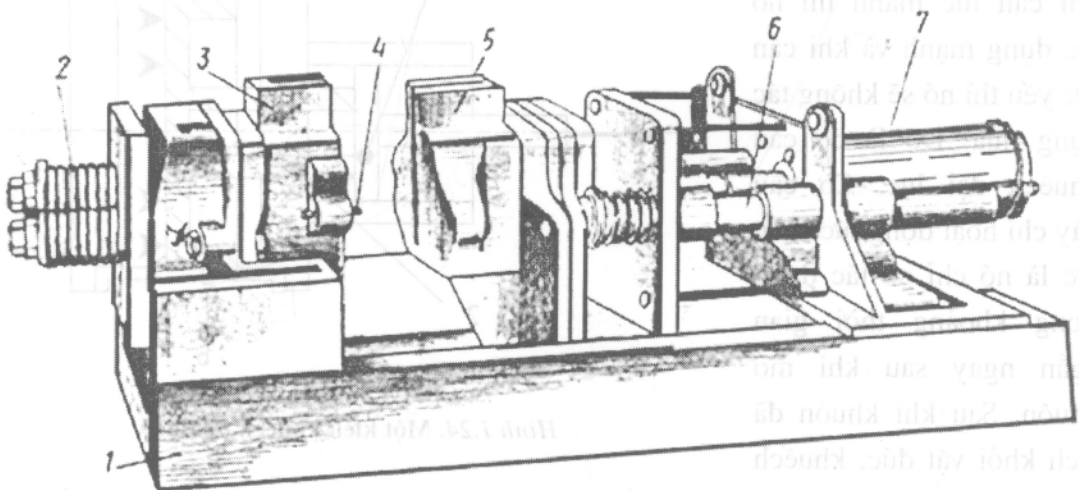
Khuôn kim loại thao tác bằng tay cần phải có cơ cấu kẹp khuôn đơn giản, dễ thao tác và có thể điều chỉnh được khi đã bị mòn. Thường hay dùng kiểu khoá lật lò xo (hình 1.22a) hoặc kiểu nêm (hình 1.22b).

1.4.2. Máy đúc cơ khí hoá

Bộ phận truyền động

Đây là bộ phận tạo ra các chuyển động của nửa khuôn động, cơ cấu tổng vật đúc, cơ cấu rút ruột... Lực gây ra chuyển động này có thể là khí nén, thuỷ lực hoặc động cơ điện. Truyền động thuỷ lực hoặc khí nén có ưu điểm là máy chạy êm, phát triển được lực lớn. Áp suất trong xilanh ép để kẹp khuôn được duy trì không đổi trong suốt thời gian đông đặc không gây ra ảnh hưởng xấu nào, điều mà động cơ điện không thể làm được. Nhược điểm của dầu thuỷ lực là hay rò rỉ qua các vòng đệm, dễ bắt lửa, độ nhớt thay đổi theo nhiệt độ. Trong máy đúc khuôn kim loại thường dùng phối hợp cả truyền động điện lẫn truyền động thuỷ lực hoặc khí nén.

Hiện nay, máy đúc khuôn kim loại dùng truyền động khí nén được sử dụng rất rộng rãi. Ưu điểm của nó là kết cấu đơn giản, dễ bảo hành, dễ sửa chữa, tốc độ di chuyển lớn, làm việc chắc chắn, an toàn.



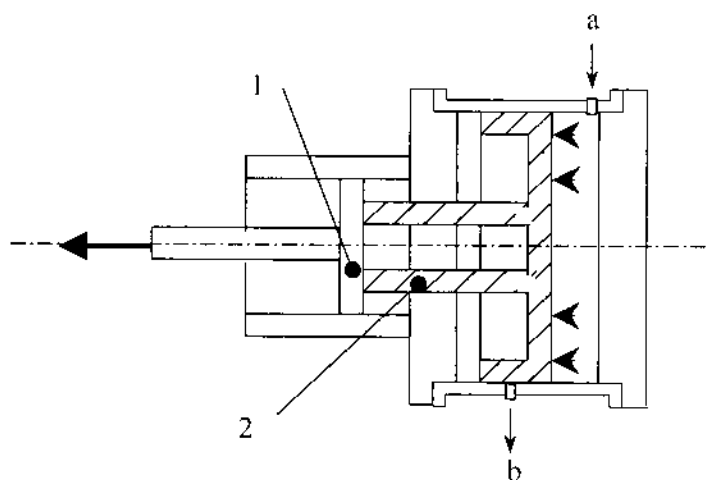
Hình 1.23. Máy đúc khuôn kim loại được cơ khí hoá

Tuy nhiên máy đúc dùng khí nén có nhược điểm là khó phát triển được lực ép lớn. Muốn có lực ép lớn phải tăng đường kính pittông hoặc dùng bộ phận khuếch đại lực. Điều này làm cho hiệu suất máy bị giảm đi nhiều. Tốc độ dịch chuyển của pittông ép không đều, phụ thuộc vào tải trọng cũng như áp suất khí nén.

Hình 1.23 giới thiệu cấu tạo một máy đúc khuôn kim loại chạy bằng khí nén. Nguyên lý hoạt động như sau: Nửa khuôn tĩnh 3 và nửa khuôn động 5 được lắp đặt trên bệ máy 1. Định vị chính xác hai nửa khuôn nhờ chốt 4. Pittông xilanh khí nén 7 đẩy nửa khuôn động áp sát vào nửa khuôn tĩnh nhờ thanh dẫn 6. Trong suốt thời gian rót và đông đặc của vật đúc, áp suất ép luôn được duy trì không đổi để kẹp chặt khuôn. Sau khi vật đúc đông đặc xong, điều chỉnh khí nén để nửa khuôn tĩnh tách khỏi nửa khuôn động. Nếu vì lý do nào đó mà vật đúc vẫn dính chặt vào nửa khuôn tĩnh thì lò xo 2 sẽ tổng vật đúc ra khỏi khuôn.

Khuếch đại lực

Một đặc điểm của máy đúc khuôn kim loại là lực mở khuôn không đồng đều. Lúc bắt đầu mở khuôn đòi hỏi lực mở khuôn rất lớn do phải tách vật đúc ra khỏi khuôn và tách ruột ra khỏi vật đúc. Sau khi khuôn đã tách khỏi vật đúc thì lực của pittông chỉ cần rất nhỏ để dịch chuyển nửa khuôn động. Nếu tính lực mở khuôn P đủ lớn để mở khuôn và duy trì suốt trong thời gian thao tác thì rất lãng phí. Cần có một cơ cấu truyền động có tác dụng tương tự với lực tác động của lực khí mở khuôn, có nghĩa là khi cần lực mạnh thì nó tác dụng mạnh và khi cần lực yếu thì nó sẽ không tác dụng nữa. Đó là cơ cấu khuếch đại lực. Cơ cấu này chỉ hoạt động tức thời, tức là nó chỉ có tác dụng trong khoảng thời gian ngắn ngay sau khi mở khuôn. Sau khi khuôn đã tách khỏi vật đúc, khuếch đại lực dừng hoạt động và pittông đẩy lại làm việc bình thường. Hình 1.24 mô tả nguyên lý một cơ cấu khuếch đại lực dùng khí nén.



Hình 1.24. Một kiểu khuếch đại lực

Cơ cấu trên hình 1.24 gồm 2 pittông 1 và 2. Pittông 2 là pittông trợ lực cho thời gian mở khuôn ban đầu và có diện tích bề mặt lớn hơn nhiều so với pittông 1. Lúc bắt đầu mở khuôn, khí nén vào theo đường a, đẩy pittông 2 bằng một xung lực rất mạnh, tạo một cú hích vào pittông 1 để tổng vật đúc rời khỏi bề mặt khuôn. Thời điểm khuôn rời khỏi vật đúc cũng là lúc pittông 2 vượt qua van b. Van a đóng lại, khí nén trong xilanh 2 thoát qua van b và xilanh 1 bắt đầu hoạt động bình thường nhờ khí nén để dịch chuyển khuôn động theo hành trình bình thường.

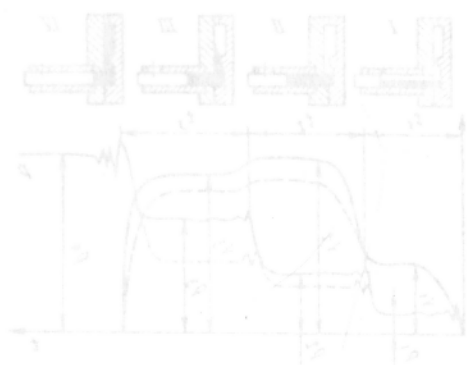
Trong những máy đúc dùng để đúc những chi tiết có kích thước lớn và hình dáng tương đối phức tạp, việc thiết kế xilanh khuếch đại lực là bắt buộc. Nếu không có bộ phận này, việc kẹt khuôn rất dễ xảy ra. Trong những trường hợp kẹt khuôn như vậy, việc giải quyết hậu quả đôi khi là không thể và bắt buộc phải huỷ khuôn.

Khuyết tật đúc trong khuôn kim loại

Khuyết tật	Nguyên nhân	Biện pháp khắc phục
Cấu trúc không đồng đều	Sai lệch thành phần so với tính toán Chế độ nhiệt, biến tính, khử khí, rót bị sai lệch Quy trình công nghệ và sơn khuôn bị vi phạm	Kiểm tra lại thành phần mê liu, chế độ nấu luyện, biến tính, nhiệt độ rót và nhiệt độ ban đầu của khuôn, chế độ sơn
Rỗ khí	Kim loại lỏng hút khí Hút khí khi rót Nhiệt độ kim loại lỏng thấp Khuôn nguội hoặc bị quá nhiệt Bề mặt khuôn bị oxy hoá mãnh liệt; Ruột cát tạo khí nhiều, không thoát khí Thông khí của khuôn không tốt	Sấy phối liệu và gầu rót; nâng cao nhiệt độ rót, nhiệt độ khuôn; khử khí. Thay đổi kết cấu hệ thống rót đảm bảo không bị đứt dòng chảy; Nâng cao thiết diện kênh dẫn khí và hơi; thiết kế thêm kênh dẫn khí phụ Nâng cao nhiệt độ rót Sơn và sửa chữa mặt khuôn Thay đổi thành phần hỗn hợp ruột, rót chậm.
Vật lẫn phi kim	Lẫn xỉ Sơn khuôn bị phá hủy, mòn Oxy hoá kim loại lỏng Vết đen trong gang cầu Thiên tích cacbon trong gang cầu	Làm sạch kim loại lỏng, rót bên sườn, sử dụng màng lọc xỉ Nâng cao tính ổn định, bền của sơn khuôn Nấu luyện theo quy trình, tạo môi trường hoàn nguyên trong hốc khuôn Giảm $C_{Si} < 4,3\%$ khi chiều dày thành vật đúc 20 - 25 mm
Không đầy và xếp lớp	Kim loại chảy loãng kém Rãnh dẫn và rãnh xỉ quá dài Kim loại lỏng nguội quá nhanh trong hệ thống rót	Nâng cao nhiệt độ và thay đổi thành phần hợp kim Thay đổi hệ thống rót, thí dụ, chuyển sang rót trên xuống Nung khuôn; sơn khuôn và hệ thống rót cẩn thận; tăng chiều dày lớp sơn

Nứt	Tính công nghệ, kết cấu không hợp lý Quá nhiệt cục bộ Phân tán dòng dẫn kim loại Khuôn không có độ lún Ma sát khuôn - vật đúc quá lớn Làm nguội vật đúc không đồng đều sau khi tháo dỡ vật đúc	Thay đổi kết cấu vật đúc Đỡ khuôn theo cạnh bên vật đúc Dịch chuyển bề mặt phân khuôn Dùng ruột cát; lấy ruột khỏi khuôn sớm; đỡ vật đúc sớm Dùng sơn có hệ số ma sát nhỏ Làm nguội chậm vật đúc sau khi đỡ khuôn
Lõm co và xốp co	Kết cấu vật đúc không hợp lý Tốc độ nguội của từng phần vật đúc không đồng đều Thành phần kim loại, biến tính, khử khí và rót bị sai lệch	Thay đổi kết cấu theo hướng đồng thuận lợi Xem xét lại chiều dày vật đúc và lớp sơn khuôn Xem xét lại các quá trình công nghệ có liên quan

trên xilanh ép 2. Sau khi rót, pittông 1 trong xilanh 2 đẩy kim loại lỏng điền đầy hồ khuôn. Khoảng thời gian điền đầy chỉ khoảng phần chục giây với tốc độ hàng trăm mét và áp suất khoảng vài trăm tới hàng nghìn atmôphê. Áp suất được duy trì đến khi vật đúc đông đặc hoàn toàn. Rút pittông vật đúc. Nửa khuôn động tách khỏi nửa khuôn tĩnh. Chất đầy 4 tổng vật đúc khỏi khuôn. Chu trình đúc mới lại bắt đầu.



Chương 2

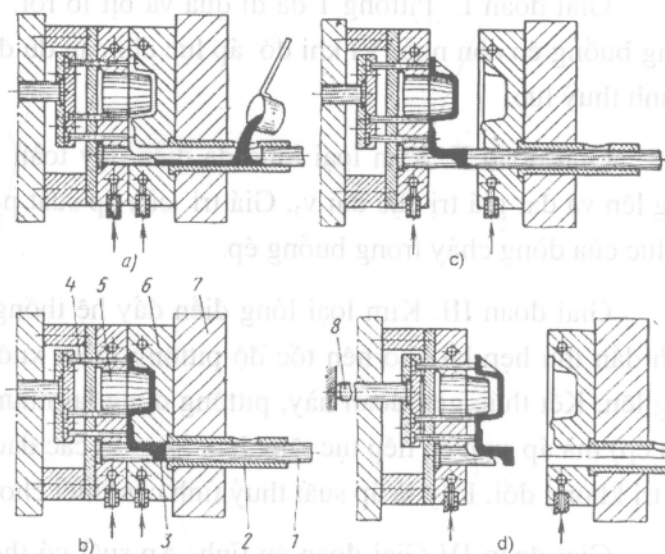
ĐÚC ÁP LỰC

2.1. ĐÚC ÁP LỰC CAO

2.1.1. Đặc điểm của quá trình

Đúc áp lực cao là công nghệ đúc trong đó kim loại lỏng điền đầy khuôn và đông đặc dưới tác dụng của áp lực cao do khí nén hoặc dầu ép trong xilanh ép tạo ra. Có thể hình dung quá trình công nghệ như trên hình 2.1.

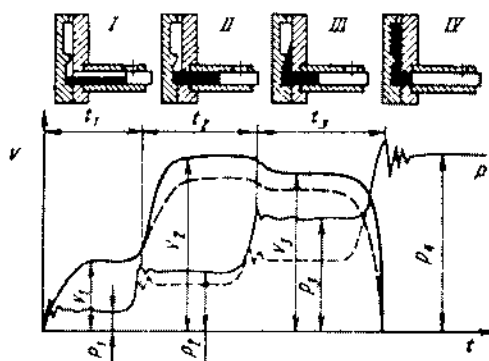
Máy đúc áp lực cao bao gồm 2 nửa khuôn, nửa khuôn tĩnh và nửa khuôn động 7. Bắt đầu chu trình đúc, hai nửa khuôn đóng lại. Rót kim loại lỏng đã định lượng vào buồng ép qua lỗ



Hình 2.1. Nguyên lý đúc áp lực cao

rót trên xilanh ép 2. Sau khi rút, pittông 1 trong xilanh 2 đẩy kim loại lỏng điền đầy hốc khuôn. Khoảng thời gian điền đầy chỉ khoảng phần chục giây với tốc độ hàng trăm m/s và áp suất khoảng vài trăm tới hàng nghìn atmôphc. Áp suất được duy trì đến khi vật đúc đông đặc hoàn toàn. Rút ruột khỏi vật đúc. Nửa khuôn động tách khỏi nửa khuôn tĩnh. Chốt đẩy 4 tổng vật đúc khỏi khuôn. Chu trình đúc mới lại bắt đầu.

Đúc áp lực cao có thể sử dụng máy buồng ép nóng, hình 2.20, hoặc máy buồng ép nguội, hình 2.1. Lực ép tác động lên kim loại lỏng để điền đầy khuôn trong quá trình kết tinh, do pittông ép tạo ra. Lực để làm pittông chuyển động lại do một bơm thủy lực gây nên. Tốc độ dịch chuyển của chất lỏng thủy lực và áp lực ép của pittông thay đổi rất khác nhau trong suốt 1 chu trình đúc. Có thể chia 1 chu trình đúc thành 4 giai đoạn như trên hình 2.2.



Hình 2.2. Thay đổi của tốc độ và áp suất trong buồng ép,

Giai đoạn I. Pittông 1 đã đi qua và bịt lỗ rút. Vận tốc của pittông ép và áp lực trong buồng ép còn nhỏ. Vì khi đó áp lực chỉ cần đủ để thắng ma sát trong buồng ép và xilanh thủy lực.

Giai đoạn II. Kim loại lỏng đã điền đầy toàn bộ buồng ép. Tốc độ của pittông tăng lên và đạt giá trị cực đại v_2 . Giá trị của áp suất p_2 tăng một chút do phải thắng các trở lực của dòng chảy trong buồng ép.

Giai đoạn III. Kim loại lỏng điền đầy hệ thống rút và hốc khuôn. Do thiết diện rãnh dẫn thu hẹp lại cho nên tốc độ pittông giảm xuống thành v_3 nhưng áp suất ép lại tăng lên. Kết thúc giai đoạn này, pittông dừng lại nhưng do hiện tượng thủy kích (quán tính ép) mà áp suất ép tiếp tục tăng lên. Sau khi các dao động áp suất tắt dần, áp suất đạt giá trị không đổi. Đây là áp suất thủy tĩnh cần thiết cho quá trình kết tinh.

Giai đoạn IV. Giai đoạn ép tĩnh. Áp suất có thể đạt tới 50 – 5000 daN/cm², tùy thuộc vào bản chất vật liệu đúc và yêu cầu công nghệ. Khi áp lực đã đạt giá trị thủy tĩnh mà tại rãnh dẫn vẫn còn kim loại lỏng thì áp lực sẽ truyền vào vật đúc-kim loại kết tinh trong trạng thái áp lực cao.

Ảnh hưởng của áp lực đến quá trình kết tinh của kim loại

Tất cả các tính chất của kim loại (tính chất nhiệt, cơ học, điện, từ,...) đều bị thay đổi khi chịu tác dụng của áp lực. Xu hướng chung là tăng áp lực thì nhiệt độ nóng chảy của kim loại sẽ tăng lên, kim loại lỏng sẽ chuyển thành pha rắn. Tuy nhiên, áp lực Δp tác dụng lên kim loại lỏng sẽ thúc đẩy quá trình thấm kim loại lỏng trong vùng 2 pha và điều chỉnh quá trình tác động nhiệt để hình thành vật đúc. Khi đó, lượng pha lỏng thấm lọc qua vùng hai pha của hợp kim, theo định luật Dasi, tính theo:

$$Q = k \frac{F}{L} \Delta p$$

trong đó: k - hệ số thấm (hình 2.3); F - diện tích thiết diện ngang vật đúc; L - chiều rộng vùng hai pha của hợp kim; đối với hợp kim có chiều rộng vùng hai pha lớn, có thể tính toán như sau:

- Trong giai đoạn đông đặc ban đầu ($Bi < 1$):

$$L = \frac{\Delta T_{kt}}{T_s - T_{bm}} \frac{\lambda}{\alpha}$$

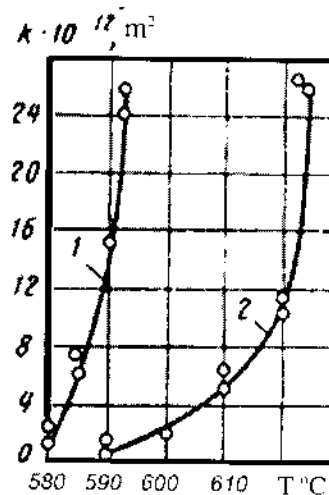
- Trong giai đoạn đông đặc cuối cùng, sau khi hình thành lớp vỏ rắn của vật đúc và $Bi \gg T_{kt}(T_s - T_{bm})$:

$$L = \frac{\Delta T_{kt}}{T_s - T_{bm}} \left(\frac{D}{2} + \frac{\lambda}{2} \right)$$

trong đó: $\Delta T_{kt} = T_l - T_s$; T_{bm} và D nhiệt độ bề mặt và chiều dày vật đúc; α - hệ số dẫn nhiệt từ bề mặt vật đúc.

Áp lực bên ngoài sẽ gây ra các ảnh hưởng sau:

1. Nâng cao hệ số dẫn nhiệt của kim loại lỏng và hệ số trao đổi nhiệt giữa vật đúc và khuôn;
2. Làm giảm kích thước của mầm kết tinh tối hạn và nâng cao số lượng tâm mầm kết tinh.



Hình 2.3. Quan hệ phụ thuộc của hệ số thấm vào nhiệt độ vùng hai pha hợp kim nhôm.

1) Al9; 2) Al4Si

3. Giảm độ hạt trung bình của kim loại, giảm tính không đồng nhất các nhánh cây.
4. Giảm hệ số khuếch tán và giảm tốc độ khuếch tán tương đối của tạp chất.
5. Làm tốt điều kiện lọc thấm của vùng 2 pha, do đó cấu trúc kim loại sẽ đặc chắc hơn.
6. Giảm nhiệt độ bắt đầu co ngót và giảm độ co ngót của hợp kim trong khoảng kết tinh có hiệu quả.
7. Giảm khuynh hướng nứt nóng của kim loại.

2.1.2. Lĩnh vực sử dụng đúc áp lực cao

Về cơ bản, đúc áp lực cao áp dụng chủ yếu để sản xuất những vật đúc bằng hợp kim nhôm, magiê, kẽm và đồng. Cũng có thể dùng công nghệ đúc áp lực cao để đúc thép hoặc gang nhưng rất ít vì nhiệt độ nóng chảy và tỷ trọng của gang và thép rất lớn.

Do kim loại điền đầy khuôn và kết tinh trong trạng thái áp lực nên phương pháp đúc này có rất nhiều ưu việt. Những ưu điểm cơ bản là: đúc được vật đúc thành rất mỏng (0,5 mm), độ chính xác cao, chất lượng vật đúc rất tốt, năng suất lao động cao.

Trong quá trình thiết kế chi tiết đúc, hai điều cần lưu ý là chiều dày thành và tính đồng đều của thành vật đúc. Việc lựa chọn chiều dày thành và kích thước lỗ trên thành vật đúc có tính quyết định đến cơ tính và khuyết tật sinh ra trong quá trình đúc. Các số liệu về chiều dày và kích thước lỗ đúc có thể tham khảo trên bảng 2.1 và bảng 2.2

Bảng 2.1. Chiều dày cho phép của thành vật đúc, mm

	Diện tích thành vật đúc, cm ²				
	Dưới 25	25 - 100	100 - 250	250 - 500	Trên 500
Kẽm	0,5	0,8	1,0	1,2	1,8
Magiê	0,7	1,0	1,5	2,0	3,0
Nhôm	0,8	1,2	1,6	2,2	3,0
Đồng thau	1,5	2,5	3,0	3,0	-

Bảng 2.2. Kích thước lỗ đúc trên thành vật đúc, mm

	Đường kính lỗ nhỏ nhất, mm		Chiều sâu cực đại, mm	
	Khả năng	Nền dùng	Lỗ cắt	Lỗ thông
Kẽm	1.0	1.5	6d	12d
Magiê	1.5	2.0	5d	10d
Nhôm	1.5	2.0	4d	8d
Đồng thau	2.5	3.0	3d	6d

2.2. THUÝ ĐỘNG HỌC QUÁ TRÌNH ĐIỂN ĐẦY KHUÔN

2.2.1. Nguyên tắc

Trong đúc áp lực, giai đoạn diễn đầy khuôn được tính bắt đầu tại thời điểm gia tốc của pittông bằng 0 và pittông đạt trạng thái chuyển động ổn định. Không cho phép quá trình diễn đầy khuôn trong trạng thái chuyển động không ổn định vì khi đó dòng kim loại sẽ bị phân tán, khí và không khí trong hốc khuôn sẽ bị ngậm trong hợp kim lỏng. Khi tốc độ và áp lực của dòng nạp ổn định sau khi đã qua rãnh dẫn, dòng kim loại sẽ bảo toàn được hình dạng của mình. *Nguyên tắc bảo toàn hình dạng của dòng nạp là cơ sở thúy động học của quá trình diễn đầy khuôn trong đúc áp lực.*

Ngay cả khi kim loại lỏng chuyển động ổn định, dòng kim loại lỏng vẫn dễ bị nhiễu loạn và nó sẽ mất đi hình dạng ổn định của mình. Một trong những nguyên nhân làm nhiễu loạn dòng chảy là ứng suất trong và sức căng bề mặt làm xuất hiện sóng dao động ngang trong dòng chảy. Chiều dài bước sóng của dao động ngang tính theo công thức:

$$L = 2C.v.\delta.\sqrt{2\delta.\rho} \quad (2.1)$$

trong đó: C- hằng số phụ thuộc độ nhớt kim loại; v - tốc độ dòng nạp, m/s; δ - chiều dày rãnh dẫn, m; ρ - khối lượng riêng kim loại lỏng, kg/m³.

Khi tốc độ dòng nạp trên 50 m/s, dòng chảy sẽ không liên tục do khuôn thông khí kém, áp lực khí trong khuôn tăng lên và xuất hiện dao động hình sin theo chiều dọc của dòng chảy. Chiều dài tối hạn của dòng chảy chỉ vào khoảng 100 - 200 lần chiều dày rãnh dẫn là thích hợp.

Việc gián đoạn dòng nạp cũng có thể xảy ra khi xuất hiện hiện tượng xâm thực trong kênh của hệ thống rót do sự giảm áp.

Từ phương trình Becnuli, có thể miêu tả dòng chảy ổn định viết cho dòng chảy trong hai kênh nối tiếp có tốc độ v_1 và v_2 ; áp suất p_1 , p_2 tương ứng. Nếu $p_2 = 0$ thì $v_2 = v_{\max}$:

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2}{\rho} p_1 + v_1^2} \quad (2.2)$$

Giá trị tốc độ $v_{\max}$ với hợp kim nhôm có thể đạt 200 m/s. Với tốc độ đó, các tia của dòng kim loại phân tán gây ra hiện tượng ăn mòn bề mặt kênh dẫn. Để ngăn ngừa hiện tượng xâm thực, người ta dùng hệ thống rút thu hẹp có chuyển tiếp đều đặn từ phần dày sang phần mỏng mà không được phép giảm áp lực dòng chảy xuống 0.

2.2.2. Va đập của dòng nạp lên thành khuôn

Áp suất thủy động p của dòng chảy lên thành khuôn được xác định từ điều kiện dòng chảy đối xứng:

$$p = \rho \cdot v^2 (1 - \cos \alpha) \quad (2.3)$$

trong đó: α - góc nghiêng thành khuôn (hoặc ruột) so với hướng chuyển động của dòng chảy.

Áp suất p càng lớn, chất lượng bề mặt của vật đúc càng tốt. Từ phương trình trên thấy rõ, giá trị áp lực p trước hết phụ thuộc vào tốc độ v , nhưng tốc độ v càng lớn, khuôn bị ăn mòn xâm thực càng mạnh. Bởi vậy, phải chọn hướng của dòng nạp khi va đập với khuôn sao cho góc α phải là nhỏ nhất.

Thí dụ, khi đúc kẽm có khối lượng riêng 7000 kg/m^3 ; tốc độ dòng 40 m/s, góc nghiêng $\alpha = 45^\circ$, áp lực sẽ là: $p = 7000 \cdot 40^2 \cdot (1 - \cos 45^\circ) = 3,5 \text{ MPa}$. Khi khuôn phẳng, $\alpha = 90^\circ$, thì áp lực $p = 11 \text{ MPa}$, gần 3 lần lớn hơn.

Khi va đập vào thành khuôn, dòng kim loại sẽ bị biến dạng, thậm chí còn bị vỡ vụn thành các hạt nhỏ. Để hạn chế hiện tượng này và đảm bảo chế độ chảy tầng trong hệ thống rót, tốc độ dòng nạp không được vượt quá một giá trị tới hạn, v_{th} :

$$v_{\text{th}} = \frac{\text{Re} \cdot v}{2(\delta_{\text{vd}} - \delta)} \quad (2.4)$$

trong đó: v - độ nhớt động học; Re - tiêu chuẩn Reynold; δ_{vd} - chiều dày thành vật đúc; δ - chiều dày rãnh dẫn.

Trong công thức (2.4), giá trị Re nhỏ nhất là 2300, lớn nhất 20000 đối với dòng chảy dọc theo mặt phẳng vô cùng trơn.

Giá trị tốc độ tối hạn đối với hợp kim rót ở trạng thái lỏng bình thường không vượt quá 0,5 - 0,6 m/s. Ở nhiệt độ gần đường lỏng, không vượt quá 2 - 5 m/s.

Giá trị tốc độ tối hạn tính theo công thức (2.4) cho vật đúc dày 5 mm, rãnh dẫn dày 3 mm của một số hợp kim cho trên bảng 2.3.

Bảng 2.3. Tốc độ tối hạn của một số hợp kim theo công thức 2.4

Hợp kim	T, °C	$v \cdot 10^{-6}, m^2/s$	$v_{th}, m/s$
Hợp kim kẽm	450	0,42	0,45
	395	1,90	2,36
Hợp kim nhôm Al2 (AK12)	650	0,51	0,55
	585	2,23	2,67
Hợp kim nhôm Al7-4(AlCu4)	650	0,48	0,57
	580	3,35	4,57

Khi tốc độ dòng nạp vượt qua tốc độ tối hạn, dòng chảy trong kênh sẽ là dòng chảy rối. Các thí nghiệm đã chỉ ra, khi tỷ lệ chiều dày vật đúc δ_{vd} và chiều dày rãnh dẫn δ có quan hệ như sau:

$\delta_{vd}/\delta < 1/4$ thì dòng chảy rối xuất hiện ở khoảng tốc độ 0,3 - 10 m/s;

$\delta_{vd}/\delta > 1/4$ thì dòng chảy rối xuất hiện ở khoảng tốc độ 0,5 - 20 m/s.

Nếu chọn các giá trị cận trên, dòng chảy sẽ là dòng chảy rối và đó chính là nguyên nhân của các khuyết tật đúc như ngậm khí, xốp. Bởi vậy, không nên thiết kế hệ thống rót để cho dòng chảy trong giai đoạn điền đầy khuôn ban đầu lại là dòng chảy rối.

Tại những chỗ va đập của kim loại với hốc khuôn, vật đúc sẽ có chất lượng tuyệt hảo nếu tạo ra được một chế độ chuyển động phân tán, ở đó môi trường phân tán là khí trong hốc khuôn, pha phân tán là các giọt kim loại vừa bắn ra khỏi thành khuôn. Khi hỗn hợp của các giọt kim loại và chất khí điền đầy toàn bộ thể tích của hốc khuôn, ở đó đang có dòng nạp chảy qua thì các tia phun càng ngày càng bão hoà kim loại lỏng. Quá trình này tiếp tục cho đến khi không hình thành được môi trường phân tán nữa. Trong môi trường lúc đó, các bọt khí bị vỡ vụn thành các hạt nhỏ li ti và không có ảnh hưởng gì đến chất lượng vật đúc.

Môi trường phân tán sẽ xuất hiện khi tốc độ dòng nạp vượt quá một giá trị tốc độ tối hạn thứ 2, tính theo công thức kinh nghiệm:

$$v_{th2} = C.v^m \left(\frac{\delta}{\delta_{vd}} \right)^n \quad (2.5)$$

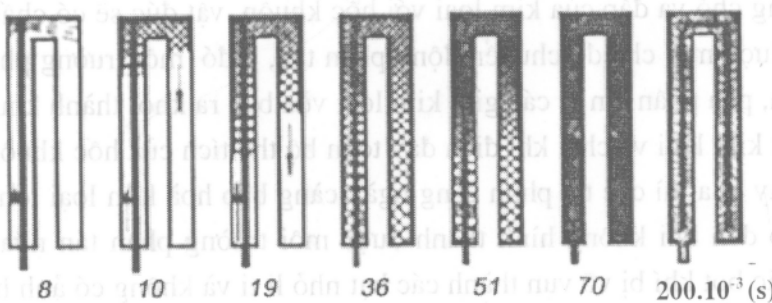
trong đó: C, m, n là những hệ số thực nghiệm (bảng 2.4).

Bảng 2.4. Các hằng số thực nghiệm của công thức 2.5

Hợp kim	C	m	n
Chì-antimon	32	0,35	0,4
Kẽm	59	0,42	0,54
Nhôm	82	0,4	0,61
Magiê	75	0,52	0,65
Đồng thau	71	0,53	0,68

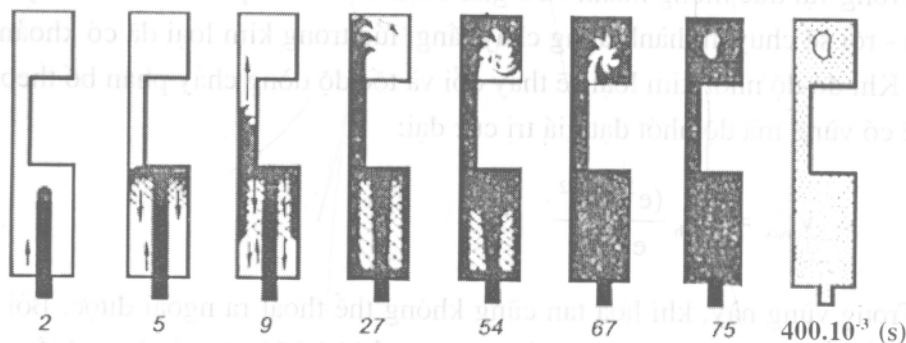
2.2.3. Điền đầy hốc khuôn

Vật đúc có chiều dày thành đồng đều (là một tổ hợp các mặt phẳng vuông góc với nhau) đều được điền đầy theo nguyên lý dòng phân tán bắt đầu từ chỗ dòng nạp va đập với chuồng ngai vật (hình 2.3). Đây là điểm khác biệt của đúc áp lực so với đúc thông thường. Nung sơ bộ khuôn sẽ hạn chế được việc hình thành sớm một lớp vỏ đông đặc, đồng thời tạo điều kiện loại bỏ một phần khí qua hệ thống thoát hơi và qua mặt phân khuôn. Tại thời điểm kim loại đã điền đầy khuôn, khoảng 30% lượng khí vẫn còn nằm trong kim loại lỏng dưới dạng phân tán rải rác đều trên thiết diện ngang vật đúc. Tốc độ dòng nạp càng lớn, giọt kim loại phân tán càng mịn và kích thước bọt khí cũng càng mịn. Khi tốc độ dòng nạp trên 100 m/s, độ mịn của khí nhỏ đến mức không thể phân biệt được ngay cả khi đánh bóng bề mặt.



Hình 2.4. Sơ đồ dòng phân tán trong hốc khuôn

Đa số vật đúc đều có hình dạng phức tạp hơn so với cấu hình đã trình bày trên, thí dụ, vấu lồi, gân tăng cứng, chuyển tiếp thành dày, mỏng... Những yếu tố trên đều làm giảm tốc độ điền đầy vật đúc, và bởi vậy, trong khuôn rất ít khi có chế độ chuyển động phân tán. Thông thường trong khuôn có chế độ điền đầy hỗn hợp của dòng phân tán và dòng đầy. Giai đoạn thứ nhất, ứng với thời gian điền đầy hốc khuôn có chiều dày thành đều nhau, dòng phân tán được duy trì. Giai đoạn thứ 2, ứng với thời điểm điền đầy cả thành mỏng lẫn thành dày, tốc độ dòng giảm đi, chế độ là chảy rối nhưng dòng liên tục.



Hình 2.5. Sơ đồ điền đầy khuôn có chế độ dòng phân tán và chảy rối

Dòng phân tán tạo thành trong khoảng 5.10^{-3} s kể từ khi bắt đầu nạp kim loại lỏng vào khuôn trong phần vật đúc mỏng, và sẽ chuyển thành dòng chảy rối sau 17.10^{-3} s. Tại thời điểm kết thúc điền đầy, các loại khí phân tán rất đều và mịn trên toàn bộ thiết diện vật đúc. Ở phần vấu lồi hoặc thành dày, sẽ có một hoặc vài rỗ khí kích thước lớn (hình 2.5).

Quy luật phân bố tốc độ dòng chảy rối (v) hoặc dòng chảy phân tán theo thiết diện ngang và phụ thuộc vị trí điểm xem xét, có dạng:

$$v = \frac{8}{7} v_{th} \left(\frac{2x}{\delta_{vd}} \right)^n \quad (2.6)$$

trong đó: v_{th} - tốc độ trung bình trong thiết diện dòng kim loại; x - tọa độ tại đó có tốc độ v , tính từ tâm dòng chảy; n - chỉ số mũ, n lấy giá trị 0,1 với dòng phân tán và 0,14 với dòng chảy rối.

Độ giảm áp từ áp lực ban đầu p_0 xuống áp lực p_l sau một khoảng cách l , tính theo công thức :

$$p_0 - p_1 = K \cdot v_{th}^2 \cdot l \cdot \frac{1}{\delta_{vd} \sqrt[3]{\delta_{vd}}} \quad (2.7)$$

trong đó: K - hệ số phụ thuộc vật liệu đúc, K lấy giá trị $0,442 \cdot 10^{-7}$ với nhôm, lấy $0,318 \cdot 10^{-7}$ với magiê, lấy $1,28 \cdot 10^{-7}$ với kẽm và $1,415 \cdot 10^{-7}$ đối với đồng.

Từ công thức (2.7) cho thấy, nếu giảm chiều dày vật đúc đi 2 lần thì áp lực sẽ tăng khoảng 5 lần. Bởi vậy đối với chi tiết có thành mỏng, cần dùng máy đúc có cơ cấu ép đủ lớn mới đảm bảo áp lực điền đầy.

Trong vật đúc mỏng thành và ở giai đoạn cuối của quá trình điền đầy, dòng chảy phân tán - rồi sẽ chuyển thành dòng chảy tầng, lúc trong kim loại đã có khoảng 20-30% pha đặc. Khi đó độ nhớt kim loại sẽ thay đổi và tốc độ dòng chảy phân bố theo thiết diện ngang sẽ có vùng mà độ nhớt đạt giá trị cực đại:

$$v_{max} = 2v_{th} \frac{(e^2 - 1)^2}{e^4 + 3} \quad (2.8)$$

Trong vùng này, khí hoà tan cũng không thể thoát ra ngoài được. Bởi vậy, ngay cả trong chế độ chảy tầng, trong vật đúc vẫn có rỗ khí. Mức độ rỗ càng nhiều nếu chế độ chảy phân tán càng mạnh.

Độ chênh áp cần thiết để duy trì chế độ chảy tầng trong khuôn khi độ nhớt thay đổi (kim loại ở vùng hai pha) tính theo:

$$p_0 - p_1 = v_0 \cdot \rho \cdot v_{th} \frac{4(e^4 - 1) \left(e^{\frac{4l}{\delta}} - 1 \right)}{(e^4 + 3) \cdot \delta} \quad (2.9)$$

trong đó: p_0 và v_0 - áp lực và độ nhớt ban đầu; v_{th} - tốc độ trung bình; δ và ρ - chiều dày và khối lượng riêng vật đúc.

Khi đúc nhôm, độ chênh áp ($p_0 - p_1$) là 0,27 MPa với chiều dài $l = 0,4$ m, chiều dày vật đúc 4 mm; độ chênh áp sẽ là 1,41 MPa khi chiều dày vật đúc là 2 mm.

Hiện tượng va đập thuỷ lực tại thời điểm kết thúc điền đầy khuôn (hình 2.2) lan truyền vào trong hốc khuôn chỉ ở dưới dạng phi tuyến. Áp lực khi đó sẽ nâng cao thêm:

$$\Delta p = a \cdot \rho \cdot v_{th} \cdot l \frac{1}{a \cdot t - l} \quad (2.10)$$

trong đó: a- tốc độ lan truyền sóng va đập phụ thuộc vào độ nhớt kim loại lỏng, m/s; t - khoảng thời gian ngắt dòng, lấy 0,001 s.

Thí dụ, khi tốc độ trung bình 20 m/s, $l = 0,4$ m; đối với hợp kim đồng và kẽm thì độ tăng áp lực là $(2 \div 3)$ MPa; với nhôm tăng áp lực khoảng $0,7 \div 1,2$ MPa.

Quá trình tác động của áp lực lên kim loại lỏng chỉ bắt đầu sau khi hiện tượng va đập thủy lực đã tắt. Giai đoạn này còn gọi là giai đoạn chuẩn ép. Trong giai đoạn này, các bọt khí bị nén lại và các xốp co sẽ bị mất đi chỉ khi đã hình thành một chế độ nhiệt thích hợp, đảm bảo cho quá trình dịch chuyển kim loại đã đông đặc trong rãnh dẫn và trong vùng có chiều dày thành hẹp nhất của vật đúc. Kim loại dịch chuyển trong dòng chảy là chế độ chảy tầng. Tốc độ dòng ép (v_c) xác định từ điều kiện bù trừ lôm co của hợp kim :

$$v_c = 0.007.K. \frac{S(T_{kl} - T_k)}{g.r.\rho.f\sqrt{t}} \quad (2.11)$$

trong đó: K - hệ số co thể tích của hợp kim, %; S - diện tích bề mặt ngoài của vật đúc, m^2 ; T_{kl} và T_k - nhiệt độ kết tinh kim loại và nhiệt độ khuôn; r - ẩn nhiệt kết tinh, J/kg; f - thiết diện ngang vật đúc(diện tích dòng ép), m^2 ; t - khoảng thời gian ép, phụ thuộc vào chiều dày vật đúc và chiều dày rãnh dẫn, bảng 2.5.

Áp lực trong dòng chảy khi ép phụ thuộc vào mức độ nén chọn trước $\Delta V/V$, trong đó ΔV là sự thay đổi thể tích V của vật đúc khi ép.

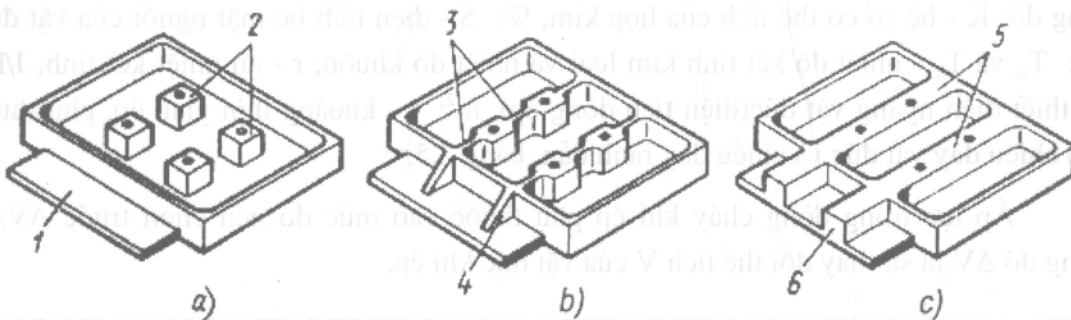
p, MPa	50	100	200	300	500	1000
$(\Delta V/V).10^{-4}$	15	17	21	24	37	71

Bảng 2.5. Giá trị thời gian ép với những hợp kim khác nhau

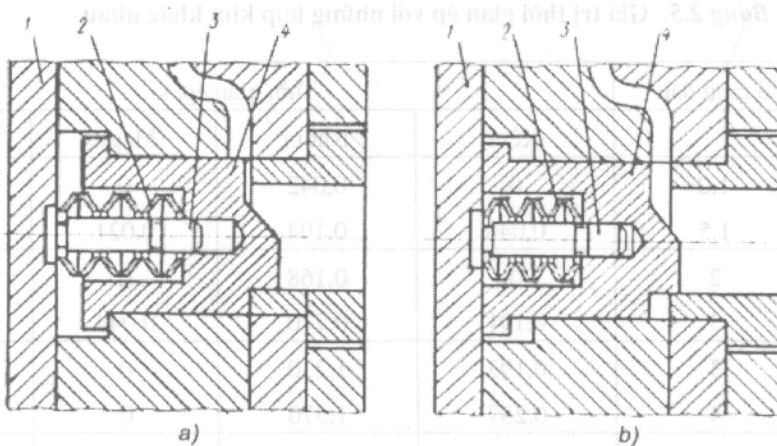
đ vật đúc	đ rãnh dẫn	Thời gian ép, s			
		Kẽm	Nhôm	Magiê	Đồng
2	1.0	0	0.042	0	0
	1.5	0.048	0.194	0.021	0.056
4	2	0	0.168	0	0
	3	0.191	0.770	0.044	0.108
6	3	0.193	1.230	0	0.266
	4	0.237	1.570	0	0.350
8	5	0	2.100	0	0
	6	0.764	2.405	0.102	0

Khả năng chuyển động của dòng ép phụ thuộc vào kết cấu của vật đúc. Nếu trong vật đúc có những vấu lồi cục bộ (hình 2.6a), thì phải nối chúng với rãnh dẫn bằng những rãnh phụ đồng thời có tác dụng làm gân tăng cứng, hình 2.6b. Những vấu lồi cục bộ đó có thể chuyển thành vấu đều (hình 2.6c).

Khi chiều dày vật đúc bằng chiều dày rãnh dẫn, quá trình ép rất dễ và thuận lợi, nhưng để cho dòng ép có chế độ dòng phân tán thì chiều dày vật đúc δ_{vd} và chiều dày rãnh dẫn δ_{rd} phải thoả mãn tỷ lệ $\delta_{vd}/\delta_{rd} < 1/4$. Bởi vậy, khi chế tạo những vật đúc có kích thước đường bao lớn phải sử dụng khuôn có rãnh dẫn kiểu khe hẹp với chiều dày rãnh khoảng 1 - 2 mm (hình 2.7a). Chiều dày này lại có thể thay đổi được nhờ một lò xo. Tại thời điểm ép, tấm đệm ngất hình thành rãnh dẫn sẽ bị đẩy sang phía trái để đảm bảo chiều dày rãnh dẫn bằng chiều dày vật đúc (hình 2.7b).



Hình 2.6. Thay đổi kết cấu vật đúc để tạo dòng ép thuận lợi



Hình 2.7. Khuôn có rãnh dẫn chiều dày thay đổi được:

1- Tấm chặn; 2- Lò xo đĩa; 3- Trục dẫn hướng; 4 - Đệm ngất

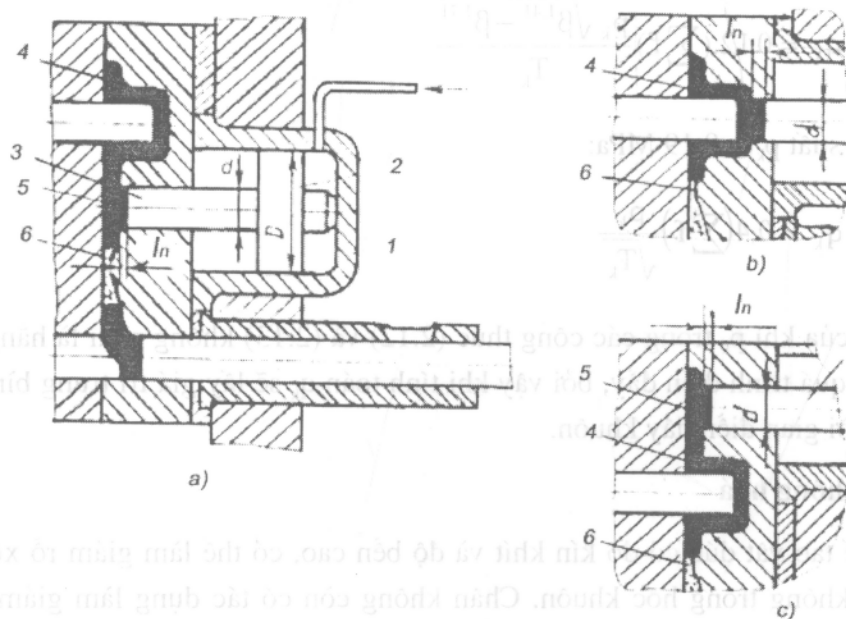
Áp lực ép ở những vị trí có chiều dày không đồng đều trên thành vật đúc có thể tiến hành nhờ một xilanh phụ mà thanh nổi của xilanh tác dụng trực tiếp lên kim loại trong khuôn hoặc những vấu lồi đặc biệt (hình 2.8).

Chiều sâu ép thêm l_n của các xilanh ép thêm phụ thuộc vào mức độ nén và tính theo công thức:

$$l_n = \frac{4}{\pi \cdot d_n^2} (\Delta V + 0,01K \cdot V_{vd}) \quad (2.12)$$

trong đó: d_n - đường kính thanh ép phụ, m.

Thí dụ, đối với nhôm có $K = 0,2\%$, thể tích vật đúc 10^{-6} m^3 ; đường kính đầu ép thêm $d_n = 0,003 \text{ m}$ và với điều kiện thể tích khí trong kim loại bằng với thể tích vật đúc, theo công thức (2.12), tính được $l_n = 0,004 \text{ m}$.



Hình 2.8. Ép thêm ở thành dày a), thành mỏng b) và vấu lồi c)

1- Xilanh phụ; 2- Pittông; 3- Thanh ép phụ; 4- Vật đúc;

5- Vị trí ép đặc biệt; 6- Rãnh dẫn.

2.2.4. Điều kiện thủy động học của quá trình thoát khí

Khi kim loại chảy theo dòng liên tục từ rãnh dẫn vào hốc khuôn, các chất khí bị dồn về phần cuối cùng của hốc khuôn, ở đó có các rãnh thoát hơi và các vấu lồi. Khi kim

loại diễn đầy khuôn bằng dòng phân tán, các chất khí bị dồn kéo theo hướng về rãnh dẫn. Bởi vậy, rãnh thoát hơi phải được bố trí trên toàn bộ mặt phân khuôn. Tốc độ chảy của dòng khí trong điều kiện đoạn nhiệt xác định theo công thức:

$$v_k = \sqrt{2g.RT \frac{k}{k-1} \left(1 - \beta^{\frac{k-1}{k}}\right)} \quad (2.13)$$

trong đó: k - chỉ số đoạn nhiệt, với không khí $k = 1,4$; R - hằng số chất khí; T - nhiệt độ khí trong hốc khuôn có thể lấy bằng nhiệt độ kim loại; β - hệ số không thứ nguyên, tính bằng tỷ số của áp lực môi trường và áp lực khí trong khuôn.

Lượng khí q_k chảy qua các kênh thoát hơi có tổng diện tích $\sum f$ sẽ phụ thuộc vào chế độ chảy. Với dòng chảy có áp suất khí p_k nhỏ hơn áp suất tối hạn $0,19 \text{ MPa}$ ($p_k < 0,19 \text{ MPa}$) thì:

$$q_k = 0,12 \cdot (\sum f) \frac{p_k \sqrt{\beta^{1,11} - \beta^{1,71}}}{T_k} \quad (2.14)$$

Khi áp suất $p_k > 0,19 \text{ MPa}$:

$$q_k = 0,4 (\sum f) \frac{p_k}{\sqrt{T_k}} \quad (2.15)$$

Đối áp của khí p_k trong các công thức (2.12) và (2.13) không phải là hằng số, nó tăng dần trong quá trình diễn đầy, bởi vậy khi tính toán q_k sẽ lấy giá trị trung bình trong suốt khoảng thời gian diễn đầy khuôn.

Chân không hoá

Khi chế tạo vật đúc có độ kín khít và độ bền cao, có thể làm giảm rõ xốp bằng cách tạo chân không trong hốc khuôn. Chân không còn có tác dụng làm giảm trở lực thuỷ lực trong khuôn. Điều đó cho phép chế tạo được vật đúc có chiều dày nhỏ hơn 1 mm . Giá trị áp suất dư trong khuôn p_d phụ thuộc vào chiều dày thành vật đúc:

$\delta_{\text{tt}}, \text{ mm}$	2,5	2,0	1,5	1,0	0,6
$p_d \cdot 10^{-4}, \text{ MPa}$	15 - 18	12 - 16	10 - 15	9 - 12	7 - 10

Riêng đối với kẽm áp suất dư nên lấy lớn hơn $30 \cdot 10^{-4} \text{ MPa}$.

Việc tính toán hệ thống chân không được thực hiện xuất phát từ điều kiện dòng chảy đoạn nhiệt. Diện tích thiết diện ngang f_{ck} của rãnh hút chân không tính theo công thức:

$$f_{ck} = 0,0045 \sqrt{\frac{\sum V_k l_{ck} T_k}{T_{mt} (p_k - p_b) t_{ck}}} \quad (2.16)$$

trong đó: $\sum V_k$ - thể tích khí cần loại khỏi buồng ép, kênh dẫn, hốc khuôn, m^3 ; l_{ck} - chiều dài kênh dẫn chân không, m; T_{mt} - nhiệt độ môi trường, $^{\circ}C$; p_b - áp suất trong bình chứa, MPa; t_{ck} - khoảng thời gian tạo chân không, s.

Thể tích bình chứa cần thiết :

$$V_b = \left(\sum V_k + \frac{\pi D_{ck}^2 L_{ck}}{4} \right) \frac{p_{mt}}{p_b} \quad (2.17)$$

trong đó: D_{ck} và L_{ck} đường kính và chiều dài của ống dẫn từ buồng chân không đến bình chứa, m.

Thí dụ: kênh chân không có $l_{ck} = 0,05$ m; tổng lượng khí $\sum V_k = 1.10^{-4} m^3$; $T_k = 200^{\circ}C$; $T_{mt} = 20^{\circ}C$; áp suất trong bình $p_b = 1,3.10^{-4}$ MPa; thời gian chân không hoá $t = 1,5$ s, trong thời gian đó áp suất trung bình của khí $p_k = 50,5.10^{-4}$ MPa, tính được :

$$F_{ck} = 2,2.10^{-4} m^2.$$

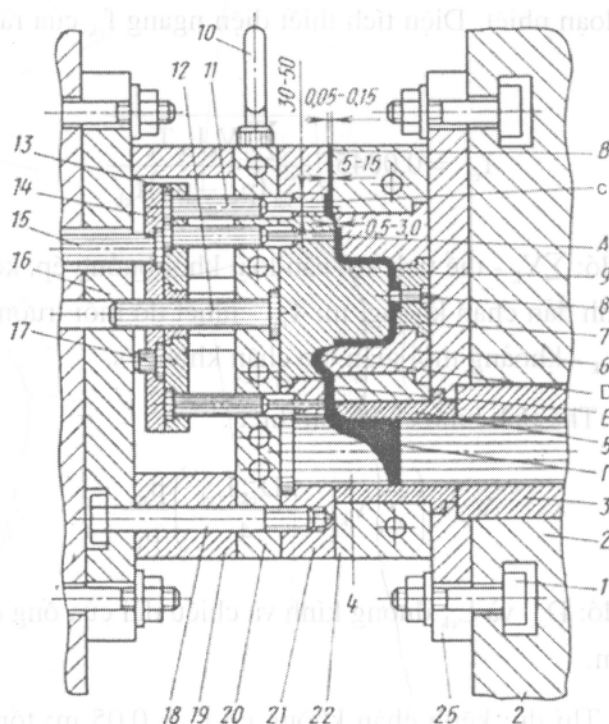
Theo công thức (2.17), thể tích bình khí khi đường kính $D_{ck} = 0,035$ m; $L_{ck} = 2,5$ m và áp suất môi trường $p_{mt} = 1.10^{-2}$ MPa, ta thu được:

$$V_b = 0,12 m^3.$$

2.2.5. Khuôn đúc áp lực cao

Khuôn ép trong máy đúc áp lực cao kiểu buồng ép nguội nằm ngang (hình 2.9) bao gồm hai nửa khuôn, nửa khuôn cố định hay còn gọi là nửa khuôn tĩnh và nửa khuôn động 2. Sau khi vật đúc đã kết tinh, hai nửa khuôn tách rời khỏi nhau, vật đúc rất dễ rời khỏi nửa khuôn động nhưng vẫn bám chặt lấy nửa khuôn tĩnh. Bởi vậy, cần thiết kể để ruột 8 nằm ở nửa khuôn động. Hệ thống rót bao gồm buồng ép Γ ; kênh dẫn E và rãnh dẫn D. Vật đúc được tổng khỏi khuôn tĩnh nhờ các chốt đẩy gắn trên tấm đáy số 13. Để nâng cao tuổi bền của khuôn và tăng tốc độ nguội, trên các tấm 20 và 21 còn được thiết kế các hệ thống làm nguội bằng nước.

Vật liệu chế tạo khuôn, ruột và các chốt đẩy thường phải có độ bền, chịu ma sát mài mòn, dẫn nhiệt tốt... Thoả mãn các tính chất trên người ta hay sử dụng các loại thép hợp kim như: 4Cr5W2PPb hoặc 3Cr2W8b cho đúc nhôm, magiê và đồng thau, dùng thép 5CrMnNi để đúc hợp kim kẽm. Khuôn và các chi tiết của khuôn đều phải nhiệt luyện rất phức tạp để nâng cao tính năng làm việc. Những bề mặt làm việc cần phải mài nhẵn, đánh bóng và mạ crom. Cũng có thể dùng các công nghệ khác như nhuộm màu, anot hoá hoặc photphat hoá



Hình 2.9. Cấu tạo khuôn đúc áp lực cao

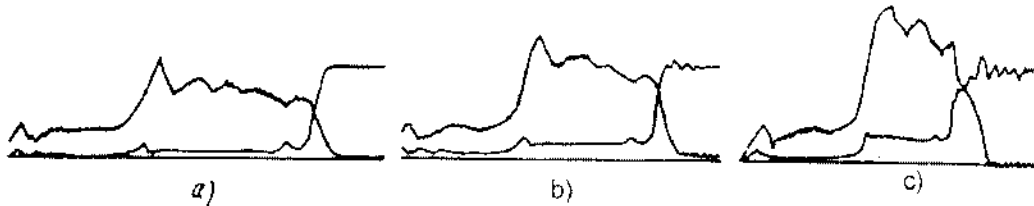
Cơ sở công nghệ tính toán cơ cấu ép và cơ cấu khoá khuôn

Cơ cấu ép trong máy đúc áp lực là yếu tố quan trọng đảm bảo cho các điều kiện nhiệt, điều kiện thủy lực của quá trình điền đầy và ép kim loại. Thành phần chủ yếu của cơ cấu ép chính là hệ thống bơm, van thủy lực và pittông ép. Hình 2.10 cho sơ đồ nguyên lý của một cơ cấu ép nằm ngang đơn giản chỉ có một xilanh ép.

Tốc độ ép, tức là tốc độ của pittông ép không tính đến trở lực thuỷ lực của kim loại lỏng trong hệ thống rót và khuôn, phụ thuộc vào lượng chất lỏng công tác đã sử dụng chảy qua một ống dẫn có đường kính d . Lượng chất lỏng công tác này lại được điều chỉnh nhờ van B_1 trong khi van B_2 mở hoàn toàn thông với bình chứa. Sau khi pittông ép đường kính D_n vượt qua và bịt kín lỗ rót của buồng ép thì chất lỏng công tác mới được cấp vào xilanh ép (đường kính D_u). Muốn vậy, chất lỏng công tác từ bình chứa đi vào xilanh phải qua một ống dẫn hẹp có đường kính d_1 để đảm bảo cho pittông ép D_n chuyển động một cách từ từ.

Và thể tích chất khí trong bình chứa sẽ là:

$$V_{K(b)} = \frac{\Delta V_L}{p_{\max} - p_{\min}}$$



Hình 2.11. Áp suất của chất lỏng công tác khi tốc độ của pittông ép khác nhau

Hình 2.11 mô tả sự thay đổi áp suất của chất lỏng công tác (đường cong phía dưới) và tốc độ dịch chuyển của pittông ép (đường trên) khi bình chứa làm việc ổn định. Khi tốc độ ban đầu chừng 0,3 - 0,4 m/s, áp lực vào khoảng 0,3 - 1,0 MPa (hình 2.11a). Khi kim loại lỏng đi qua hệ thống rót, áp lực tăng lên đến 1,5 - 2,0 MPa. Kết thúc quá trình diễn đây, áp lực tăng đến áp suất của bình chứa p, vào khoảng 7 MPa (hình 2.11b). Khi tăng tốc độ tại thời điểm kết thúc quá trình diễn đây, sẽ xuất hiện hiện tượng va đập thủy lực, áp lực sẽ tăng thêm một lượng $\Delta p = 1,5 - 2,0$ MPa (hình 2.11c).

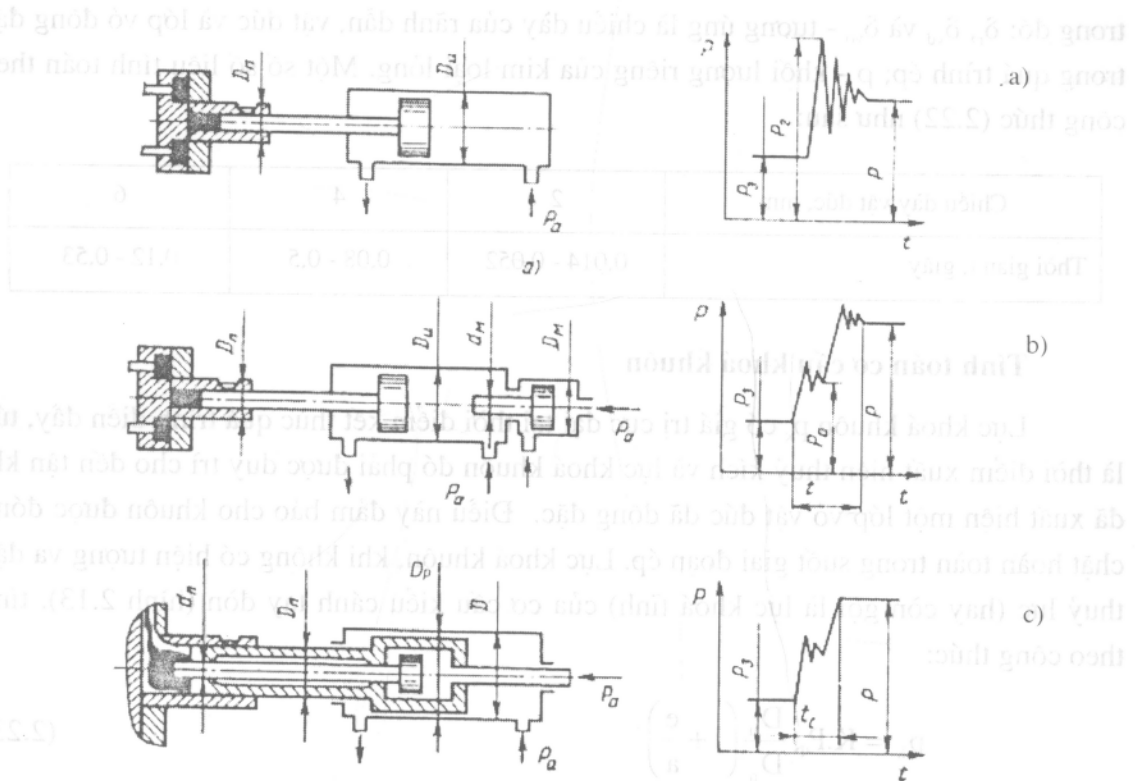
Để làm giảm hiện tượng va đập thủy lực (hay còn gọi là hiện tượng thủy kích) và làm chậm quá trình chuyển tiếp chuẩn ép, trong máy đúc áp lực được bố trí thêm một cơ cấu khuếch đại áp lực. Trong một cơ cấu ép đơn giản, áp lực ép chỉ được truyền vào trong hốc khuôn sau khi va đập thủy lực đã bị triệt tiêu (hình 2.12a).

Áp suất ép p phụ thuộc vào tỷ lệ giữa 2 đường kính, xilanh dẫn động D_u và pittông ép D_n (hình 2.12).

$$p = p_a \left(\frac{D_u}{D_n} \right)^2 \quad (2.19)$$

Bộ khuếch đại áp suất có tác dụng làm giảm rất nhanh hiện tượng va đập thủy lực và cho phép nâng cao áp suất ép p mà không cần nâng cao đường kính xilanh ép D_n (hình 2.12b). Áp suất ép p khi có mặt cơ cấu khuếch đại áp lực được xác định không chỉ nhờ tỷ lệ D_u/D_n mà còn phụ thuộc vào cả tỷ lệ D_M/d_m :

$$p = p_a \left(\frac{D_u}{D_n} \right)^2 \left(\frac{D_M}{d_m} \right)^2 \quad (2.20)$$



Hình 2.12. Sơ đồ cơ cấu ép và áp lực ép

a) và b) – có và không có cơ cấu tăng áp, c) ép bằng 2 pittông

trong đó: D_M và d_M là đường kính trong của các pittông khuếch đại thủy lực.

Hiện tượng va đập thủy lực sẽ mất đi khi sử dụng cơ cấu ép pittông kép. Cơ cấu này có tác dụng nâng cao áp lực trong buồng ép một cách từ từ (hình 2.12c). Trước khi hình thành lớp vỏ kim loại trên thành buồng ép, cả hai pittông D_n và d_n đều dịch chuyển đồng thời. Sau khi pittông tăng áp đường kính D_n dừng lại, áp suất ép tính theo công thức:

$$p = p_a \left(\frac{D_n}{d_n} \right)^2 \quad (2.21)$$

Khoảng thời gian t tăng áp lực ép của cơ cấu này chỉ ngắn bằng một nửa so với cơ cấu tăng áp thông thường. Công thức thực nghiệm tính toán thời gian tăng áp:

$$t = 0,196 \frac{\rho \cdot r [\delta_r^2 - (\delta_{vd} - \delta_{vo})^2]}{b(T_{kt} - T_K)} \quad (2.22)$$

trong đó: δ_r , δ_{vd} và δ_{vo} - tương ứng là chiều dày của rãnh dẫn, vật đúc và lớp vỏ đông đặc trong quá trình ép; ρ - khối lượng riêng của kim loại lỏng. Một số số liệu tính toán theo công thức (2.22) như sau:

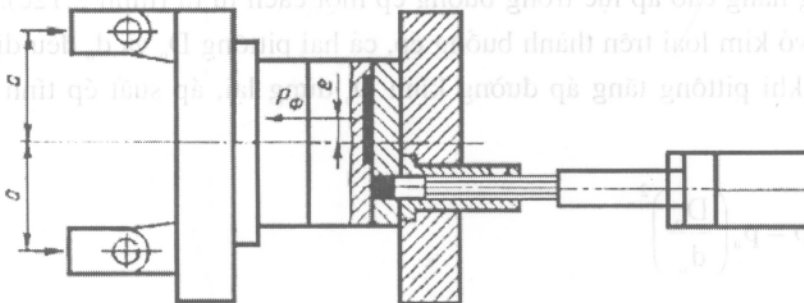
Chiều dày vật đúc, mm	2	4	6
Thời gian t, giây	0,014 - 0,052	0,08 - 0,5	0,12 - 0,53

Tính toán cơ cấu khoá khuôn

Lực khoá khuôn p_k có giá trị cực đại tại thời điểm kết thúc quá trình điền đầy, tức là thời điểm xuất hiện thuỷ kích và lực khoá khuôn đó phải được duy trì cho đến tận khi đã xuất hiện một lớp vỏ vật đúc đã đông đặc. Điều này đảm bảo cho khuôn được đóng chặt hoàn toàn trong suốt giai đoạn ép. Lực khoá khuôn, khi không có hiện tượng va đập thuỷ lực (hay còn gọi là lực khoá tĩnh) của cơ cấu kiểu cánh tay đòn (hình 2.13), tính theo công thức:

$$p_k = K \cdot P_\Phi \frac{D_u}{D_n} \left(1 + \frac{e}{a} \right) \quad (2.23)$$

trong đó: K - hệ số tổn thất, lấy $K = 0,8 - 0,9$; $P_\Phi = p_{no} \cdot \Sigma F$ (ΣF là tổng diện tích hình chiếu vật đúc, hệ thống rót và các bộ phận khác lên mặt phân khuôn, m^2 ; p_{no} - áp lực ép, tính theo công thức (2.21); e - khoảng cách từ trục cơ cấu kẹp khuôn đến điểm đặt lực P, m; a - khoảng cách từ trục tay đòn đến trục cơ cấu kẹp, m; D_u và D_n - đường kính xilanh thuỷ lực và xilanh ép.



Hình 2.13. Cơ cấu khoá khuôn kiểu cánh tay đòn của máy đúc buồng ép ngang

Từ công thức (2.23) ta thấy, lực khoá khuôn P_k sẽ giảm đi nếu giảm kích thước e. Bởi vậy, trong thiết kế công nghệ nên bố trí vị trí vật đúc sao cho tâm của điểm đặt lực

P_F trùng với trục của cơ cấu kẹp. Để xác định diện tích ΣF , mỗi loại máy người ta xây dựng một giản đồ như trên hình 2.14.

Khi xác định dung tích của buồng ép cần phải chọn kích thước đường kính pittông ép D_n là nhỏ nhất vì khi đó sẽ giảm được thể tích của phần dư của buồng ép. Đồng thời kích thước D_n lại không được nhỏ hơn một giá trị tối thiểu thoả mãn tiêu chuẩn tách khuôn:

$$D_n \geq \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sqrt{K \Sigma F_F \cdot \frac{P_n}{P_K}} \quad (2.24)$$

trong đó: K - hệ số phụ thuộc vào tốc độ ép v_c .

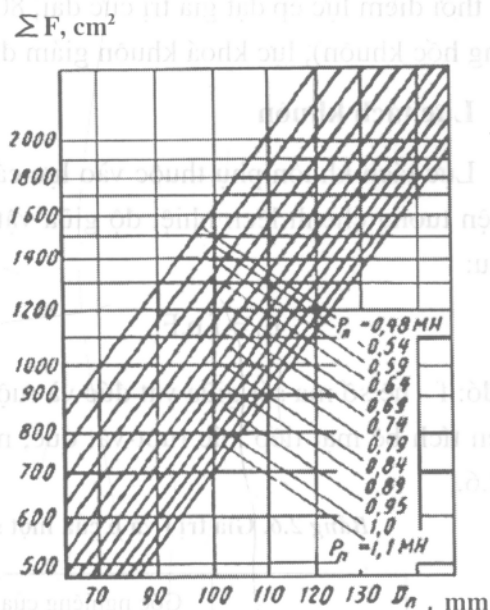
$v_c, \text{ m/s}$	0,5	0,75	1	1,5	2	2,5
K	1,0	1,2	1,6	1,9	2,4	2,7

Lực khoá động P_K có tính đến va đập thuỷ lực và ma sát của các cơ cấu:

$$P_K = (\Sigma F_F)(p_n + \Delta p) - (\Sigma m_k) X_k \frac{1}{3t^2} \quad (2.25)$$

trong đó: Δp độ tăng áp khi có va đập thuỷ lực, MPa; Σm_k - tổng khối lượng các phần chuyển động của cơ cấu khoá, kg; X_k - khe hở cho phép giữa các nửa khuôn, thường lấy giá trị $(5 \div 15) \cdot 10^{-6} \text{ m}$; t - khoảng thời gian dao động của va đập thuỷ lực đạt giá trị biên độ cực đại, giây.

Khi đã có máy để sử dụng thì người ta lại giải bài toán ngược, nghĩa là xác định khe hở X_k hoặc tổng diện tích hình chiếu ΣF_F của vật đúc trên bề mặt phân khuôn. Giá trị độ tăng áp Δp và khoảng thời gian t trong công thức (2.25) xác định theo giản đồ $p - t$. Từ công thức (2.25) ta thấy, tăng chiều dày khe hở X_k sẽ làm giảm lực khoá khuôn. Khi sử dụng cơ cấu xilanh kép, lớp vỏ kim loại trên thành buồng ép sẽ ngăn cản hiện tượng phát triển của lực va đập thuỷ lực và giá trị lực khoá khuôn P_K cũng giảm đi. Thí



Hình 2.14. Giản đồ xác định giá trị ΣF phụ thuộc vào áp suất P_n và đường kính xilanh ép D_n .

đủ, tại thời điểm lực ép đạt giá trị cực đại, 80% kim loại đã đông đặc (cả trong buồng ép, cả trong hốc khuôn), lực khoá khuôn giảm đi khoảng 20 - 30%.

Lực tách khuôn

Lực tách khuôn phụ thuộc vào lực cần thiết để tách vật đúc ra khỏi ruột. Nếu bỏ qua hiện tượng chênh lệch nhiệt độ giữa vật đúc và khuôn thì lực dỡ khuôn có thể tính như sau:

$$P_d = f.p.F \quad (2.26)$$

trong đó: f - hệ số ma sát giữa vật đúc và ruột; p - áp lực của kim loại đúc lên ruột, MPa; F - diện tích bề mặt tiếp xúc ruột-vật đúc, m^2 . Giá trị f và p của một số kim loại cho ở bảng 2.6.

Bảng 2.6. Giá trị f và p của một số kim loại trong công thức 2.26

	Góc nghiêng của ruột (độ)	f	p
Kẽm	20	0,25	15
	30	0,18	8
Nhôm	30	0,35	27,5
	40	0,25	17,5
Magiê	20	0,15	9,5
	30	0,10	6,0
Đồng	1	0,35	30

Để xác định lực tách khuôn có tính đến sự khác biệt về nhiệt độ giữa vật đúc và ruột, có thể dùng công thức sau:

$$P_d = f \frac{T_{kt} - T_k}{T_{vd}} \cdot \frac{2L_r R_r \delta_{vd}}{(2R_r + \delta_{vd})} \quad (2.27)$$

trong đó: T_{kt} và T_k - nhiệt độ kết tinh và nhiệt độ khuôn; T_{vd} - nhiệt độ vật đúc lúc lấy ra khỏi khuôn; L_r và R_r - chiều dài và bán kính quy đổi của ruột.

2.2.6. Tính toán hệ thống rót

Tốc độ nạp và tốc độ ép

Tốc độ chảy của kim loại trong rãnh dẫn v_n gọi là tốc độ nạp và tốc độ chảy của kim loại trong buồng ép v_e gọi là tốc độ ép. Đây là hai thông số quan trọng, mang tính

quyết định đến các điều kiện thủy động và điều kiện nhiệt của quá trình điền đầy khuôn áp lực. Giá trị tốc độ nạp và tốc độ ép có liên quan lẫn nhau theo phương trình đồng liên tục:

$$v_n \cdot f_n = v_e \cdot f_e ; \quad (2.28)$$

trong đó: f_n và f_e là diện tích thiết diện ngang của rãnh dẫn và buồng ép, m^2 .

Bảng 2.7. Tốc độ nạp đối với các vật đúc bằng hợp kim khác nhau, hình dạng khác nhau

Chiều dày vật đúc, mm	Hình dạng vật đúc	Tốc độ nạp, m/s					
		Kẽm	Magiê	Nhôm		Đồng	
				Lỏng	Bán lỏng	Lỏng	Bán lỏng
5 ÷ 10	Đơn giản	30 - 40	-	0.5 - 1.0	2 - 5	-	2 - 5
	Phức tạp	40 - 60	-	-	5 - 7	-	3 - 5
3 ÷ 6	Đơn giản	30 - 60	30 - 40	25 - 30	5 - 8	-	5 - 8
	Phức tạp	60 - 80	40 - 50	30 - 40	8 - 12	8 - 15	5 - 8
1.5 ÷ 3.0	Đơn giản	80 - 100	50 - 60	30 - 40	-	15 - 20	5 - 8
	Phức tạp	100 - 150	50 - 80	35 - 40	-	-	-
1.5 ÷ 2.0 (không đều)	Đơn giản	80 - 100	40 - 45	25 - 35	10 - 12	-	-
	Phức tạp	100 - 120	50 - 70	25 - 40	-	-	-

Tốc độ nạp kim loại phụ thuộc vào chế độ điền đầy khuôn đã chọn trước: chế độ phân tán, chế độ phân tán - rồi tuần tự hoặc chế độ chảy tầng. Giá trị tối hạn của tốc độ nạp v_n tính theo công thức (2.4) đối với chế độ chảy phân tán và theo công thức (2.5) với chế độ chảy tầng. Giá trị tối ưu của tốc độ nạp đối với các loại vật đúc bằng các loại hợp kim có hình dạng khác nhau thì cũng rất khác nhau (bảng 2.7).

Đối với vật đúc mỏng thành, hình dáng phức tạp, có nhiều vị trí quay dòng trong hốc khuôn, tốc độ nạp tính theo công thức:

$$v_n = K \frac{L_{vd}}{\delta_{vd}} \sqrt{\frac{\sum n+1}{t}} \quad (2.29)$$

trong đó: K - hệ số phụ thuộc loại hợp kim và nhiệt độ rót, khi nhiệt độ rót cao hơn nhiệt độ nóng chảy, K lấy giá trị bằng 0,013 - 0,02 đối với hợp kim kẽm; 0,015 - 0,02 đối với hợp kim nhôm và 0,018 - 0,035 với hợp kim magiê và 0,02 - 0,03 với hợp kim đồng; n - số vị trí quay dòng trong hốc khuôn.

Trong công thức (2.29), thường phải tính giá trị tốc độ nạp v_n trung bình trong toàn bộ khoảng thời gian nạp. Sau khi thay thế giá trị này vào phương trình liên tục (2.28) sẽ xác định được tốc độ ép v_c khi đã biết đường kính buồng ép D_c và diện tích rãnh dẫn f_n :

$$v_c = v_n \cdot f_n \cdot \frac{4}{\pi D_c^2}$$

Giá trị tốc độ ép tính toán trên mới chỉ tính đến tác động của các điều kiện thủy động học quá trình điền đầy mà chưa kể đến chế độ nhiệt của quá trình, tức là chưa kể đến thời gian điền đầy t_d . Giữa tốc độ điền đầy và thời gian điền đầy có quan hệ:

$$v_c = \frac{4(\sum V)}{\pi D_c^2 \cdot t_d} \quad (2.30)$$

trong đó: $\sum V$ - tổng thể tích kim loại lỏng đi vào hốc khuôn trong khoảng thời gian t_d , m^3 .

Thời gian điền đầy khuôn

Giá trị thời gian điền đầy tính theo công thức (2.30) phụ thuộc vào chế độ ma sát dòng chảy điền đầy hốc khuôn. Đối với chế độ điền đầy rối - phân tán tuần tự, thời gian điền đầy tính theo:

$$t_d = t_b + t_p + t_l$$

trong đó: t_b - khoảng thời gian bay tự do của dòng kim loại trước khi tạo dòng phân tán tại chỗ va đập với vật chướng ngại; $t_b = (L_b + \delta_{vd} + \delta_r) / v_n$, tính theo giây (với L_b là chiều dài dòng kim loại bay tự do, m); t_p và t_l - khoảng thời gian kim loại chuyển động phân tán và chuyển động rối trong hốc khuôn, s.

Giá trị thời gian điền đầy t_d mà trong khoảng thời gian đó các dòng riêng biệt kết hợp lại với nhau trước khi đông đặc được tính toán xuất phát từ điều kiện: nhiệt độ kim loại lỏng trước khi điền đầy xong không được thấp hơn nhiệt độ đường đặc thì thời gian điền đầy trong chuyển động phân tán:

$$t_p = \sqrt{\delta_{vd}^3} \cdot \left[K_1 \sqrt{\left(\ln \frac{T_r - T_k}{T_l - T_k} \right)^3} + K_2 \sqrt{\left(\ln \frac{T_l - T_{k1}}{T_k - T_k} \right)^3} \right] \quad (2.31)$$

Thời gian trong giai đoạn chảy rối:

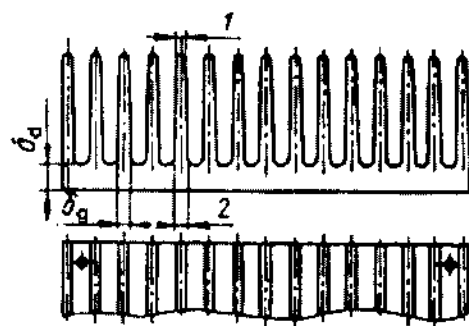
$$t_1 = \delta_{vd}^2 \cdot \left[K_3 \left(\ln \frac{T_r - T_k}{T_{kt} - T_k} \right)^2 + K_4 \left(\ln \frac{T_{kt} - T_k}{T_d - T_k} \right)^2 \right] \quad (2.32)$$

trong đó: K_1, K_2, K_3, K_4 - hệ số cho trên bảng 2.8; T_{kt} - nhiệt độ kết tinh của kim loại; T_r, T_p, T_k - nhiệt độ rót, nhiệt độ đường lỏng và nhiệt độ khuôn.

Bảng 2.8. Giá trị các hệ số của công thức 2.31 và 2.32

Hợp kim	K_1	K_2	K_3	K_4
Kẽm	0,201	0,269	0,015	0,021
Al4	0,179	0,25	0,013	0,015
Al5	0,104	0,28	0,005	0,014

Đối với những vật đúc có hình dáng phức tạp và chiều dày thành không đồng đều, giá trị chiều dày δ_{vd} trong hai công thức (2.30) và (2.31) phải được tính theo giá trị trung bình. Thí dụ với cánh tản nhiệt (hình 2.15) có chiều dày phần đế δ_d khác hẳn với chiều dày phần cánh tản nhiệt δ_g . Trong công thức (2.30), khi tính thời gian chuyển động phân tán phải lấy chiều dày vật đúc bằng chiều dày phần đế vì chỉ có phần đế mới có chiều dày đủ lớn để hình thành chế độ chuyển động phân tán. Ngược lại, trong công thức (2.31) tính thời gian chuyển động rớt, lấy chiều dày vật đúc bằng chiều dày cánh tản nhiệt.



Hình 2.15. Cánh tản nhiệt

Quá trình điền đầy khuôn của hợp kim magiê bao gồm ba giai đoạn: thứ nhất, chuyển động phân tán khi nhiệt độ giảm từ nhiệt độ rót xuống nhiệt độ đường lỏng; giai đoạn thứ hai, cũng là chế độ chảy phân tán nhưng có xuất hiện các hạt pha rắn trong dòng chảy, nhiệt độ giảm từ nhiệt độ đường lỏng xuống nhiệt độ kết tinh; giai đoạn thứ ba, chế độ chuyển động liên tục của dòng chảy, nhiệt độ giảm từ nhiệt độ kết tinh xuống nhiệt độ đông đặc hoàn toàn (thấp hơn nhiệt độ đường đặc khoảng 35 - 55°C. Giá trị thời gian điền đầy khuôn khi đó không tính đến chuyển động bay tự do của dòng, có thể tính theo công thức:

$$t_d = \sqrt{\frac{(\delta_{vd} \rho_M)^3}{B} \left[\sqrt{\left(c_M \ln \frac{T_t - T_k}{T_l - T_k} \right)^3} + \sqrt{\left(c_M + \frac{r}{\Delta T_{kt}} \right)^3 \left(\ln \frac{T_l - T_k}{T_{kt} - T_k} \right)^3} \right]} + \quad (2.33)$$

$$+ 0,196 \left[\frac{\delta_{vd} \rho_M}{b_k} \left(c_M + \frac{r}{\Delta T_{kt}} \right) \left(\ln \frac{T_{kt} - T_k}{T_{dtl} - T_k} \right) \right]^2$$

Một số giá trị của thời gian điền đầy khuôn tính theo công thức (2.32) cho hợp kim magiê khi nhiệt độ rót $T_t = 640^\circ\text{C}$; nhiệt độ đông đặc hoàn toàn $T_{dtl} = 540^\circ\text{C}$, trong khuôn thép được cho trên bảng 2.9. Rõ ràng là, thời gian điền đầy khuôn của hợp kim magiê chịu ảnh hưởng rất lớn của chiều dày thành vật đúc và nhiệt độ khuôn.

Bảng 2.9. Thời gian điền đầy khuôn của hợp kim magiê phụ thuộc chiều dày thành vật đúc và nhiệt độ khuôn

T° khuôn, °C	Thời gian điền đầy khi chiều dày vật đúc, mm.					
	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0
50	0.003	0.007	0.01	0.021	0.044	0.46
100	0.006	0.006	0.013	0.026	0.048	0.072
150	0.011	0.016	0.019	0.037	0.073	0.095
300	0.019	0.026	0.029	0.054	0.102	0.132

Thời gian ép tĩnh

Khi tính toán thời gian ép, người ta giả thiết rằng, nhiệt độ kim loại tại thời điểm kết thúc quá trình điền đầy khuôn coi bằng nhiệt độ kết tinh, T_{kt} :

$$t_c = K \left[\left(\frac{\delta_{vd}}{T_{kt} - T_{dtl}} \right)^2 - \left(\frac{\delta_{vd}}{T_{kt} - T_k} \right)^2 \right] \quad (2.34)$$

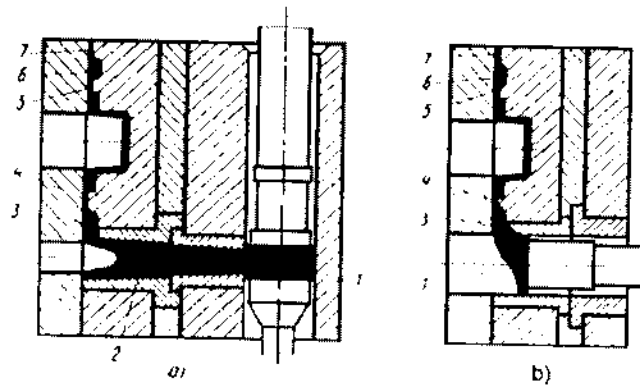
trong đó: K - hệ số phụ thuộc hợp kim đúc, trong khuôn bằng thép, K = 550 đối với kẽm; 1225 đối với nhôm; 289 đối với magiê và 2300 đối với hợp kim đồng.

Thiết kế hệ thống rót

Do đặc điểm kết tinh của kim loại trong đúc áp lực cao là không thể tạo điều kiện đông đặc có hướng, do đó phải tạo điều kiện cho vật đúc đông đặc đồng thời. Mặt khác, kim loại lỏng điền đầy khuôn trong một khoảng thời gian vô cùng ngắn, bởi vậy thiết kế hệ thống rót cần phải tuân thủ một số những điều cơ bản sau đây:

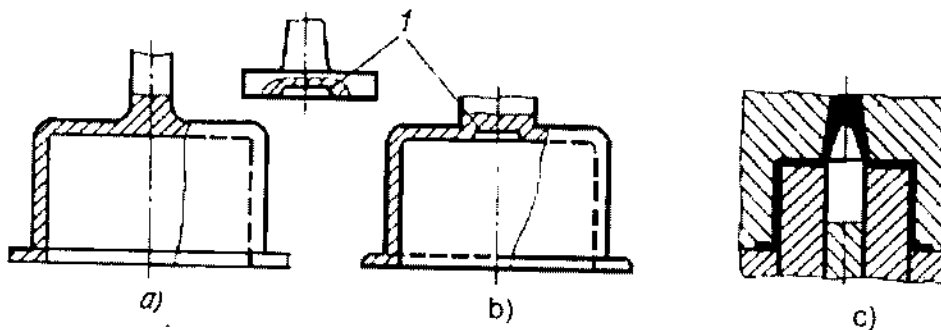
- Quãng đường chuyển động của kim loại lỏng trong khuôn là ngắn nhất có thể được.
- Diện tích rãnh dẫn thu hẹp dần từ buồng ép tới hốc khuôn. Hệ thống rót thu hẹp dần có tác dụng làm giảm sự cuốn khí vào vật đúc, đồng thời làm tăng tốc độ dòng chảy.

Hệ thống rót cho vật đúc trong máy đúc buồng ép nguội kiểu thẳng đứng và kiểu nằm ngang được mô tả như trên hình 2.16. Điều khác biệt giữa hai hệ thống rót của hai kiểu buồng ép này là, trong buồng ép nguội nằm ngang, hệ thống rót không có phần nổi trung gian từ buồng ép đến rãnh dẫn. Khi đó, đường đi của kim loại lỏng sẽ ngắn hơn, tránh được hiện tượng nguội sớm của kim loại trong buồng ép.



Hình 2.16. Hệ thống rót trong máy đúc buồng ép thẳng đứng a) và buồng ép nằm ngang b)

1- buồng ép; 2- ống dẫn; 3- kênh dẫn phụ; 4- rãnh dẫn; 5- kênh nối; 6- vấu lồi; 7- rãnh thoát hơi.

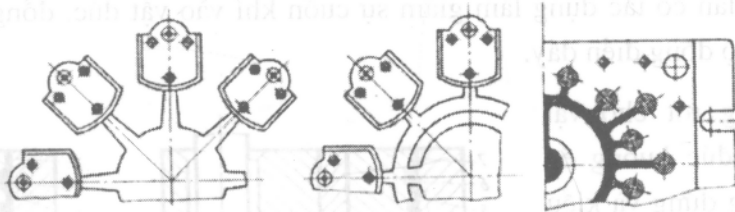


Hình 2.17. Hệ thống rót trực tiếp không có rãnh dẫn a) và b); có rãnh dẫn c)

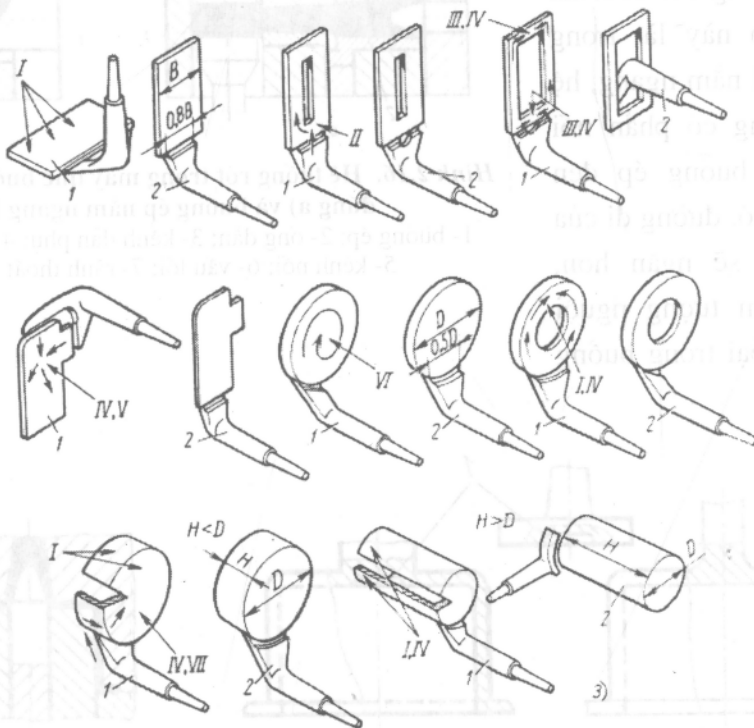
1- hốc lõm nên dùng để ngăn ngừa lõm co.

Phụ thuộc vào vị trí tương đối giữa các đường dẫn, kênh dẫn trong hệ thống rót đối với vật đúc, có thể phân hệ thống rót thành ba kiểu: rót trực tiếp, rót phía trong và rót ngoài. Trong hệ thống rót trực tiếp, không có kênh dẫn trung gian, diện tích kênh nạp trong máy buồng ép thẳng đứng tính bằng diện tích thiết diện ngang của ống dẫn (hình 2.17a); trong buồng ép nằm ngang, diện tích kênh nạp tính bằng diện tích buồng ép

(hình 2.17b). Khi vật đúc có các lỗ hướng trục, ống dẫn kết thúc ở cuối rãnh dẫn bố trí xung quanh cái ngắt dòng (hình 2.17c).



Hình 1.18. Hệ thống rót kiểu rót ngoài



Hình 2.19. Hệ thống rót cho vật đúc có cấu tạo hình dáng khác nhau

Hệ thống rót bên trong được sử dụng đối với vật đúc có lỗ ở tâm kích thước lớn cho phép đặt các kênh dẫn và rãnh dẫn ở đó. Hệ thống rót kiểu này thường áp dụng cho khuôn đúc chiếc một, làm giảm đáng kể kích thước khuôn ép.

Hệ thống rót ngoài được áp dụng phổ biến nhất (hình 2.18). Đây là biện pháp có thể ép một lần vào nhiều hốc khuôn. Để làm được việc đó, trong hệ thống rót, người ta còn bố trí thêm một ụ tích kim loại vừa có tác dụng phân phối kim loại lỏng, vừa duy trì nhiệt độ ổn định ở rãnh dẫn.

Vị trí đặt rãnh dẫn phụ thuộc vào kết cấu của vật đúc. Đây là vấn đề rất quan trọng, có tính quyết định đến chất lượng vật đúc. Nếu vị trí đặt rãnh dẫn hợp lý, vật đúc sẽ được điền đầy tốt và không có khuyết tật. Ngược lại, nếu đặt hệ thống rót không hợp lý, rất dễ sinh ra các loại khuyết tật trong vật đúc. Hình 2.19 giới thiệu một số kiểu đặt rãnh dẫn trong khuôn đúc áp lực cao. Mỗi chi tiết đưa ra hai phương án: phương án 1 là phương án bất hợp lý, phương án 2 là phương án hợp lý về mặt dòng chảy và tránh được các khuyết tật có thể xảy ra do rãnh dẫn gây nên. Người ta cố gắng tránh kiểu rãnh dẫn tạo dòng chảy gặp nhau hoặc xoắn thẳng vào thành khuôn.

Tính toán rãnh dẫn

Rãnh dẫn là thành phần cơ bản nhất của hệ thống rót. Diện tích thiết diện ngang của rãnh dẫn quyết định tốc độ nạp kim loại. Chiều dày rãnh dẫn quyết định động học quá trình điền đầy và khả năng ép trong buồng ép. Công thức tính diện tích rãnh dẫn f_r :

$$f_r = \frac{m_{vd} + m_p}{\rho_M v_n t_d} \quad (2.35)$$

trong đó: m_{vd} và m_p : khối lượng của vật đúc và khối lượng của vấu lõi; v_n - tính theo công thức (2.4) và (2.5) hoặc theo bảng 2.7. Thời gian điền đầy t_d tính theo các công thức (2.31), (2.32) và (2.33). Trong thực tế, khi tính toán thiết diện rãnh dẫn f_r theo công thức (2.35), người ta thường thay thế tích $v_n t_d$ bằng hệ số K phụ thuộc vào chiều dày vật đúc và áp lực trong buồng ép như nêu ở bảng 2.10.

Tuy đã có xét đến chiều dày vật đúc và áp suất trong buồng ép nhưng giá trị tính rãnh dẫn theo công thức trên vẫn còn thiếu chính xác. Hiện nay, còn một phương pháp tính khác có độ chính xác hơn. Đó là tính diện tích rãnh dẫn thông qua các hệ số. Trong phương pháp này, người ta coi tốc độ nạp v_n là tích của các hệ số và tốc độ trung bình: $v_n = K_1 K_2 v_{tb}$. Trong đó v_{tb} là tốc độ trung bình của dòng nạp và lấy bằng 15 m/s. K_1 và K_2 các hệ số tính đến kiểu dáng vật đúc và áp suất ép. Thời gian điền đầy $t_{dd} = K_3 K_4 t_{tb}$ với t_{tb} là thời gian điền đầy trung bình, lấy bằng 0,06 giây. K_3 và K_4 là các hệ số tính đến loại hợp kim và chiều dày trung bình của vật đúc. Với cách đặt các hệ số như vậy, diện tích rãnh dẫn tính theo:

$$f_{tt} = \frac{1,12(m_{nl} + m_p)}{K_1 K_2 K_3 K_4 \rho_M} \quad (2.36)$$

Các giá trị hệ số K_1 ; K_2 ; K_3 ; K_4 đối với vật đúc hợp kim nhôm, khối lượng nhỏ hơn 2 kg; khối lượng tính theo gam và khối lượng riêng ρ tính theo g/cm³ cho ở bảng 2.11.

Bảng 2.10. Hệ số K đối với các hợp kim khác nhau theo công thức 2.35

Áp lực buồng ép, MPa	Hệ số K							
	Kẽm		Nhôm		Magiê		Đồng	
	Chiều dày vật đúc, mm							
	1 - 4	4 - 8	1 - 4	4 - 8	1 - 4	4 - 8	1 - 4	4 - 8
20 - 40	3,37	2,7	3,04	2,53	2,7	2,16	3,0	2,4
40 - 60	1,69	1,35	1,52	1,21	1,35	1,1	1,5	1,2
60 - 80	1,35	1,05	1,21	0,97	1,1	0,86	1,2	0,96
80 - 100	1,02	0,82	0,91	0,73	0,8	0,65	0,9	0,72
> 100	0,68	0,54	0,61	0,49	0,54	0,43	0,6	0,48

Bảng 2.11. Giá trị các hệ số K của công thức 2.36

Loại vật đúc	K_1	Áp suất, MPa	K_2
Dày, đơn giản	0.75	< 20	2.5
Thiết diện cong	1.0	20 - 40	2.0
Phức tạp	1.5	40 - 60	1.75
Rất phức tạp, gân mỏng	2.0	60 - 80	1.5
		80 - 100	1.25
		> 100	1.0
Hệ số K_3 và K_4			
Hợp kim	K_3	Chiều dày thành, mm	K_4
Chì-thiếc	2.5	< 1	0.5
Kẽm	1.0	1 - 2	0.75
Nhôm	0.75	2 - 4	1.0
Đồng	0.6	4 - 6	1.15
Magiê	0.45	6 - 8	1.3

Để đảm bảo nguyên tắc thất dòng của hệ thống rót, người ta sử dụng diện tích thiết diện ngang của kênh dẫn phụ (hình 2.14) có giá trị $f_{dp} = (1,2 \div 1,5)f_d$. Chiều cao kênh dẫn phụ xác định bằng công thức thực nghiệm:

$$h_{dp} = 0,77 \sqrt{f_d}$$

2.2.7. Tính hệ thống thoát hơi

Hệ thống thoát hơi thường được thiết kế có dạng rãnh vuông góc. Chiều dày δ_h của rãnh thoát hơi phụ thuộc vào loại hợp kim đúc, bảng 2.12. Khi dòng kim loại điền đầy khuôn ở trạng thái hai pha thì giá trị chiều dày rãnh hơi tăng lên khoảng 2 ÷ 3 lần. Chiều rộng của rãnh hơi tính bằng cách chia tổng thiết diện $\sum f_h$ của rãnh hơi chia cho chiều dày δ_h . Trong đó tổng diện tích rãnh hơi tính theo công thức (2.13) và (2.14).

Đối với chế độ chảy dưới giá trị tới hạn, $p_k < 0,19$ MPa:

$$\sum f_h = 0,65 g - \frac{\rho_k V_{vd} \sqrt{T_k}}{\rho_k t_{dd} \sqrt{\beta^{1,43} - \beta^{1,71}}} \quad (2.37)$$

Với dòng chảy trên giá trị tới hạn $p_k > 0,19$ MPa:

$$\sum f_h = 2,5 \frac{\rho_k V_{vd} \sqrt{T_k}}{\rho_k t_{dd}} \quad (2.38)$$

trong đó: g - gia tốc trọng trường; ρ_k - khối lượng riêng của khí trong hốc khuôn, lấy theo bảng 2.13; V_{vd} - thể tích vật đúc; T_k - nhiệt độ khí trong hốc khuôn; p_k - áp suất khí trong hốc khuôn; t_{dd} - thời gian điền đầy; β - tỷ lệ của áp suất khí bên ngoài chia cho áp suất khí trong hốc khuôn

Bảng 2.12. Chiều dày rãnh hơi trên khuôn đúc

Hợp kim	δ_h	Hợp kim	δ_h
Chì - thiếc	0,05 - 0,1	Magiê	0,1 - 0,15
Kẽm	0,08 - 0,12	Đồng	0,15 - 0,20
Nhôm	0,1 - 0,12	Thép	0,2 - 0,3

Thí dụ: Xác định diện tích rãnh hơi cho vật đúc trong khuôn áp lực có thể tích hốc khuôn $V_{vd} = 200.10^{-6} \text{ m}^3$; hợp kim nhôm có chế độ điền đầy theo dòng phân tán (nhiệt độ khí T_k bằng nhiệt độ rót = 600°C); thời gian điền đầy $T_{dd} = 0,06 \text{ s}$, giả thiết áp suất khí trong hốc khuôn $p_k = 0,15 \text{ MPa}$. Khi đó ta có:

$$\sum f_k = 0,65 \times 9,18 \frac{0,04 \times 200 \cdot 10^{-6} \sqrt{873}}{0,15 \times 0,06 \sqrt{\left(\frac{1}{1,5}\right)^{1,43} - \left(\frac{1}{1,5}\right)^{1,71}}} = 22 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Bảng 2.13. Khối lượng riêng của không khí phụ thuộc nhiệt độ.

T°C	ρ_k	T°C	ρ_k	T°C	ρ_k
20	0,1164	300	0,0596	700	0,0361
50	0,1056	400	0,0508	800	0,0325
100	0,0916	500	0,0451	600	0,0291
200	0,0723	600	0,04	1000	0,0268

Cũng vật đúc này nhưng chế độ điền đầy là chế độ trên tới hạn, $p_k = 0,2 \text{ MPa}$, thì diện tích rãnh thoát hơi sẽ là:

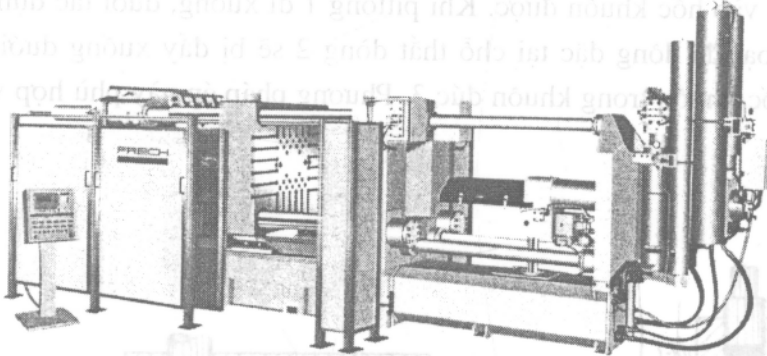
$$\sum f_k = 2,5 \times 9,18 \frac{0,04 \times 200 \cdot 10^{-6} \sqrt{873}}{0,2 \times 0,06} = 49 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

có nghĩa là, khi trở lực của khí trong hốc khuôn tăng từ 0,15 lên 0,2 MPa thì tổng diện tích của rãnh thoát hơi phải tăng lên khoảng 2 lần.

2.2.8. Máy đúc áp lực cao

Trong các máy đúc áp lực cao, loại máy nào cũng bao gồm hai bộ phận thuỷ lực, một bộ phận đóng mở khuôn, một bộ phận ép kim loại lỏng. Bộ phận đóng mở khuôn gọi là cơ cấu khoá khuôn, bộ phận ép hay còn gọi là cơ cấu ép. Hầu hết các máy đều có cơ cấu khoá khuôn kiểu nằm ngang. Cơ cấu ép có thể là ép thẳng đứng hoặc ép nằm ngang, phụ thuộc cách bố trí buồng ép. Dẫn động cho các cơ cấu này là bơm thuỷ lực kiểu pittông hoặc bơm kiểu cánh. Bơm thuỷ lực có thể lắp trực tiếp trên máy hoặc bố trí độc lập.

Chất lỏng công tác trong máy đúc áp lực thường là dầu khoáng vật hoặc huyền phù dầu-nước hoặc dầu khác. Dầu khoáng vật có tính bôi trơn và chống ăn mòn tốt, tính chất làm việc khá ổn định, giá thành thấp cho nên được sử dụng khá phổ biến. Nhược điểm của dầu khoáng vật là dễ cháy, làm ô nhiễm môi trường và đắt hơn nhũ tương dầu-nước.

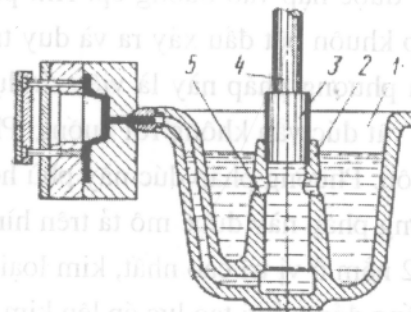


Hình 2.20. Máy đúc áp lực buồng ép nguội nằm ngang

Để tiết kiệm chất lỏng công tác làm việc trong điều kiện áp suất cao, trên máy người ta thường lắp thêm bình chứa chuyên dụng. Bình chứa chịu áp lực cao, có lớp đệm khí cho nên chỉ cần sử dụng bơm hoặc động cơ điện có công suất nhỏ cũng đã đảm bảo được áp lực làm việc.

Trong sản xuất hiện nay, máy đúc áp lực cao được sản xuất theo hai kiểu chính: máy ép buồng ép nóng và máy ép buồng ép nguội. Trong số các loại máy buồng ép nóng thì kiểu buồng ép nóng dạng thẳng đứng được sử dụng rộng rãi hơn cả (hình 2.21).

Nguyên lý làm việc của máy đúc buồng ép nóng kiểu thẳng đứng: pittông 3 và xilanh ép 2 đều nhúng ngập trong bể kim loại. Khi pittông 3 đi lên hết hành trình, kim loại lỏng qua lỗ 5 đi vào xilanh ép 2. Nửa hành trình sau, pittông đi xuống vượt qua vị trí của lỗ 5, sẽ đẩy kim loại lỏng vào hốc khuôn dưới một áp suất tính toán trước. Phương pháp ép này thích hợp cho các kim loại dễ chảy hoặc dễ chảy như kẽm, magiê.

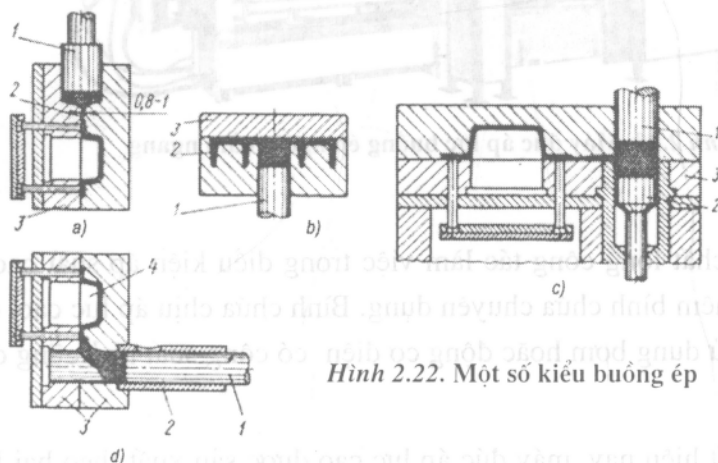


Hình 2.21. Nguyên lý máy đúc buồng ép nóng thẳng đứng

Máy đúc buồng ép nguội lại được chia ra thành kiểu ép nằm ngang, kiểu ép thẳng đứng từ dưới lên, kiểu ép thẳng đứng từ trên xuống (hình 2.22).

Đúc áp lực trong buồng ép nguội kiểu thẳng đứng, ép từ trên xuống (hình 2.22a), có thể coi là phương pháp ép trực tiếp. Nguyên lý làm việc mô tả như sau. Khi pittông 1

đi lên, kim loại lỏng được nạp vào buồng ép nhưng sẽ đông đặc ngay tại chỗ thất dòng 2 mà không thể đi vào hốc khuôn được. Khi pittông 1 đi xuống, dưới tác dụng của áp lực cao, phần kim loại đã đông đặc tại chỗ thất dòng 2 sẽ bị đẩy xuống dưới và kim loại lỏng điền đầy hốc khuôn trong khuôn đúc 3. Phương pháp ép này phù hợp với đúc kẽm, magiê và nhôm.



Hình 2.22. Một số kiểu buồng ép

Cơ cấu đúc áp lực trong buồng ép nguội kiểu thẳng đứng, ép từ dưới lên được mô tả như trên hình 2.22b, buồng ép bố trí ở nửa khuôn dưới. Khi pittông 1 đi xuống, kim loại lỏng được nạp vào buồng ép. Khi pittông đi lên và vượt qua lỗ nạp, quá trình điền đầy và ép khuôn bắt đầu xảy ra và duy trì cho đến khi vật đúc đông đặc hoàn toàn. Ưu điểm của phương pháp này là việc sử dụng mặt phân khuôn nằm ngang. Khi nhấc nửa khuôn 3, vật đúc vẫn không rơi xuống. Phải sử dụng hệ thống cần đẩy để tổng vật đúc ra khỏi khuôn. Phương pháp đúc này phù hợp cho các vật đúc lớn và nặng. Một dạng khác của phương pháp này được mô tả trên hình 2.22c. Nguyên lý làm việc như sau: Ban đầu, chày đỡ 2 nằm ở vị trí cao nhất, kim loại lỏng rót vào buồng ép. Pittông 1 cùng với chày đỡ đi xuống đồng thời tạo lực ép lên kim loại lỏng, kim loại điền đầy hốc khuôn dưới tác dụng áp lực của pittông 1. Thực chất đây là phương pháp ép trên xuống.

Đúc áp lực trong buồng ép nguội nằm ngang, mặt phân khuôn thẳng đứng (hình 2.22d). Đa số các máy đúc hiện đại đều được thiết kế theo nguyên tắc này. Nguyên lý hoạt động như sau: Pittông 1 dịch sang phải, ngoài lỗ rót, rót kim loại vào xilanh ép 2. Pittông 1 dịch chuyển sang phía trái, đẩy kim loại lỏng vào hốc khuôn và duy trì áp lực ép cho đến khi kim loại đông đặc hoàn toàn.

Khuyết tật đúc và các biện pháp phòng ngừa

Một trong những thông số đánh giá chất lượng vật đúc trong công nghệ đúc áp lực cao là độ chính xác của vật đúc. Độ chính xác của vật đúc phụ thuộc trước hết vào độ ổn định khe hở giữa hai nửa khuôn mà khe hở này lại phụ thuộc vào độ ổn định của cơ cấu ép và cơ cấu khoá khuôn. Độ mòn của các chi tiết máy đúc cũng như việc vận hành và điều khiển máy có hợp lý hay không cũng là những yếu tố ảnh hưởng đến độ chính xác của vật đúc.

Cũng giống như các phương pháp đúc khác, vật đúc trong công nghệ đúc áp lực cao cũng có các khuyết tật đúc. Trong số các khuyết tật đó phải kể đến dạng khuyết tật bề mặt và rỗ xốp trong vật đúc. Có thể tóm tắt các dạng khuyết tật và biện pháp ngăn ngừa trong bảng 2.14.

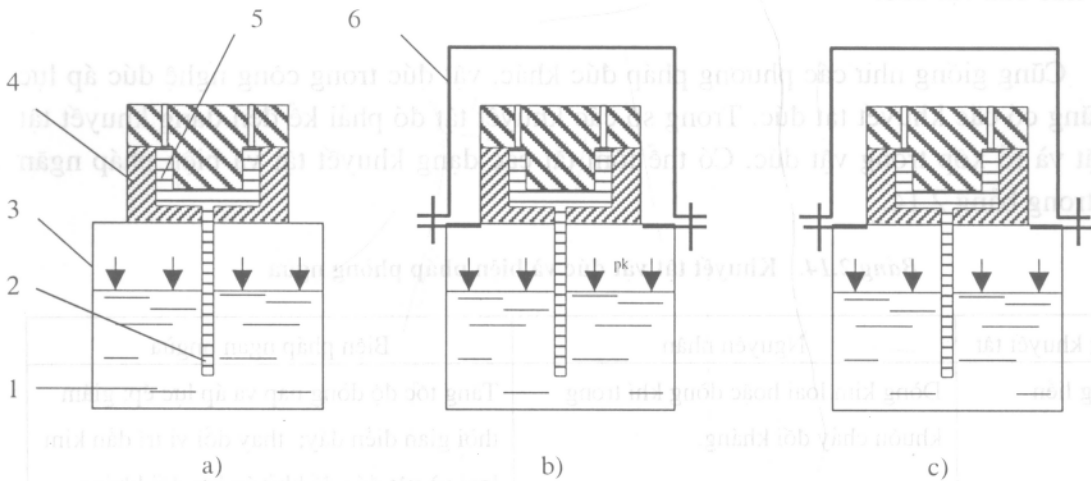
Bảng 2.14. Khuyết tật vật đúc và biện pháp phòng ngừa

Dạng khuyết tật	Nguyên nhân	Biện pháp ngăn ngừa
Không liền	Dòng kim loại hoặc dòng khí trong khuôn chảy đối kháng.	Tăng tốc độ dòng nạp và áp lực ép; giảm thời gian diễn đầy; thay đổi vị trí dẫn kim loại và vật đúc để khử áp lực đối kháng.
Không đầy	Kim loại nguội và đông đặc quá sớm; áp lực khí trong khuôn quá lớn. Thiếu kim loại lỏng.	Tăng nhiệt độ rót, tốc độ nạp và tốc độ ép; Đặt thêm màng lọc khí ở chỗ vật đúc đầy; tăng dung tích gầu định lượng và buông ép.
Vết nứt nóng	Quá nhiệt kim loại; cấu trúc kim loại không đều.	Giảm nhiệt độ rót hoặc nâng cao nhiệt độ khuôn; khử oxy và khuấy kim loại trước khi rót.
Vết nứt xuyên suốt	Ứng suất do nguội không đều; lỗ xốp lớn làm giảm độ bền ở trạng thái nóng; tổng vật đúc không đều.	Thay đổi kết cấu vật đúc; tăng diện tích rãnh hơi; tăng thời gian diễn đầy khuôn; thay đổi kết cấu tổng vật đúc.
Bề mặt lồi lõm không đều	Tốc độ dòng quá nhỏ; trở lực thủy lực trong khuôn quá lớn.	Tăng tốc độ dòng và tốc độ ép; thay đổi kết cấu vật đúc, tăng rãnh thoát hơi.
Rỗ co	Chiều dày thành vật đúc không đều; hợp kim co quá nhiều.	Điều chỉnh chiều dày vật đúc; tăng diện tích rãnh dẫn, lực ép khuôn. Giảm nhiệt độ rót, thay đổi hợp kim đúc.

2.3. ĐÚC DƯỚI ÁP LỰC KHÍ ĐIỀU CHỈNH

2.3.1. Khái niệm và phân loại

Đúc dưới áp lực khí điều chỉnh là phương pháp đúc trong đó kim loại lỏng đi vào khuôn từ nôi lò ở phía dưới lên khuôn ở phía trên thông qua một ống dẫn, dưới tác dụng của áp lực khí lên bề mặt thoáng của bề kim loại (hình 2.23).



Hình 2.23. Nguyên lý đúc: a) áp lực thấp, b) đúc đối áp và c) đúc chân không.

1 – kim loại lỏng; 2 – ống dẫn kim loại; 3 – vỏ lò kín khí; 4 – khuôn đúc; 5- hốc khuôn; 6- nắp kín khí.

Phụ thuộc vào tương quan giữa áp suất khí trong nôi lò và áp suất khí trong hốc khuôn, có thể chia phương pháp đúc này thành ba kiểu:

1. Khi áp suất khí trong hốc khuôn p_h bằng với áp suất môi trường p_m ($p_h = p_m$), việc điền đầy khuôn được thực hiện nhờ sự chênh áp tác dụng lên mặt thoáng kim loại lỏng trong nôi lò:

$$\Delta p = p_k - p_m$$

trong đó: p_k - áp lực lên mặt thoáng kim loại lỏng trong lò; p_m - áp suất môi trường.

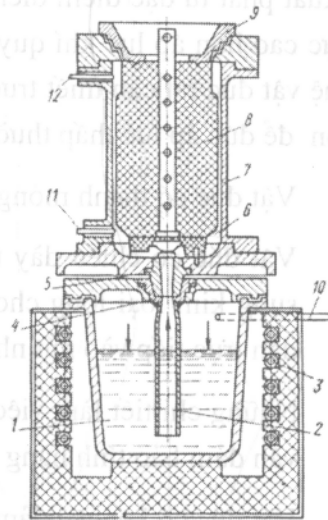
Phương pháp đúc này còn có tên là đúc áp lực thấp (hình 2. 23a).

2. Khi áp lực của khí trong hốc khuôn vượt quá áp suất khí quyển, để điền đầy khuôn cần một lượng chênh áp $\Delta p = p_k - (p_h + p)$. Phương pháp này còn gọi là đúc đối áp (hình 2. 23b).

3. Khi chân không hoá hốc khuôn, $p_h < p_m$, kim loại lỏng điền đầy khuôn từ dưới lên dưới tác dụng của một sự chênh áp: $\Delta p = p_m - p_{ck}$ (p_{ck} - áp suất chân không trong hốc khuôn). Phương pháp này còn gọi là đúc hút chân không, hình 2.23c.

2.3.2. Đúc áp lực thấp

Trong phương pháp đúc áp lực thấp (hình 2.24), nôi lò có kim loại lỏng được đặt trong một thùng kín có nắp khít, trên nắp 5 có gá thêm một ống dẫn kim loại 2. Khuôn đúc 7 đặt lên trên nắp 5 và tiếp xúc trực tiếp với hệ thống rót ở phía trên của ống dẫn, đầu dưới ống dẫn nhúng chìm trong bể kim loại. Khi đưa khí có áp lực cao vào buồng lò qua ống 10, khí nén ép lên mặt thoáng kim loại lỏng một áp lực Δp làm cho kim loại lỏng sẽ theo ống dẫn 2 điền đầy hốc khuôn. Sau khi toàn bộ vật đúc đã đông đặc, ngắt dòng khí nén, phần kim loại lỏng trong ống dẫn chảy xuống nôi lò. Nhấc khuôn và dỡ vật đúc. Một chu kỳ đúc mới lại bắt đầu. Điểm khác biệt của phương pháp này với các phương pháp đúc truyền thống là, rót kim loại không cần định lượng, các quá trình nhiệt, thủy lực và lực tác dụng đều xảy ra trong một hệ khép kín.



Hình 2.24. Nguyên lý cấu tạo máy đúc áp lực thấp.

Do đặc điểm như vậy nên phương pháp đúc áp lực thấp có những ưu điểm chính như sau:

- Kim loại lỏng ít bị oxy hoá, tiết kiệm chất tạo xỉ và chất trợ dung vì suốt trong quá trình đúc, kim loại lỏng không tiếp xúc với môi trường do ống dẫn nhúng chìm trong bể lỏng.
- Dễ dàng điều chỉnh thông số nhiệt động của quá trình thông qua áp lực của khí nén, bởi vậy rất dễ dàng đơn giản hoá hệ thống rót đồng thời vẫn cải thiện được chất lượng của vật đúc.
- Tiết kiệm kim loại rót do kim loại trong hệ thống rót quay trở lại nôi lò sau khi vật đúc đã đông đặc.
- Vật đúc sít chặt hơn do quá trình đông đặc xảy ra dưới điều kiện có áp lực.

- Mật độ cao và tổ chức nhỏ mịn làm cho vật đúc có cơ tính cao hơn so với đúc trong khuôn kim loại thông thường $15 \div 25\%$, độ dẻo cao hơn $1,5 \div 2$ lần và các tính chất khác cũng cao hơn.

- Độ chính xác vật đúc cao hơn, độ nhám bề mặt tốt hơn so với đúc trong khuôn kim loại.

- Dễ cơ khí hoá và tự động hoá.

Cơ sở công nghệ đúc áp lực thấp

Xuất phát từ đặc điểm điển đầy, kết tinh và những tính ưu việt của phương pháp đúc áp lực cao hơn áp lực khí quyển cho nên việc lựa chọn chủng loại và đánh giá tính công nghệ vật đúc rất cần thiết trước khi thiết kế đúc các loại chi tiết này. Những chi tiết được chọn để đúc áp lực thấp thường là những chi tiết có đặc tính sau đây:

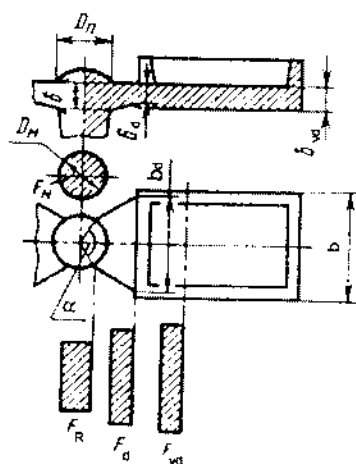
- Vật đúc có thành mỏng kéo dài, nếu rớt thông thường sẽ không điển đầy.
- Vật đúc có chiều dày thành không đều, có một hoặc vài nút nhiệt. Việc bổ sung kim loại lỏng cho những nút nhiệt này nhờ vào một hoặc vài ống dẫn, dẫn trực tiếp vào nút nhiệt.
- Những chi tiết làm việc chịu tác dụng của lực, muốn giảm khối lượng nhưng vẫn đảm bảo tính năng làm việc.
- Vật đúc có kết cấu đảm bảo tính đồng đặc có hướng từ bên ngoài vào đến nút nhiệt cuối cùng là chân ống dẫn kim loại.
- Nếu trong vật đúc có một vài nút nhiệt nằm phân tán thì tính công nghệ đúc sẽ khó hơn một chút do hệ thống rót, ngót, hơi sẽ phức tạp hơn.
- Để đảm bảo dễ dàng lấy vật đúc ra khỏi khuôn thì độ nghiêng thành khuôn, góc lượn phải lấy bằng hoặc lớn hơn một chút so với tiêu chuẩn đã cho trong sổ tay.

Tính toán hệ thống rót

Áp lực trong buồng lò có thể điều chỉnh được chính là nguyên nhân cơ bản làm đơn giản hoá kết cấu của hệ thống rót trong công nghệ đúc áp lực thấp. Kết cấu hệ thống rót phụ thuộc trước hết vào kết cấu và vị trí của vật đúc và các nút nhiệt. Nguyên tắc tính toán và đặt hệ thống rót là hệ thống rót phải đảm bảo tính đồng đặc có hướng của vật đúc. Đồng đặc phải từ ngoài vào trong, từ trên xuống dưới đến vị trí nút nhiệt thông với ống dẫn của vật đúc kim loại hoặc hệ thống rót trung gian. Nguyên tắc thiết kế hệ thống

rót như trên được sử dụng cho những vật đúc mà việc bổ sung kim loại cho nút nhiệt được thực hiện theo kiểu độc lập theo một hướng. Với những vật đúc có cấu hình phức tạp, nút nhiệt phân bố cả ở trên cả ở dưới và bên sườn thì vẫn cần đặt đậu ngót và dùng hệ thống rót kiểu tăng.

Khi chế tạo vật đúc thành mỏng và rộng, nên dùng hệ thống rót kiểu khe hẹp thấp thẳng đứng hoặc nằm ngang. Để đảm bảo tính đồng đặc có hướng, những phần lớn nhất của vật đúc nên bố trí trong khuôn sao cho nó tiếp xúc gần nhất với ống dẫn kim loại. Tỷ lệ diện tích các rãnh dẫn F và chiều dày δ của các thành phần vật đúc (hình 2.25), cần thỏa mãn các điều kiện sau đây:



Hình 2.25. Tỷ lệ các diện tích F , chiều dày δ và chiều rộng b của vật đúc so với các bộ phận hệ thống rót

$F_d = (0,65 \div 0,8) F_0$ (diện tích rãnh dẫn và diện tích mặt cắt ngang của vật đúc);

$F_0 = (1,1 \div 1,2) F_d$ (diện tích của hai đầu rãnh dẫn);

$F_0 > (1,1 \div 1,3) F_d$ (diện tích ống dẫn và diện tích rãnh dẫn tiếp xúc với ống dẫn);

$\delta_d = (0,8 \div 0,9) \delta_0$ (chiều dày rãnh dẫn và chiều dày vật đúc);

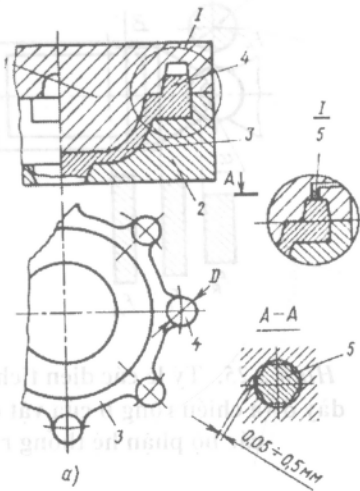
$\delta_0 = (1,1 \div 1,3) \delta_d$ (chiều dày chỗ tiếp xúc và chiều dày rãnh dẫn).

Trong đúc áp lực thấp cũng đôi khi phải sử dụng đậu ngót để bổ sung kim loại cho những nút nhiệt trên vật đúc. Khi khối lượng không lớn lắm (nhỏ hơn 0,2 kg) có thể sử dụng đậu ngót kín (hình 2.26). Khi đó, trên mặt thoáng kim loại lỏng trong đậu ngót sẽ chịu một áp lực bằng áp suất hình thành tại đầu mút của khuôn khi vừa rót xong.

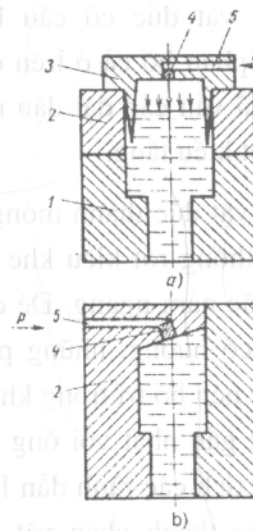
Cũng có thể dùng đậu ngót chịu tác dụng của không khí tự nhiên. Với đậu ngót này, đầu mút cần phải được cách nhiệt, thí dụ, bằng amiăng và ống thông hơi phụ (hình 2.26). Tác dụng bổ ngót của đậu ngót sẽ được nâng cao thêm nếu tạo được một áp lực phụ nén lên mặt thoáng kim loại lỏng ở đậu ngót nhờ khí nén (hình 2.27).

Để kim loại có thể bổ sung đầy đủ cho những vật đúc mỏng thành và rộng, có thể dùng thêm các vấu lồi dạng hình cung, bố trí trên mép vật đúc. Hình dáng và kích thước của vấu lồi xem hình 2.28. Việc sử dụng vấu lồi là nhằm tạo điều kiện hình thành

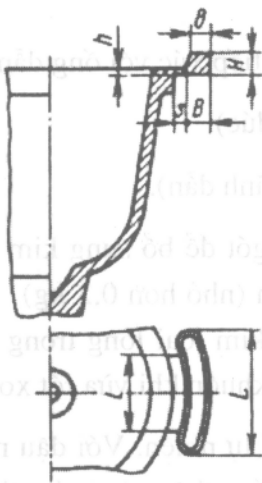
phần trên của vật đúc mỏng thành có chất lượng cao. Trong các trường hợp khác, vấu lồi có tác dụng làm giảm bớt va đập thủy lực.



Hình 2.26. Kiểu và cách bố trí đầu ngót kín



Hình 2.27. Đầu ngót thông với khí trời



Kích thước vấu lồi	Chiều dày thành vật đúc, mm			
	2 - 4	5 - 8	9 - 15	trên 15
B	6	10	16	20 - 30
b	6	8	12	16 - 20
H	6	10	15	20 - 30
h	0,3 - 0,8	1,5 - 1,2	0,8 - 1,5	1,0 - 2,0
s	2	3 - 5	5 - 8	10 - 15
l	20 - 30	20 - 50	30 - 70	40 - 100
L	30 - 40	30 - 60	40 - 80	50 - 120

Hình 2.28. Hình dáng và kích thước vấu lồi

Tốc độ điền đầy khuôn

Tốc độ điền đầy hốc khuôn trong đúc áp lực thấp phụ thuộc vào động học quá trình tăng áp lên mặt thoáng kim loại lỏng:

$$v_d = K_p v_p$$

trong đó: K_p - hệ số phụ thuộc vào hình dáng hốc khuôn, nôi lò, sự tổn hao áp suất;
 v_p - tốc độ ép của khí nén lên mặt thoáng kim loại lỏng trong nôi lò.

Tốc độ điền đầy khuôn tối ưu v_l là tốc độ điền đầy khuôn lớn nhất mà vẫn không làm mất tính liên tục của dòng chảy, dòng chảy vẫn phun thành dòng khi đi từ phần mỏng sang phần dày và không có dòng phun trào.

Tốc độ đảm bảo dòng chảy liên tục:

$$v_{lt} = \frac{Re \cdot v}{\delta} \quad (2.39)$$

trong đó: Re - tiêu chuẩn Reynold; v - độ nhớt động học của kim loại lỏng; δ - kích thước đặc trưng của cơ cấu khảo sát như: rãnh dẫn, ống dẫn...

Tốc độ tới hạn của dòng chảy khi đi từ phần mỏng sang phần dày trong hốc khuôn có tính đến chiều cao dòng phun ($0 < H < \delta$) được tính theo công thức:

$$v_p = \varphi \sqrt{\frac{2g \cdot n \cdot \delta}{1 - \psi \cdot n \cdot \delta}} \quad (2.40)$$

trong đó: φ - hệ số tốc độ; $\psi = 0,00025/(\delta + 1000\delta^3)$; $n \cdot \delta = H$ (chiều cao dòng phun).

Thời gian điền đầy khuôn cũng chính là thời gian rút tính theo công thức tương tự như trong khuôn kim loại:

$$t = A \cdot \delta^n M^m \quad (2.41)$$

Thiết diện F của ống dẫn kim loại:

$$F = \frac{M}{0,0142 \cdot \mu \sqrt{H \cdot \gamma}} \quad (2.42)$$

trong đó: M - khối lượng vật đúc; μ - hệ số tổn thất; H - cột áp kim loại.

Đối với vật đúc mà chiều cao h_{vd} của nó thông ước với áp lực $p = H \cdot \gamma$, có nghĩa là đã tính đến việc giảm tốc độ dòng khi mức kim loại dâng lên trong vật đúc, ta có mối quan hệ:

$$F = \frac{3M \cdot h_{vd}}{2t \cdot \mu \cdot \sqrt{2g} \left[H \sqrt{H - (H - h_{vd})} \sqrt{H - h_{vd}} \right]} \quad (2.43)$$

Một vấn đề cần lưu ý là, quá trình điền đầy khuôn trong phần lớn các công nghệ đúc, trừ phương pháp đúc bán lỏng, sẽ được coi là hoàn hảo nếu sau khi rót, kim loại bắt đầu điền đầy mà vẫn chưa có một phần nhỏ kim loại nào đã bắt đầu đông đặc. Tức là vật đúc chỉ điền đầy ở chế độ quá nhiệt. Đa số các vật đúc không có thành mỏng và rộng thì điều kiện này có thể được thoả mãn. Khi đó sự phù hợp của các thông số nhiệt và thủy động của quá trình đúc sẽ được đảm bảo bằng việc giải bài toán truyền nhiệt để tìm nghiệm số là thời gian t_1 dẫn nhiệt quá nhiệt khối vật đúc và xác định quãng đường L mà hợp kim lỏng đi qua trong khoảng thời gian đó với một tốc độ tối ưu đã nêu trên. Thời gian dẫn nhiệt quá nhiệt tính theo công thức:

$$t_1 = \frac{c_1 \rho \cdot \delta_0}{\alpha} \ln \frac{T_r - T_k}{T_{kt} - T_k} \quad (2.44)$$

trong đó: c_1 - nhiệt dụng riêng của kim loại lỏng; ρ - khối lượng riêng kim loại; δ_0 - nửa chiều dày thành vật đúc; α - hệ số truyền nhiệt tiếp xúc khuôn-vật đúc; T_r , T_{kt} và T_k - lần lượt là nhiệt độ rót, nhiệt độ kết tinh và nhiệt độ khuôn.

Khi đó, chiều dài quãng đường mà kim loại lỏng đã đi qua là:

$$L = v_1 \cdot t_1; \quad (2.45)$$

trong đó v_1 là tốc độ tối ưu.

Thực nghiệm cho kết quả, $\alpha = 1745$ và $1165 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ở nhiệt độ khuôn 220 và 350°C khi có lớp sơn $0,2 - 0,3 \text{ mm}$. Trong các trường hợp khác cần phải xác định thông số này bằng thực nghiệm thông qua phương trình Fourier trong ống dẫn chất lỏng.

Khi sản xuất vật đúc có thành mỏng và rộng, quá trình đông đặc sẽ xảy ra sớm hơn trước khi rót xong và công thức (2.45) không thoả mãn nữa. Khi đó quãng đường kim loại lỏng đã đi được sẽ tính theo công thức:

$$L_1 = v_1(t_1 + t_2);$$

trong đó: L và v_1 tính theo công thức (2.45) còn giá trị t_2 tính theo công thức:

$$t_2 = \frac{\gamma \cdot \delta_0}{\alpha(T_{kt} - T_k)} \left[c\theta + \frac{1}{4} q \cdot (2 - A - A^2 + A^3) \right]; \quad \text{khi } 0 \leq A \leq 1 \quad (2.46)$$

$$t_2 = \frac{\gamma \cdot \delta_0}{\alpha(T_{kt} - T_k)} \left[c\theta + \frac{1}{4} q \cdot A^{-2n} \right]; \quad \text{khi } A > 1 \quad (2.47)$$

trong đó:

$$A = \sqrt{\frac{T_l - T_s}{\theta}}; \quad \theta = \frac{\alpha \cdot \delta_0}{\lambda} (T_r - T_k)$$

Trong các công thức (2.44) và (2.45), λ - hệ số dẫn nhiệt; δ_0 - nửa chiều dày thành vật đúc; θ - khoảng giảm nhiệt độ trong thiết diện ngang của kênh; T_l và T_s - nhiệt độ đường lòng và nhiệt độ đường đặc; n - bậc chỉ số, với nhóm $n = 1$.

Khi giá trị tính toán $L_1 > L$, vật đúc được điền đầy tốt. Nếu $L_1 < L$, muốn khuôn được điền đầy tốt, cần phải tăng thời gian chuyển động của hợp kim ở trạng thái lỏng (thí dụ, giảm hệ số truyền nhiệt tiếp xúc α bằng cách nâng cao nhiệt độ ban đầu khuôn hoặc thay đổi chiều dày và thành phần lớp sơn cách nhiệt).

Khi chế tạo vật đúc mà khoảng thời gian điền đầy khuôn nhỏ hơn rất nhiều so với thời gian đông đặc, việc tính toán thời gian đông đặc của kim loại trong cả khuôn kim loại cũng như khuôn cát được tính theo các công thức đã trình bày ở các chương trước. Tuy nhiên, kết quả tính toán thời gian đông đặc t_d^0 ở áp suất Δp thông thường được tính qua thời gian đông đặc ở điều kiện bình thường t_d^0 rồi bổ sung một hệ số điều chỉnh đã xét tới ảnh hưởng của áp lực đến quá trình trao đổi nhiệt giữa vật đúc với khuôn. Mối quan hệ đó có dạng:

$$t_d^p = t_d^0 \exp(-K \cdot \Delta p) \quad (2.48)$$

trong đó: K - hệ số phụ thuộc vào thành phần hợp kim.

Bảng 2.15. Thời gian đông đặc của vật đúc phụ thuộc vào thời gian duy trì áp lực

Chênh áp Δp, MPa	Nhiệt độ rót. °C	Chiều dày lớp sơn, mm	Thời gian giữ, s	Thời gian đông đặc, s
0	630	0	0	37
	720			40
	780	0.25		51
0.05	630	0		16
			6	25
	0		15	
	3		19	
	780	6	22	
		0.25	0	34

$$F_h = K \frac{V_{vd} + V_r}{h_{kl} + h_h} \sqrt{v_{lu}} \quad (2.49)$$

trong đó: $K = 0,0096 (c/m)^{1/2}$; V_{vd} và V_r - thể tích vật đúc và thể tích hệ thống rót; h_{kl} và h_h - chiều cao cột áp kim loại trong ống dẫn và chiều cao hốc khuôn có hệ thống rót; v_{lu} - tốc độ tối ưu.

Kiểu dáng và kích thước các nút thoát hơi trong khuôn đúc áp lực thấp có thể tham khảo trên hình 2.29. Rãnh thoát hơi trên mặt phân khuôn tham khảo trên hình 2.30.

Bảng 2.16. Kích thước của rãnh hơi trên khuôn đúc áp lực thấp dùng cho kết cấu ở hình 2.29

d, mm		d ₁	d ₂	l	D	D ₁	R	Diện tích ngang của kiểu a và b, mm ²
Giá trị	cho phép							
10	+0,065 +0,035	9,4 9,6	8	25	24	20	2.2	9,5
12	+0,07 +0,04	11,4 11,6	10		26	22		11,6 7,8
16	+0,095 +0,05	15,4 15,6	14	30	30	26	2.5	15,0 10,3
20		19,4 19,6	17		34	30		19,0 13,2
25		24,4 24,6	21		38	34		23,6 16,4
30		29,4 29,6	26		44	40		28,5 19,5

Kết cấu và vận hành công nghệ

Khuôn trong đúc áp lực thấp chủ yếu là khuôn kim loại, cũng có thể dùng khuôn cát, khuôn gốm. Trong khuôn kim loại này vẫn có thể đặt ruột bằng hỗn hợp cát hoặc ruột mỏng vỏ. Trong đa số các trường hợp, khe hở dọc theo mặt phân khuôn và giữa các mảnh ghép không được vượt quá 0,2 mm. Để ngăn cản kim loại lỏng chảy loang trên mặt phân khuôn, có thể tạo mặt phân khuôn dạng bậc hoặc đặt tám cân bằng kim loại được gá chặt với một nửa hòm khuôn.

Khuôn dùng trong đúc áp lực thấp đối với những chi tiết nhỏ và trung bình nên làm bằng gang xám mác không nhỏ hơn GX 21-40 có hàm lượng lưu huỳnh thấp. Vật

đúc lớn nên làm khuôn bằng gang cầu GC 50-5. Khuôn có làm nguội bằng nước thì phải dùng đến thép C30, C40, C50. Ruột kim loại nên dùng thép cacbon cao.

Chiều dày thành khuôn có thể tính toán theo phương pháp giản đồ cho trong sổ tay đúc gang. Để nâng cao khả năng chịu nhiệt và nâng cao tuổi bền, khuôn cũng được sơn một lớp sơn móng khoảng 40 - 100 μm trên cơ sở oxit kẽm hoặc huyền phù graphit. Lớp sơn này có tác dụng ngăn cản kim loại lỏng tiếp xúc trực tiếp với khuôn, đảm bảo cho việc dễ dàng tháo dỡ vật đúc. Tuy nhiên, lớp sơn quá dày sẽ làm giảm khả năng dẫn nhiệt của khuôn. Đồng thời trong quá trình đông đặc, giữa vật đúc và khuôn còn xuất hiện khe hở khí, khe hở khí này cùng lớp sơn làm giảm đáng kể khả năng dẫn nhiệt của kim loại đúc ra môi trường.

Trong thực tế, áp lực trong buồng ép không phải là giá trị ổn định mà thay đổi theo thời gian. Những thời điểm ban đầu, áp lực đạt giá trị trung bình để làm thông và điền đầy ống dẫn và điền đầy hốc khuôn. Sau đó áp lực tăng dần đến giá trị cực đại. Trong giai đoạn đầu, khi kim loại lỏng thông ống dẫn và điền đầy khuôn, tốc độ dòng chỉ đạt giá trị 28 mm/s. Thí nghiệm cũng chứng tỏ được rằng, 40% áp suất ban đầu là dùng để làm cho kim loại lỏng điền đầy ống dẫn và khoảng 20% áp suất đó dùng vào việc điền đầy hốc khuôn. Những kết quả nghiên cứu cũng còn khẳng định rằng, việc tăng áp về sau cũng không có tác dụng nuôi vật đúc vì kim loại đã đông đặc.

Để xem xét hiệu quả bổ sung kim loại, người ta đã giảm khoảng thời gian điền đầy ống dẫn bằng cách tăng rất nhanh áp suất trong giai đoạn ban đầu và giảm tốc độ điền đầy hốc khuôn. Kết quả là, nhiệt độ kim loại lỏng giảm nhanh và vật đúc có nhiều khuyết tật.

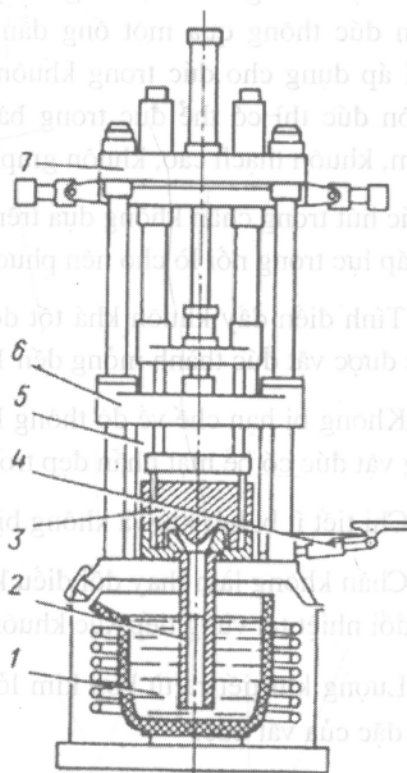
2.3.3. Đúc đối áp

Giống như phương pháp được gọi là đúc áp lực thấp, phương pháp đúc đối áp cũng dựa trên nguyên lý tác dụng của áp lực thấp lên mặt thoáng kim loại lỏng. Điều khác biệt ở đây là, áp suất p_k tác dụng ở trong hốc khuôn lớn hơn áp suất môi trường. Bởi vậy, khuôn đúc phải có bộ phận làm kín để giữ được áp suất bên trong hốc khuôn. Nguyên lý làm việc của đúc đối áp như trên hình 2.31. Sau khi lắp khuôn, bắt chặt hệ thống kín khí của thiết bị và đặt vỏ chụp lên trên nắp, đồng thời nâng áp suất trong buồng lò lên tới áp suất làm việc p . Khi đó, kim loại lỏng vẫn chưa chuyển động vì áp lực p_k trong hốc khuôn còn lớn hơn áp suất trên mặt thoáng kim loại lỏng. Quá trình điền đầy khuôn sẽ xảy ra dưới tác dụng của sự chênh áp Δp giữa áp suất trên mặt thoáng kim loại lỏng và áp suất trong hốc khuôn. Kim loại lỏng điền đầy khuôn theo hai cách, một là, giảm áp suất trong hốc khuôn xuống giá trị $p_k = p - \Delta p$, hoặc là, nâng áp suất

trên mặt thoát kim loại lên giá trị $p = p_k + \Delta p$. Kim loại lỏng điền đầy khuôn với tốc độ v_d phụ thuộc vào tốc độ tăng áp Δp chứ không phụ thuộc vào giá trị tuyệt đối của áp suất tại thời điểm quan sát.

Kim loại kết tinh trong hốc khuôn chịu tác dụng của áp lực p_k . Như vậy, quá trình đúc đối áp giống với quá trình đúc áp lực thấp ở giai đoạn rót, còn giai đoạn kết tinh thì nó tương tự với phương pháp đúc trong autoclave, nghĩa là kết tinh trong điều kiện áp lực khí tác dụng ở mọi phía.

Một trong những đặc điểm của quá trình đúc đối áp là, ở những điều kiện nhất định, trước khi chuyển động lên phía trên theo ống dẫn và trong quá trình điền đầy hốc khuôn, kim loại lỏng luôn tồn tại ở trạng thái bị nén, dưới tác dụng của áp lực khí dư. Như vậy, việc thực hiện công nghệ đúc đối áp sẽ ngăn ngừa hiện tượng tiết các loại khí tan trong kim loại lỏng không chỉ khi kim loại kết tinh mà cả khi giảm độ quá nhiệt kim loại lỏng trong quá trình rót.



Hình 2.31. Sơ đồ nguyên lý đúc đối áp

1. Lò kín chứa kim loại lỏng; 2. Ống dẫn kim loại lỏng; 3. Khuôn đúc; 4. Cơ cấu đỡ khuôn; 5. Chụp kín khí; 6. Tắm di động; 7. Cơ cấu dịch chuyển

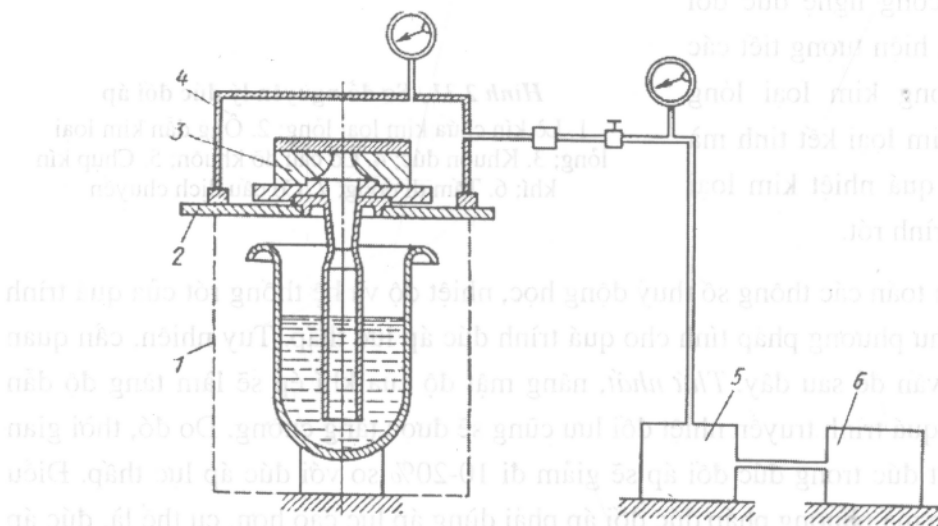
Việc tính toán các thông số thủy động học, nhiệt độ và hệ thống rót của quá trình cũng tương tự như phương pháp tính cho quá trình đúc áp lực thấp. Tuy nhiên, cần quan tâm đến những vấn đề sau đây. Thứ nhất, nâng mật độ của khí ép sẽ làm tăng độ dẫn nhiệt của khí và quá trình truyền nhiệt đối lưu cũng sẽ được tăng cường. Do đó, thời gian đông đặc của vật đúc trong đúc đối áp sẽ giảm đi 10-20% so với đúc áp lực thấp. Điều này cũng là lý do mà phương pháp đúc đối áp phải dùng áp lực cao hơn, cụ thể là, đúc áp lực thấp sử dụng chênh áp 0,05 - 0,1 MPa, đúc đối áp dùng áp lực 0,4 - 0,6 MPa. Thứ hai, khí trong hốc khuôn có mật độ lớn làm cho khuôn phải có diện tích thoát hơi lớn hơn so với bình thường.

2.3.4. Đúc hút chân không

Đúc hút chân không (hình 2.32) là công nghệ dựa trên nguyên lý chân không hoá hốc khuôn hoặc chân không hoá toàn bộ cả bình chứa khuôn đúc. Do sự chênh áp giữa áp lực trên mặt thoáng kim loại lỏng và áp lực trong hốc khuôn mà kim loại lỏng sẽ điền đầy khuôn đúc thông qua một ống dẫn kim loại. Phương pháp chân không hoá hốc khuôn chỉ áp dụng cho đúc trong khuôn kim loại. Nếu chân không hoá toàn bộ bình chứa khuôn đúc thì có thể đúc trong bất cứ loại vật liệu làm khuôn nào: khuôn cát, khuôn gốm, khuôn thạch cao, khuôn graphit...

Đúc hút trong chân không dựa trên nguyên lý sự chênh áp giữa áp lực thùng chân không và áp lực trong nôi lò cho nên phương pháp này có một số đặc điểm sau đây:

1. Tính điền đầy khuôn khá tốt do có sự chênh áp trong quá trình điền đầy nên có thể đúc được vật đúc thành mỏng đến 1 mm;
2. Không bị hạn chế về độ thông khí của khuôn cho nên dùng công nghệ này để đúc những vật đúc có bề mặt nhẵn đẹp trong khuôn cát rất mịn.
3. Chi tiết ít bị hút khí và không bị oxy hoá bề mặt.
4. Chân không làm thay đổi điều kiện đông đặc của hợp kim và đặc tính của quá trình trao đổi nhiệt tại vùng tiếp xúc khuôn-vật đúc.
5. Lượng khí tiết ra từ hợp kim lỏng phụ thuộc vào mức độ chân không và thời gian đông đặc của vật đúc.



Hình 2.32. Sơ đồ nguyên lý đúc hút chân không

6. Tuy nhiên, chân không trong công nghệ này không có tác dụng nâng cao chất lượng vật đúc thông qua hiện tượng khử khí mà chỉ có tác dụng làm tốt việc điền đầy hốc khuôn và làm thay đổi căn bản điều kiện hình thành vật đúc.

Nguyên lý đúc hút chân không mô tả trên hình 2.32. Thiết bị cơ bản bao gồm: nồi lò kín khí 1 có nắp đậy 2; chụp hút chân không 4 bên trong có đặt khuôn đúc 3; máy tạo chân không 6 nối với bình ổn áp 5. Sau khi nấu chảy kim loại đúc trong nồi lò, đậy nắp 2 và tiến hành hút chân không trong bình 4. Độ chênh áp giữa áp suất trong bình 4 và áp suất tác dụng lên bề mặt thoáng kim loại là động lực đẩy kim loại lỏng theo ống dẫn đi lên điền đầy khuôn 3. Duy trì sự chênh áp trong khoảng thời gian vừa đủ cho vật đúc đông đặc, khử chân không trong thùng 4, kim loại lỏng trong ống dẫn sẽ chảy về nồi lò. Nhịp sản xuất mới lại bắt đầu.

Đặc tính công nghệ

Chất lượng vật đúc phụ thuộc rất nhiều vào việc lựa chọn các thông số nhiệt động của quá trình. Sự thay đổi áp lực p_k của không khí trong buồng kín phụ thuộc vào thời gian t theo quan hệ:

$$p_k = p_p + (p_a - p_p) \cdot \exp\left(-\frac{t}{t_y}\right) \quad (2.50)$$

trong đó: p_p - áp suất ban đầu trong bình chứa; p_a - áp suất môi trường; t_y - hằng số thời gian của thiết bị, có thể tính bằng tích của hệ số trở lực thiết bị với dung tích của bình chứa. Có thể hiểu rõ hơn về giá trị thời gian này, nếu biến đổi công thức trên thành:

$$t = t_y \ln \frac{p_a - p_p}{p_k - p_p} \quad (2.51)$$

Động học quá trình điền đầy khuôn đúc hút chân không còn phụ thuộc vào một thông số rất quan trọng nữa, đó là:

$$\omega = \frac{\mu_h F_h}{\mu_v F_v} \quad (2.52)$$

trong đó: μ_h ; F_h và μ_v ; F_v - tương ứng là hệ số tổn hao và diện tích của lỗ thoát hơi và diện tích dọc của van điều chỉnh.

Càng tăng ω , càng làm tăng sự xung động của dòng chảy.

Sức căng bề mặt của kim loại lỏng tỏ ra ảnh hưởng rất mạnh đến khả năng điền đầy những kênh kích thước nhỏ hơn 3 mm. Tốc độ điền đầy kênh có kích thước lớn hơn

3 mm không nên vượt quá 0,3 - 0,4 m/s. Tốc độ dòng ở những vị trí khác được xác định thông qua điều kiện liên tục của dòng chảy. Để tránh hiện tượng phun bắn của dòng chảy khi điền đầy khuôn, tốc độ dâng kim loại trong ống dẫn chỉ nên nằm trong giới hạn 0,05 - 0,1 m/s.

Độ chênh áp ($\Delta p = p_a - p_p$) trong công nghệ đúc hút chân không xác định bằng công thức:

$$\Delta p = \gamma \left[\left(H_M + \frac{H_O}{2} \right) + \frac{H_O^2}{2g\mu^2 \cdot t_r^2} + \frac{g\mu^2 t_r^2}{8} \right] \quad (2.53)$$

trong đó: H_M - khoảng cách từ mặt thoáng kim loại lỏng đến đỉnh trên của ống dẫn; H_O - chiều cao dâng của kim loại trong khuôn; μ - hệ số trở lực của hệ thống; t_r - khoảng thời gian điền đầy khuôn tính theo công thức (2.46).

Nếu kể đến các yếu tố cản trở chuyển động của kim loại lỏng thì độ chênh áp được tính theo công thức:

$$\Delta p = \frac{h \cdot \gamma_M + \omega_M^2 (1 + \sum \xi_M) \lambda_M}{2g} + \frac{32v_M h \cdot \omega_M}{gd_2} + \frac{a \cdot h \cdot \omega_M}{g} + \frac{4\sigma \cos \theta}{d_2} + p_a \quad (2.54)$$

trong đó: h - chiều cao dâng kim loại lỏng kể từ mặt thoáng nổi lò; ω_M và a - tốc độ và gia tốc dài của dòng kim loại lỏng; d_2 - đường kính thủy lực; σ và p_a - sức căng bề mặt và lực cần thiết để khắc phục sức căng bề mặt đó.

Việc thay đổi giá trị áp suất trong buồng chân không sẽ có ảnh hưởng lớn đến chất lượng vật đúc. Đối với hợp kim nhôm Al4 và Al9, chiều dày thành 10 - 40 mm, khi giảm áp xuống tới 60 kPa cũng đã nâng cao độ bền hợp kim thêm khoảng 20 - 70% và độ dẫn dài tương đối 2 lần lớn hơn. Nếu tiếp tục giảm áp có thể gây ra hiện tượng giảm các tính chất cơ học của vật đúc.

Những vật đúc thành mỏng dạng nắp đáy nên chuyển từ đúc khuôn kim loại sang đúc hút chân không. Việc chuyển từ đúc trong khuôn kim loại sang đúc hút chân không sẽ làm cho chi tiết tăng độ nhẵn bóng bề mặt, giảm lượng tiêu tốn kim loại do hệ thống rót, nâng cao năng suất lao động.

Đúc hút chân không thường sử dụng để đúc nhôm do nhôm nhẹ nên độ chân không cần thiết để điền đầy khuôn là không lớn. Khuôn được nung đến 200 - 250°C. Lớp sơn phủ bề mặt khuôn dùng sơn trên cơ sở oxit chì và graphit.

Chương 3

ĐÚC LY TÂM

3.1. KHÁI NIỆM

Đúc ly tâm là công nghệ đúc rót kim loại lỏng vào khuôn đang quay, trục quay có thể là thẳng đứng, hoặc trục quay nằm ngang. Trong suốt quá trình rót và đông đặc, kim loại lỏng luôn ở trạng thái chuyển động và phải chịu tác dụng của lực ly tâm tác dụng lên các chất điểm đang quay. Bởi vậy, tổ chức và tính chất của kim loại được cải thiện đáng kể. Bản chất của hiện tượng tác dụng lực lên chất lỏng quay có thể hình dung như sau.

Một vật có khối lượng m , quay với tốc độ góc ω và bán kính quay r , sẽ chịu một lực ly tâm:

$$P = m.\omega^2 r$$

Lực ly tâm có giá trị lớn hơn lực trọng trường (mg) một số K lần :

$$\frac{m.\omega^2 r}{m.g} = \frac{\omega^2 r}{g} = K$$

K gọi là hệ số trọng trường, nó đặc trưng cho sự thay đổi các điều kiện vật lý khi đúc ly tâm so với các phương pháp đúc khác.

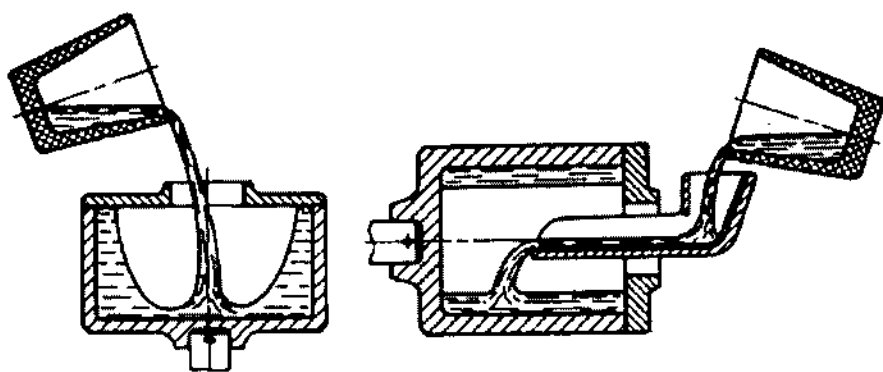
Tuỳ thuộc vào cách bố trí vật đúc và hệ thống rót, phương pháp đúc ly tâm lại được chia thành đúc ly tâm, đúc bán ly tâm và đúc ly tâm vật đúc bất kỳ.

Thuật ngữ đúc ly tâm đang dùng hiện nay là thuật ngữ chỉ ra phương pháp đúc các chi tiết dạng hình trụ tròn xoay, có lỗ rỗng xuyên tâm (hình 3.1). Khi đúc, kim loại lỏng được rót vào khuôn đang quay xung quanh trục của mình, bám chặt lấy thành khuôn và ở đó cho đến khi đông đặc hoàn toàn. Kích thước lỗ rỗng xuyên tâm vật đúc xác định nhờ lượng kim loại rót vào khuôn. Phương pháp này không phải dùng ruột nhưng vẫn tạo được lỗ rỗng bên trong vật đúc. Phương pháp đúc này không dùng hệ thống rót, ngót, hơi nên hiệu suất sử dụng kim loại là 100%. Kim loại kết tinh có hướng từ ngoài vào tâm vật đúc.

Tuy nhiên phương pháp đúc này cũng có những nhược điểm:

- 1) Rất dễ thiên tích những phần tử có trọng lượng riêng khác nhau;
- 2) Phải định lượng kim loại lỏng để có được kích thước mặt thoáng chính xác;
- 3) Bề mặt thoáng chứa nhiều vật lẫn phi kim.

Do những đặc điểm trên mà đúc ly tâm thường được sử dụng để đúc các chi tiết dạng tròn xoay như bạc hoặc ống. Cũng có thể đúc các chi tiết định hình có ruột bằng công nghệ trục quay thẳng đứng.



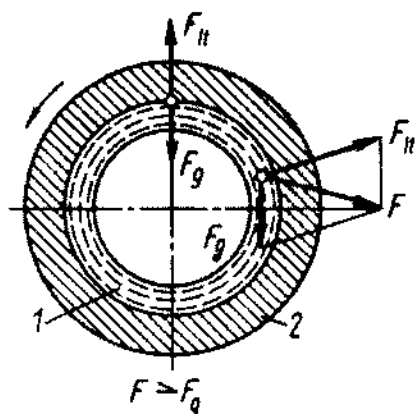
Hình 3.1. Đúc ly tâm trục quay thẳng đứng và trục quay nằm ngang

3.2. MỘT SỐ VẤN ĐỀ THUYẾT LỰC CỦA CÔNG NGHỆ ĐÚC LY TÂM

3.2.1. Hình dáng bề mặt thoáng của vật đúc

Khi xem xét hình dáng bề mặt thoáng của vật đúc ly tâm, phải giả thiết rằng, các phần tử kim loại lỏng đều có vận tốc góc như nhau và bằng với vận tốc của khuôn. Như

vậy, có thể coi vật đúc ở trạng thái tĩnh so với khuôn đang quay. Điều này chỉ đúng với khuôn quay trục thẳng đứng. Trong trường hợp trục quay nằm ngang, lực F tác dụng lên chất điểm quay là hợp lực của lực trọng trường F_g và lực ly tâm F_H (hình 3.2). Lực F có độ lớn, phương và chiều rất khác nhau tại những vị trí khác nhau trên vật đúc. Do vậy vận tốc góc cũng rất khác nhau, tùy thuộc vào vị trí đang xét. Tuy nhiên do lực ly tâm rất lớn hơn so với lực trọng trường nên có thể bỏ qua lực trọng trường và coi vật đúc ở trạng thái tĩnh tương đối.



Hình 3.2. Vận tốc dài và vận tốc góc của chất điểm quay:

1. Kim loại lỏng; 2. Khuôn ly tâm

Xét một chất điểm đang quay ở vị trí có bán kính r , phương trình biểu diễn bề mặt thoáng của chất lỏng quay dưới tác dụng của lực ly tâm, theo Ole:

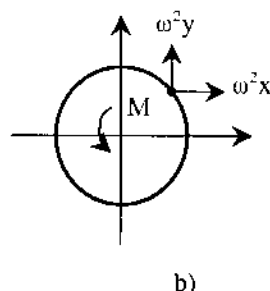
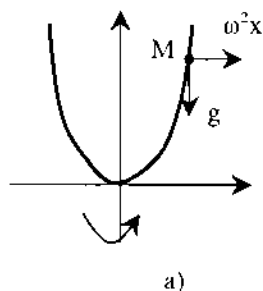
$$Xdx + Ydy + Zdz = 0 \quad (3.1)$$

trong đó: X, Y, Z là hình chiếu của gia tốc phần tử quay lên các trục tọa độ.

Trục quay thẳng đứng (hình 3.3a).

Xét chất điểm M trên mặt thoáng đang quay. Gia tốc góc $\omega^2 r$ được phân tích thành ba thành phần: $X = \omega^2 x$; $Y = 0$ và $Z = -g$. ($Y = 0$ do khuôn quay đều). Thay các giá trị này vào (3.1):

$$\omega^2 x dx + gdz = 0 \quad (3.2)$$



Hình 3.3. Lực tác dụng lên chất điểm quay trục thẳng đứng a) và trục nằm ngang b)

Lấy tích phân phương trình (3.2) thu được:

$$\frac{\omega^2 x^2}{2} - g.z + C = 0$$

$$z = \frac{\omega^2 x^2}{2g} + C$$

Giả thiết rằng, mặt thoáng đi qua gốc toạ độ, nghĩa là, $z = 0$ khi $x = 0$, bởi vậy $C = 0$. Do đó:

$$z = \frac{\omega^2 r^2}{2g} \quad (3.3)$$

Thay $\omega = 2\pi n$ vào (3.3) thu được :

$$z = \frac{2\pi^2}{g} . n^2 r^2$$

Rõ ràng là, hình dáng bề mặt thoáng kim loại phụ thuộc tốc độ quay của khuôn. Tốc độ quay càng lớn, bề mặt càng dốc và có một tốc độ tới hạn mà tại đó bề mặt thoáng kim loại sẽ có dạng gần như hình trụ thẳng đứng.

Mặt khác, quan hệ giữa z và r biểu diễn hình dạng mặt thoáng của kim loại lỏng là quan hệ bậc 2 (hình 3.3a). Với mỗi tốc độ quay nhất định, vật đúc có chiều dày khác nhau từ phía dưới lên trên, càng lên cao càng mỏng dần. Đây chính là nhược điểm của đúc ly tâm trục quay thẳng đứng vì, phía bên dưới của vật đúc rất dễ xuất hiện lõm co.

Trục quay nằm ngang

Trong trường hợp này, gia tốc theo hướng z (trục ống) bằng 0. Hai thành phần còn lại là: $X = \omega^2 x$ và $Y = \omega^2 y$. Thay vào phương trình (3.1) thu được:

$$\omega^2 x dx + \omega^2 y dy = 0.$$

Tích phân hai vế phương trình và đặt thừa số, thu được:

$$x^2 + y^2 = C \quad (3.4)$$

Trên hình 3.3, thấy rằng, khi $x = r$ thì $y = 0$. Thay vào (3.4) sẽ thu được $C = r^2$. Do đó:

$$x^2 + y^2 = r^2 \quad (3.5)$$

Mặt thoáng kim loại có dạng mặt trụ. Thiết diện ngang của nó là hình tròn có bán kính r , tâm là gốc toạ độ.

3.2.2. Lực tác dụng lên vật lặn trong kim loại lỏng

Xét một hạt vật lặn có khối lượng riêng ρ_{VL} và thể tích V chìm trong chất lỏng có khối lượng riêng ρ_{KL} . Theo định luật Acsimet, lực nâng tác dụng lên vật lặn sẽ là:

$$P = gV(\rho_{KL} - \rho_{VL})$$

Nhưng trong chất lỏng quay thì lực nâng có giá trị là:

$$P_{LT} = \omega^2 r \cdot V(\rho_{KL} - \rho_{VL}) = V \frac{\omega^2 r}{g} (\gamma_{KL} - \gamma_{VL}) \quad (3.6)$$

Rõ ràng, lực nâng tác dụng lên vật lặn trong trạng thái quay lớn gấp $\omega^2 r/g$ lần so với cùng hạt lặn đó trong trạng thái tĩnh. Đây chính là nguyên nhân làm cho hiện tượng thiên tích trong đúc ly tâm xảy ra mạnh hơn. Trong đa số các trường hợp, khối lượng riêng của kim loại lớn hơn khối lượng riêng của vật lặn. Giá trị của P_{LT} trong công thức (3.6) mang dấu dương và lực nâng sẽ có chiều hướng vào tâm quay, bởi vậy, nếu khối lượng riêng của vật lặn nhỏ hơn khối lượng riêng kim loại lỏng thì vật lặn sẽ nổi lên phía trên mặt thoáng của kim loại lỏng.

Khi một hạt rắn bơi trong môi trường lỏng, hạt rắn sẽ chịu một lực cản:

$$F = \frac{c\pi d^2 \rho_{VL} v^2}{8} \quad (3.7)$$

trong đó: c - hệ số trở lực, lấy xấp xỉ $c = 1$; d - đường kính hạt rắn; ρ_{VL} - khối lượng riêng vật lặn; v - tốc độ nổi của vật lặn.

Cân bằng lực nâng (3.6) và lực cản thuỷ lực (3.7) khi vật lặn chuyển động trong chất lỏng, có thể tính được tốc độ nổi cực đại đối với hạt lặn trong dòng chảy rối:

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{4d \cdot g(\rho_{KL} - \rho_{VL})}{3C \cdot \rho_{KL}}} \cdot K$$

trong đó: d - đường kính của vật lặn; C - hệ số trở lực, có thể lấy $C = 1$ trong nhiều trường hợp.

Nhận xét: Tốc độ nổi của vật lặn trong trạng thái quay lớn gấp $K^{1/2}$ lần so với tốc độ nổi của vật lặn ở trạng thái tĩnh. Đây là ưu điểm nổi bật của đúc ly tâm. Thông thường, vật lặn nổi theo hướng pháp tuyến với mặt thoáng. Trong trường đúc ly tâm, khi

đúc trong khuôn trục quay nằm ngang thì đường đi của vật lặn là ngắn nhất và chúng cũng rất dễ nổi lên trên mặt thoáng. Ngược lại, những nguyên tố kim loại có trọng lượng riêng lớn lại rất dễ bị văng ra phía ngoài thành khuôn. Đối với vật lặn trong khuôn ly tâm thẳng đứng thì quá trình nổi lên mặt thoáng sẽ khó khăn hơn rất nhiều, vì hướng của lực tác dụng vào vật lặn không trùng với hướng nổi của chúng và quãng đường đi của vật lặn cũng dài hơn.

3.3. MỘT SỐ ĐẶC ĐIỂM CỦA CÔNG NGHỆ ĐÚC LY TÂM

3.3.1. Đặc tính nhiệt lý

Vật đúc trong khuôn đúc ly tâm thường là vật tròn xoay. Giả thiết rằng, vật đúc tiếp xúc với khuôn và kết tinh dưới lớp trợ dung. Phương trình truyền nhiệt khi có sự dẫn nhiệt đồng thời trong vùng nghiền cứu hình trụ của hệ trợ dung - vật đúc - khuôn có dạng:

$$c \cdot \rho \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \cdot \lambda \frac{\partial T}{\partial r} \right) \quad (3.8)$$

trong đó: r - bán kính tính từ trục quay; c - nhiệt dung riêng; ρ - khối lượng riêng và λ - hệ số dẫn nhiệt của kim loại đúc.

Điều kiện biên và điều kiện ban đầu

Giả thiết rằng, tiếp xúc trên biên giới kim loại-trợ dung ($r = r_M$) là tiếp xúc lý tưởng (hình 3.4):

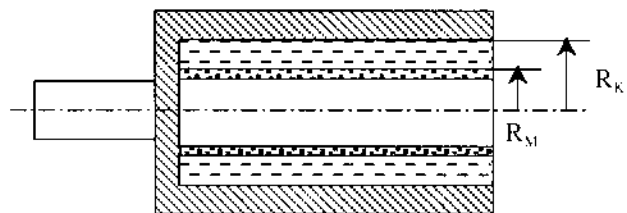
$$\lambda_{td} \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=r_M} = \lambda_{kl} \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=r_M} ; \quad T_{td} = T_{kl} \text{ tại } r = r_M \quad (3.9)$$

trong đó: λ_{td} , λ_{kl} - hệ số dẫn nhiệt của trợ dung và kim loại.

Trên biên giới vật đúc-khuôn ($r = r_K$), khi xem xét đến nhiệt trở của khuôn do có hiện tượng tạo thành khe hở khí và lớp sơn khuôn:

$$\lambda_{kl} \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=r_K} = \alpha_K (T_{kl} - T_K)$$

$$\lambda_{kl} \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=r_K-0} = \lambda_K \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=r_K+0}$$



Hình 3.4. Mô hình khuôn ly tâm nằm ngang

trong đó: hệ số trao đổi nhiệt α_K đã tính đến cả trao đổi nhiệt bức xạ α_{bx} và trao đổi nhiệt đối lưu α_{dl} :

$$\alpha_K = \alpha_{bx} + \alpha_{dl} \quad (3.10)$$

Ta lại giả thiết rằng, ở biên giới ngoài cùng của vùng nghiên cứu theo phương trình vi phân (3.8), quá trình truyền nhiệt là tổng hợp cả truyền nhiệt đối lưu và truyền nhiệt bức xạ:

$$\begin{aligned} \lambda \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=\xi(t)} &= \varepsilon_1 \sigma_0 \varphi \left[\bar{T}^4(\xi, t) - \bar{T}_{cl}^4 \right] + \alpha_{dl} [T_{(\xi, t)} - T_c] \\ -\lambda_K \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=R} &= \varepsilon_2 \sigma_0 \left[\bar{T}^4(R, t) - \bar{T}_K^4 \right] + \alpha_K [T_{(R, t)} - T_{th}] \end{aligned} \quad (3.11)$$

trong đó: ε_1 và ε_2 - độ đen tương đối của trục dụng và mặt ngoài của khuôn; σ_0 - hằng số Stefan-Boltzmann; T_{cl} - nhiệt độ trung bình ở đầu mút khuôn đúc; T_c - nhiệt độ trung bình trong hốc khuôn; T_{th} - nhiệt độ trung bình môi trường xung quanh khuôn; α_{dl} và α_K - hệ số dẫn nhiệt đối lưu trên bề mặt trục dụng và bề mặt khuôn; φ - hệ số bức xạ giữa bề mặt tự do và đầu mặt bích thành khuôn.

Tại thời điểm ban đầu, coi như đã biết nhiệt độ khuôn, nhiệt độ kim loại rót và nhiệt độ chất trục dụng. Đồng thời giả thiết rằng, tốc độ rót được chọn sao cho có quan hệ tuyến tính với chiều dày ξ của lớp kim loại lỏng trong khuôn:

$$\xi(t) = R_K - t.v_3 \text{ đối với } t < t_r \quad (3.12)$$

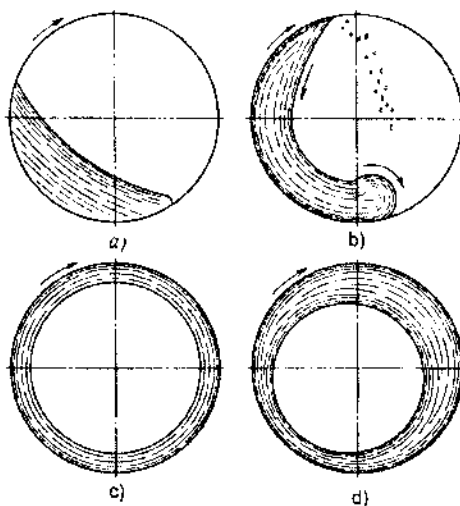
$$\xi(t) = R_{vd} \text{ đối với } t > t_r \quad (3.13)$$

trong đó: v_3 - tốc độ thay đổi chiều dày vật đúc trong khuôn khi rót; R_K và R_{vd} - bán kính trong của khuôn và vật đúc; t_r - thời gian rót kim loại lỏng.

Dùng những công thức từ (3.10) đến (3.13) để tính toán cho vật đúc bằng đồng thanh và thép có bán kính 0,87 m, chiều dày 0,1 m, dài 8,5 m. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng, quá nhiệt kim loại lỏng thêm 10°C sẽ tăng thêm thời gian đông đặc của vật đúc khoảng 4 đến 5%, thời gian kim loại tồn tại ở vùng hai pha cũng tăng lên, điều này làm giảm chất lượng vật đúc. Bởi vậy, không cần thiết phải quá nhiệt kim loại lỏng khi đúc ly tâm. Nâng cao tính dẫn nhiệt của khuôn bằng cách thay đổi lớp cách nhiệt, tăng tốc độ quay của khuôn lên 4 đến 5 lần cũng làm thời gian đông đặc của vật đúc giảm đi khoảng 1,2 đến 1,3 lần. Bởi vậy, tần số quay của khuôn nên chọn sao cho lớn nhất có thể. Nhiệt trở giữa khuôn và vật đúc cần phải chọn để vật đúc ít sinh ứng suất nhất, đồng thời tốc độ đông đặc của vật đúc cũng phải cực đại.

3.3.2. Chuyển động tương đối của chất lỏng khi khuôn quay

Khi rót kim loại lỏng vào khuôn, kim loại lỏng sẽ bám được vào thành khuôn và chuyển động cùng với khuôn nhờ có ba lực: lực ly tâm, lực ma sát khuôn-kim loại lỏng và lực ma sát trong của bản thân kim loại lỏng. Khi khuôn quay quá chậm, lực ly tâm không đủ lớn để thắng nổi trọng lượng kim loại, vị trí tương đối của mặt thoáng kim loại so với khuôn như trên hình 3.5a. Khi tăng tốc độ quay của khuôn, nhưng lực ly tâm và lực ma sát vẫn chưa đủ lớn, bề mặt thoáng tự do của kim loại lỏng có hình dáng rất đặc biệt (hình 3.5b). Khi đó, một phần kim loại lỏng sẽ rời khỏi mặt khuôn và rơi xuống phía dưới giống như mưa và một phần kim loại lỏng lại chuyển động với tốc độ âm, tức là chuyển động ngược chiều với khuôn quay. Khi tăng vận tốc quay nhưng vẫn chưa đạt vận tốc cần thiết, do độ chảy loãng của kim loại mà bề mặt trong của vật đúc có thể là hình ô van hoặc hình tròn nhưng lệch tâm so với trục quay (hình 3.5d). Khi tốc độ quay đủ lớn, bề mặt thoáng của kim loại lỏng sẽ có hình tròn đều và đồng tâm với khuôn quay. Hiện tượng mưa rơi trong đúc ly tâm chịu ảnh hưởng của 4 yếu tố chính: một là, tốc độ quay rất thấp, rất gần với tốc độ tới hạn, hai là, tốc độ rót quá nhanh, ba là, nhiệt độ rót quá cao làm tăng nhanh độ chảy loãng kim loại và cuối cùng, khuôn nguội chậm do hệ số dẫn nhiệt kém.



Hình 3.5. Mặt thoáng kim loại trong khuôn ly tâm

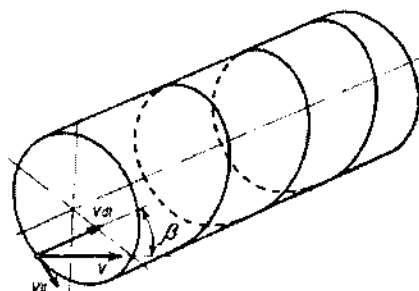
Tốc độ quay tới hạn mà nếu thấp hơn tốc độ này thì tính liên tục của dòng chảy bị phá hủy, tính theo công thức:

$$n_{th} = 9,6 \sqrt{\frac{g}{d} \left(7 - \frac{d^2}{D^2} \right)} \quad (3.14)$$

trong đó: d và D là đường kính trong và đường kính ngoài của vật đúc.

Vấn đề sẽ phức tạp hơn nhiều khi rót kim loại lỏng vào khuôn ly tâm nằm ngang đúc ống nước có chiều dài khá lớn, khoảng 3 đến 4 m. Khuôn quay nhưng máng rót lại chuyển động tịnh tiến nên quỹ đạo chuyển động của kim loại lỏng sẽ là đường xoắn ốc (hình 3.6). Một phần từ chất lỏng khi rót vào khuôn ly tâm sẽ đồng thời tham gia hai

chuyển động: chuyển động quay xung quanh trục quay với vận tốc ω và chuyển động dọc trục với vận tốc v_{dl} . Phần tử chất lỏng đó sẽ chuyển động theo vận tốc v là hợp lực của hai vận tốc thành phần nói trên. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng, chuyển động dọc trục của kim loại lỏng xảy ra không đồng đều, tốc độ chậm dần theo một chu kỳ nhất định. Gần điểm rơi của kim loại, chiều dày lớp kim loại tăng lên sao cho cột áp thủy tĩnh ở lúc đó vẫn lớn hơn trở lực do sức căng bề mặt và độ nhớt của kim loại lỏng tại mép ngòi phía trước của dòng chảy. Sau khi đã vượt trở lực này, kim loại sẽ bị hút dòng và lao mạnh ra phía trước và tiếp sau đó, khi năng lượng của dòng chảy đã hết, cột áp thủy tĩnh lại bắt đầu tăng lên, một chu trình mới lại bắt đầu.



Hình 3.6. Quỹ đạo của kim loại lỏng khi máng rót chuyển động

Nếu bỏ qua những hiện tượng này và coi kim loại lỏng quay với vận tốc góc ω không đổi thì tốc độ chuyển động dọc trục v của kim loại có thể miêu tả bằng phương trình:

$$\frac{\omega^2 (r_2^2 - r_1^2)}{2g} + \frac{v^2}{2g} = \text{const}$$

trong đó: r_1 - bán kính mặt thoáng gần điểm rơi của kim loại; r_2 - bán kính mặt thoáng của mép trước dòng chảy dọc theo khuôn.

Rõ ràng, tốc độ chuyển động dọc trục của kim loại lỏng phụ thuộc vào các yếu tố như: tốc độ quay của khuôn, mức độ giảm chiều dày lớp kim loại lỏng, tức là phụ thuộc vào tốc độ rót. Tốc độ quay của khuôn càng cao thì tốc độ chuyển động dọc trục của kim loại lỏng càng lớn. Tuy nhiên, tốc độ chuyển động dọc trục không thể tăng ngay lập tức mà thậm chí còn bị giảm đi khi tăng tốc độ quay quá lớn. Nếu tính khối lượng kim loại rót vào khuôn theo giây tương ứng với một đơn vị chiều dài của hốc khuôn quay thì đó chính là một đại lượng không phụ thuộc vào đường kính của khuôn.

Trong thực tế, thường hay dùng đại lượng tốc độ rót tính theo đường kính vật quay:

$$q' = q/\pi D ; \quad (3.15)$$

trong đó: q - tốc độ rót tính theo khối lượng; D - đường kính vật đúc.

Tốc độ chuyển động dọc trục của kim loại lỏng phụ thuộc chủ yếu vào tốc độ q' ; phụ thuộc ít vào D và n . Tuy nhiên, trong thực tế vẫn có thể có trường hợp tốc độ quay khá nhỏ nhưng tốc độ chuyển động dọc trục lại vẫn cao. Khi đó kim loại lỏng rót vào khuôn lại không quay theo khuôn mà chảy trong khuôn theo một dòng hẹp giống như trong máng rót. Trong dòng chảy hẹp này và cùng một khối lượng kim loại rót vào khuôn, kim loại dễ dàng giảm chiều dày hơn là tản đều cùng khối kim loại đó trên toàn bộ bề mặt khuôn.

Khi khuôn quay với tốc độ trên tốc độ tối hạn, tại thời điểm trùng với thời điểm chuyển tiếp từ trạng thái chảy tầng sang chảy rối hoặc khuôn bị thay đổi tốc độ quay đột ngột sẽ xuất hiện hiện tượng các lớp kim loại sẽ trượt lẫn nhau. Trong trường hợp này, khi tỷ trọng các lớp khác nhau, trọng lực có ý nghĩa cơ bản nhất. Trong cả hai trường hợp, tăng tốc độ quay và hãm, do tác dụng của lực ly tâm và lực quán tính mà các lớp kim loại sẽ có tốc độ quay khác nhau. Thí dụ, trong khoảng thời gian bắt đầu quay cho đến lúc khuôn quay đạt tốc độ ổn định, tức là trong khoảng thời gian tốc độ tăng dần, mỗi lớp kim loại lỏng ở phía bên ngoài đều có vận tốc góc rất lớn, do đó trọng lượng riêng quy đổi cũng lớn hơn nhiều so với các lớp bên trong của nó. Điều này tương ứng với trường hợp khi lớp vật liệu có tỷ trọng nhỏ nằm trên lớp có tỷ trọng lớn và như vậy, chế độ chảy tầng có tính ổn định tốt.

Khi khuôn bị giảm tốc độ, lớp kim loại lỏng phía bên trong vẫn có tốc độ quay lớn do quán tính, lớp này sẽ có tỷ trọng tương đối lớn hơn, lớp vỏ ngoài quay chậm lại cùng khuôn có nghĩa là tỷ trọng tương đối của nó sẽ giảm đi. Điều này tương ứng với trường hợp lớp vật liệu có tỷ trọng cao nằm trên lớp có tỷ trọng thấp có nghĩa là vật đang ở trạng thái không ổn định và sẽ dẫn đến tình trạng chảy rối, hỗn loạn. Các điểm xoáy xuất hiện sẽ dịch chuyển vào kim loại lỏng và khuấy trộn pha lỏng.

Ký hiệu r_1 và ω_1 là bán kính và vận tốc góc của lớp chất lỏng quay, r_2 và ω_2 là bán kính và vận tốc góc của lớp kế bên. Điều kiện được coi là không ổn định của các lớp chất lỏng quay, tức là điều kiện mà khối lượng riêng của lớp trong lớn hơn khối lượng riêng của lớp ngoài kế bên, là:

$$\gamma \frac{\omega_1^2 r_1}{g} > \gamma \frac{\omega_2^2 r_2}{g}$$

Nếu đặt: $\omega_2 = m \cdot \omega_1$ và $r_2 = n \cdot r_1$ và thay vào công thức trên, ta sẽ thu được quan hệ mô tả trạng thái không ổn định của lớp kế bên khi khuôn bị giảm tốc độ:

$$m^2 n < 1 \quad (3.16)$$

Sự thay đổi tốc độ quay và từ đó làm cho các lớp kim loại trượt lẫn nhau cũng có tác dụng tốt cho vật đúc ly tâm. Nếu sự trượt xảy ra ngay trên bề mặt phân cách rắn - lỏng, các nhánh cây sẽ bị bẻ gãy làm cho số lượng mầm tăng lên đột ngột và do đó, cơ tính của vật liệu sẽ tăng lên nhiều.

3.3.3. Kết tinh của vật đúc

a. Hiện tượng co của vật đúc

Phụ thuộc vào chiều dày lớp cách nhiệt trên bề mặt khuôn đúc, quá trình trao đổi nhiệt trên mặt tự do của vật đúc và quá trình làm nguội khuôn, vật đúc có thể kết tinh theo kiểu nguội từ một phía hoặc nguội từ hai phía. Trong vật đúc nguội từ một phía, thí dụ, vật đúc đặc hoặc trụ rỗng, quá trình đông đặc xảy ra theo kiểu có hướng từ ngoài vào trong mặt thoáng. Nếu vật đúc có khoảng trống hẹp, hiện tượng rỗ co chỉ làm giảm chiều dày của vật đúc. Nếu vật đúc có khoảng trống rộng, quá trình sẽ phức tạp hơn. Trong vật đúc hình thành 4 vùng: vùng lỏng; vùng lỏng - rắn (pha liên tục là kim loại lỏng trên đó có những tinh thể nhánh cây); vùng rắn - lỏng (pha liên tục là các nhánh cây, giữa các nhánh cây là kim loại lỏng) và vùng rắn. Có thể hình dung quá trình kết tinh như sau: Sau khi kim loại được rót vào khuôn, nhiệt truyền từ vật đúc qua khuôn ra ngoài không khí bao quanh. Ban đầu, các mầm tinh thể hình thành trên bề mặt tiếp xúc với khuôn và phát triển theo hướng vào mặt thoáng bên trong vật đúc. Khi đã có một lớp vỏ rắn hình thành, các tinh thể nhánh cây ở sát lớp vỏ rắn phát triển rất nhanh và mạnh. Trong khi đó kim loại ở phía mặt thoáng vẫn ở trạng thái lỏng. Do nhiệt độ giảm mà trong vùng lỏng sẽ xuất hiện một số tâm mầm kết tinh phát triển thành các nhánh cây (vùng lỏng - rắn). Một số tinh thể ở khu vực này chịu tác dụng của lực ly tâm sẽ bị bắn về phía mặt ngoài và nhập với các tinh thể đang phát triển ở đó, hình thành trạng thái đậm đặc tới mức tạo thành một mạng không gian liên tục mà giữa chúng là pha lỏng, hình thành nên vùng rắn - lỏng. Khi nhiệt độ ở các vùng đã đạt nhiệt độ đường lỏng, vùng lỏng mất đi, vùng lỏng - rắn chuyển thành vùng rắn - lỏng. Quá trình bù co ở giai đoạn này thực hiện theo cơ chế lọc kim loại qua lưới tinh thể nhánh cây. Tuy nhiên khi các nhánh cây phát triển và độ sệt kim loại tăng lên thì quá trình lọc sẽ rất khó xảy ra ở những vùng này, nhưng lại thuận lợi ở vùng khác và hiện tượng xóp co sẽ xảy ra. Xóp co thường nằm ở trên bề mặt thoáng của vật đúc. Lực ly tâm cũng không thể khử hoàn toàn được hiện tượng xóp co, tuy nó đã có tác dụng rất mạnh trong việc bù co khi kim loại kết tinh.

Trong trường hợp nguội hai chiều thì tình trạng lại xảy ra hoàn toàn khác. Đặc điểm của quá trình kết tinh nguội hai chiều trong đúc ly tâm là hiện tượng tuần hoàn rắn-lỏng và vùng xóp co nằm ở bên trong vật đúc. Có thể hình dung quá trình như sau.

Khi nhiệt độ bề mặt vật đúc đã đạt nhiệt độ đường lỏng, kim loại bắt đầu kết tinh. Lớp kim loại rắn vừa hình thành có nhiệt độ thấp hơn nhưng trọng lượng riêng lớn hơn sẽ bị chìm vào lớp kim loại còn lỏng do tác dụng của lực ly tâm. Kim loại nguội cứ đi về phía mặt ngoài, kim loại nóng hơn cứ đi về phía mặt trong vật đúc, tạo nên sự tuần hoàn liên tục. Điều này cũng tạo điều kiện cho đông đặc có hướng của vật đúc. Tuy nhiên, do bị nguội từ hai phía cho nên lớp vỏ rắn sẽ hình thành từ cả hai phía, quá trình tuần hoàn sẽ dừng lại khi hai mặt sóng kết tinh từ trong ra và từ ngoài vào gặp nhau. Tại vùng hai mặt sóng kết tinh gặp nhau, do không có kim loại bù co nên sẽ là vùng xốp.

Vị trí tương đối của vùng xốp so với mặt trong và mặt ngoài của vật đúc phụ thuộc chủ yếu vào tốc độ nguội trong và ngoài, bản chất hợp kim và tốc độ quay của khuôn đúc ly tâm. Tốc độ quay càng lớn, vùng xốp càng gần mặt trong, tốc độ quay càng nhỏ, vùng xốp càng gần mặt ngoài vật đúc. Vùng hai pha của hợp kim càng rộng, vùng xốp nằm càng gần mặt trong do thời gian kết tinh vùng hai pha kéo dài hơn bình thường, quá trình tuần hoàn càng dễ xảy ra. Tốc độ nguội bề mặt ngoài lớn hơn tốc độ nguội bề mặt thoáng, vùng xốp co sẽ gần mặt thoáng hơn và ngược lại. Trong trường hợp đúc ly tâm trục quay nằm ngang thì quá trình truyền nhiệt đối lưu trên bề mặt trong của vật đúc rất không thuận tiện, vì không khí ở đó được nung nóng rất mạnh và rất khó thoát ra ngoài theo nguyên lý của hơi nóng bốc lên trên. Do vậy, bề mặt trong của vật đúc thường nguội khá chậm. Để làm giảm tốc độ nguội bề mặt trong của vật đúc thêm nữa, có thể dùng chất trợ dung trong quá trình đúc rót.

b. Thiên tích trong đúc ly tâm

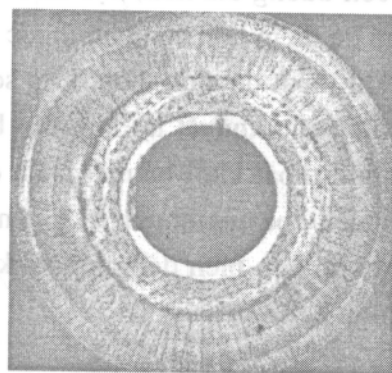
Như trên đã trình bày, lực tác dụng lên chất điểm quay lớn gấp K lần ở trạng thái tĩnh, bởi vậy, hiện tượng thiên tích, nhất là thiên tích thành phần hoá học theo hướng kính, rất hay xảy ra trong vật đúc. Tuy nhiên, không phải các nguyên tố hợp kim đều có thiên tích giống nhau. Trong vật đúc gang, lưu huỳnh là nguyên tố dễ thiên tích nhất vì lưu huỳnh dễ tạo thành các hợp chất có trọng lượng riêng nhỏ, dễ dàng nổi lên theo hướng kính vào bề mặt thoáng vật đúc. Photpho cùng với các nguyên tố khác tạo cùng tính photphit có trọng lượng riêng lớn hơn trọng lượng riêng kim loại nên chúng dễ thiên tích ở trên bề mặt vật đúc. Mặt khác, các cùng tính photphit lại có nhiệt độ nóng chảy nhỏ nên thường đông đặc ở phần sau cùng của vật đúc. Mangan tồn tại trong gang chủ yếu dưới dạng hợp chất với lưu huỳnh, bởi vậy nó cũng dễ bị thiên tích trên bề mặt vật đúc.

Trong đúc ly tâm có thể còn xuất hiện hiện tượng thiên tích nghịch, nghĩa là, các nguyên tố có trọng lượng riêng nhỏ lại nằm ở trên bề mặt ngoài của vật đúc. Thí dụ, khi

đúc ly tâm hợp kim silumin, hàm lượng silic ở mặt ngoài vật đúc lại cao hơn rất nhiều so với hàm lượng silic ở bên trong. Hiện tượng này cũng xảy ra đối với các hợp kim đồng có chứa thiếc, nhôm, magan... Cơ chế hình thành thiên tích nghịch chính là việc hình thành bộ lưới từ các nhánh cây sơ cấp ở trên mặt ngoài vật đúc và tiếp theo là quá trình bổ sung chất lỏng giàu các nguyên tố nhẹ, từ môi trường xung quanh nhờ lực mao dẫn và lực ly tâm. Thiên tích thuận xảy ra ở giai đoạn đầu của quá trình đông đặc, khi mà phần lớn kim loại còn ở trạng thái lỏng và kim loại còn bị chi phối bởi quy luật nổi của các vật nhẹ. Thiên tích nghịch xảy ra muộn hơn, ở giai đoạn mà kim loại đang đông đặc và mặt ngoài vật đúc được bổ sung kim loại từ phía bên trong thông qua một lưới lọc mao dẫn.

Thiên tích dải

Trong đúc ly tâm thường hay gặp hiện tượng phân bố các vùng thiên tích rất phức tạp. Điển hình là vật đúc thép và đồng thanh thiếc chì. Trong cấu trúc của vật đúc thể hiện rất rõ những dải (hay còn gọi là lớp) mà thành phần hoá học, cấu trúc và tính chất của các lớp khác nhau có thể phân biệt bằng mắt thường. Nguyên nhân cơ bản gây ra hiện tượng này chính là tốc độ rót và tốc độ quay của khuôn không hợp lý. Khi rót khuôn, lớp kim loại lỏng đầu tiên chảy đều và phân bố lên toàn bộ diện tích bề mặt khuôn quay và bắt đầu kết tinh một cách bình thường. Lớp kim loại này sẽ bị một lớp tiếp theo có nhiệt độ cao hơn trùm lên. Hiện tượng thiên tích sẽ hình thành hay không còn phụ thuộc vào thời điểm mà lớp kim loại tiếp theo trùm lên lớp trước. Nếu lớp kim loại nóng trùm lên lớp nguội trước khi lớp trước đông đặc hoàn toàn, nghĩa là hai lớp vẫn còn ở nhiệt độ cao, kim loại sẽ có tổ chức bình thường. Nếu lớp kim loại sau trùm lên lớp trước khi lớp trước đã đông đặc một phần, vật đúc sẽ có cấu trúc dải hoặc bị phân lớp.



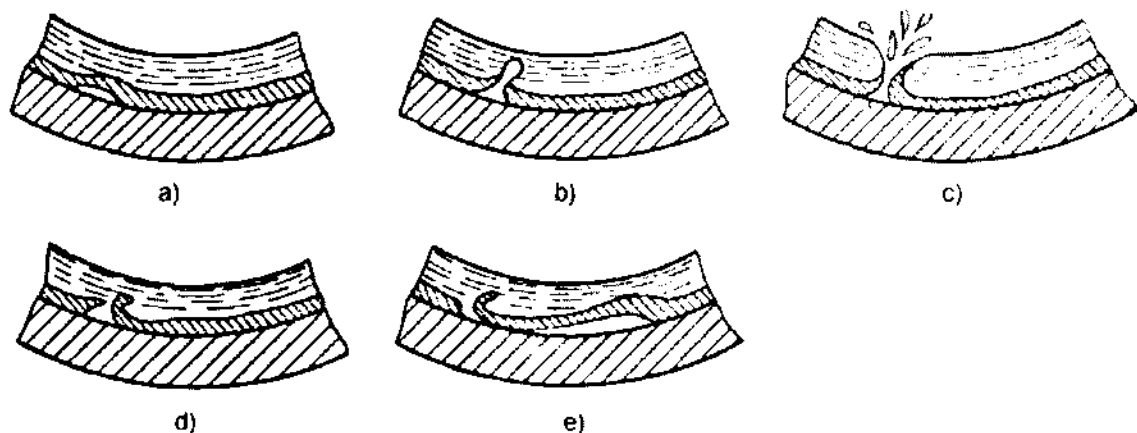
Hình 3.7. Thiên tích dải trong đúc ly tâm

Trong vật đúc bằng đồng thanh thiếc chì, việc hình thành cấu trúc dải có thể giải thích theo cơ chế đông đặc theo chu kỳ như sau. Chì là nguyên tố có nhiệt độ nóng chảy thấp hơn đồng, nên sẽ kết tinh sau. Đồng thời, chì lại nặng hơn đồng, do lực ly tâm, các tinh thể Pb hình cầu mịn bị đẩy ra và tập trung ngay phía trước mặt sóng kết tinh. Cũng vì có trọng lượng riêng lớn nên chì có xu hướng dịch chuyển rất nhanh từ phía trong ra

phía ngoài vật đúc. Việc tập trung và dịch chuyển các tinh thể Pb như vậy sẽ làm cho mặt sóng kết tinh chuyển động rối loạn vì các tinh thể khác chỉ có thể phát triển khi chúng rơi vào giữa các hạt chì. Khi đó, các tinh thể đi vào vùng có nồng độ chì nhỏ hơn, nơi mà các tinh thể đồng thanh đang kết tinh khá nhanh và đóng kín lớp kim loại đã bị thiên tích, và ngay phía trước bề mặt kết tinh lại hình thành ngay một lớp mỏng các hạt Pb. Quá trình cứ thế tiếp diễn để hình thành các dải thiên tích như đã nói ở trên.

c. Khí trong đúc ly tâm

Một đặc điểm nữa của đúc ly tâm là hiện tượng tạo thành các bọt khí trên bề mặt kim loại-khuôn và việc loại bỏ những bọt khí này. Nguồn gốc của lớp khí này có thể là khí cháy của thành phần sơn khuôn hoặc kết quả của việc hoàn nguyên oxit sắt khi rót hợp kim sắt cacbon. Lớp khí trên bề mặt khuôn-kim loại lỏng thoát ra ngoài bằng 2 cách, một là theo hướng vuông góc với mặt thoáng xuyên qua lớp kim loại lỏng, hai là, theo con đường dài hơn, dọc theo bề mặt khuôn ra đến mặt bích của khuôn. Cách thoát nào có ưu điểm hơn còn phụ thuộc vào độ thông khí của lớp sơn khuôn. Lớp sơn khô và dày, khí thoát dễ dàng hơn. Lớp sơn mỏng và tạo khí nhiều chính là nguyên nhân làm xuất hiện các khuyết tật khí trên bề mặt vật đúc. Khi đúc các vật đúc ngắn hình tròn xoay, khí thoát khỏi bề mặt phân cách tương đối dễ. Với những vật đúc dài, khí thoát theo chiều dọc của khuôn sẽ gặp nhiều trở lực hơn là thoát trực tiếp qua kim loại lỏng, bởi vậy nó làm biến dạng lớp vỏ kim loại đã đông đặc và xuất hiện các khuyết tật như trên hình 3. 8.



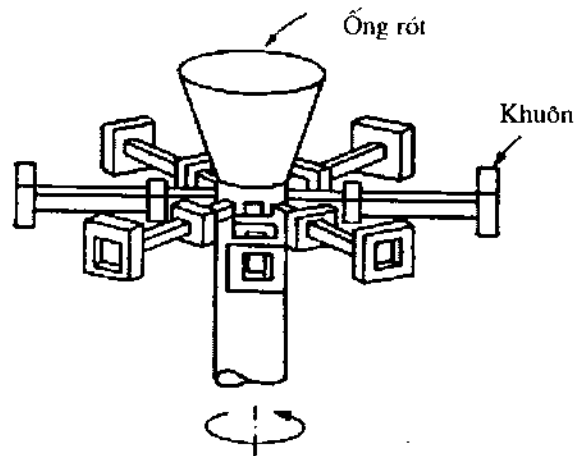
Hình 3.8. Khuyết tật khí trong đúc ly tâm

3.4. CÔNG NGHỆ ĐÚC LY TÂM

3.4.1. Vị trí trục quay

Trong công nghệ đúc ly tâm, có hai loại máy đúc, máy có trục quay thẳng đứng và máy có trục quay nằm ngang. Với máy có trục quay thẳng đứng, hình dáng mặt thoát kim loại có dạng parabol nên phía dưới dày hơn phía trên, vật đúc càng dài, sự chênh lệch về chiều dày càng lớn. Phần dày ở phía dưới vật đúc thường đông đặc sau nên rất dễ bị rỗ co. Mặt khác, khi vật đúc càng dài, chiều cao cột áp rót càng lớn, kim loại càng bị bắn toé, xói mòn khuôn càng mạnh. Việc làm giảm tốc độ nguội bề mặt vật đúc bằng lớp sơn hoặc vật liệu rời là không thể thực hiện được. Do đó, máy đúc có trục quay thẳng đứng chỉ nên dùng để đúc các chi tiết đặc, đường kính lớn hơn chiều cao hoặc những vật đúc không có dạng tròn xoay.

Tuy nhiên, nếu khắc phục được những nhược điểm trên thì những đặc tính ưu việt của đúc ly tâm sẽ được phát huy rất có hiệu quả. Hãng Vitkovice (Tiệp Khắc cũ) đã sử dụng công nghệ đúc ly tâm trục quay thẳng đứng để đúc trục cán gang cầu có chiều dài 6 mét, đường kính trục phần làm việc 1,2 mét mà không cần bổ ngót. Vấn đề mấu chốt là thiết kế hệ thống rót hợp lý để làm giảm sự xói mòn của dòng kim loại vào thành khuôn đồng thời với tác dụng tinh luyện hợp kim trong quá trình đúc. Trong trường hợp này, ống rót được chế tạo tương tự như ống rót trong đúc thép liên tục.



Hình 3.9. Đúc ly tâm trục quay thẳng đứng các chi tiết có hình dạng bất kỳ

3.4.2. Tốc độ quay của khuôn

Khi một chất điểm quay quanh một trục với tốc độ quay n , chất điểm sẽ chịu hai lực tác dụng, lực ly tâm và lực trọng trường. Hệ số trọng trường K là tỷ số của lực ly tâm chia cho lực trọng trường và có công thức:

$$K = \frac{F_h}{F_u} = \frac{m.r.\omega^2}{m.g} = \frac{2\pi^2 D.n^2}{g}$$

Từ đó rút ra:

$$n = \frac{\sqrt{2g}}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{D}} = 0,705 \sqrt{\frac{K}{D}} \quad (3.17)$$

trong đó: D - đường kính vật đúc, m.

Hệ số trọng trường K phụ thuộc vào hình dáng vật đúc và hợp kim đúc. Trong khuôn cát trục quay nằm ngang có thể lấy K = 75. Khuôn kim loại K = 80. Hợp kim có khoảng đông hẹp lấy K = 90 ÷ 100.

Trong trường hợp trục quay thẳng đứng, bề mặt thoát vật đúc có dạng parabol, càng lên cao chiều dày vật đúc càng nhỏ. Bởi vậy, vận tốc quay của khuôn nên chọn sao cho góc nghiêng của mặt thoát vào khoảng 1:100. Tỷ lệ chiều cao vật đúc chia cho đường kính không được vượt quá 1:1,5. Nếu chọn ngược lại, góc nghiêng mặt thoát sẽ tăng lên. Để tính toán vận tốc quay của vật đúc có trục quay thẳng đứng vẫn có thể sử dụng công thức cho trục quay nằm ngang nhưng hệ số trọng trường K lấy bằng 100÷200.

Ngoài ra, có thể sử dụng công thức tính tốc độ quay của Konstantinov:

$$n = \frac{291}{\sqrt{\rho R}} \quad (3.18)$$

trong đó: ρ - khối lượng riêng kim loại đúc, kg/m³; R - bán kính khuôn đúc, m.

Công thức Kemen:

$$n = \frac{K_0}{600\sqrt{R}} \quad (3.19)$$

trong đó: K₀ - hệ số phụ thuộc loại hợp kim, nhôm lấy 2600÷3590; gang xám 1800 ÷ 2500 và thép 1900 ÷ 2150.

Cân bằng công thức (3.17) với các công thức (3.18) và (3.19) có thể rút ra hệ số trọng trường K trong từng trường hợp cụ thể:

Konstantinov:

$$n = 0,705 \sqrt{\frac{K}{2R}} = \frac{291}{\sqrt{\rho.R}} \Rightarrow \sqrt{K} = \frac{291.\sqrt{2}}{0,705\sqrt{\rho}}$$

$$\Rightarrow K = \frac{582}{(0,705)^2 \rho}$$

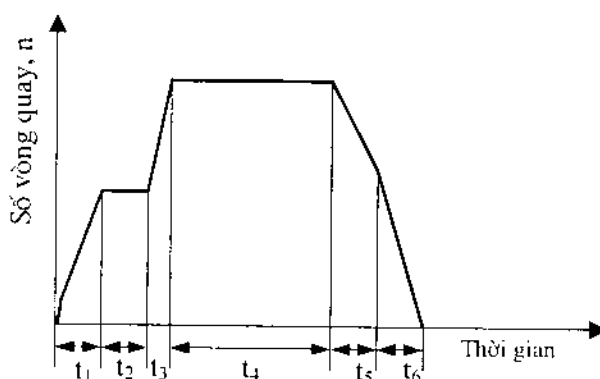
Với công thức Kemen:

$$n = 0,705 \sqrt{\frac{K}{2R}} = \frac{K_0}{600\sqrt{R}} \Rightarrow \sqrt{K} = \frac{K_0 \sqrt{2}}{0,705 \cdot 600}$$

$$K = \frac{K_0^2}{9,705^2}$$

Tốc độ quay là thông số quan trọng nhất trong công nghệ đúc ly tâm. Tốc độ quay quá lớn dễ làm cho vật đúc bị nứt dọc và thiên tích các nguyên tố hợp kim. Thông thường, tốc độ quay hợp lý nhất là tốc độ xác định theo công thức (3.17) với hệ số trọng trường $K = 90 \div 120$.

Tuy nhiên, khi đúc những vật liệu có xu hướng dễ tạo thành các vết nứt trên vật đúc, thí dụ thép cacbon hoặc thép chịu ăn mòn, nên thay đổi tốc độ quay theo từng giai đoạn làm việc của vật đúc như hình 3.10



Hình 3.10. Tốc độ quay hợp lý khi đúc ly tâm

Trong số 6 giai đoạn quay của khuôn có tốc độ khác nhau, giai đoạn t_2 là tốc độ quay khi rút kim loại, giai đoạn t_4 là tốc độ quay khuôn khi làm nguội, khoảng thời gian t_6 là lúc hãm khuôn quay. Với chế độ quay khuôn như vậy sẽ tránh được một số khuyết tật đúc, nhất là khuyết tật nứt dọc khi đúc các hợp kim dễ bị nứt nóng.

3.4.3. Nhiệt độ và tốc độ rút kim loại

Đây là hai thông số cũng rất quan trọng trong công nghệ đúc ly tâm. Tốc độ rút có ảnh hưởng đến chất lượng bề mặt ngoài vật đúc, đến tốc độ kim loại chảy dọc khuôn, sự điền đầy khuôn và cường độ dịch chuyển tương đối của các lớp kim loại lỏng. Lúc bắt đầu rút khuôn, phải rút nhanh để kim loại nhanh chóng tản đều trên toàn bộ bề mặt khuôn, tránh được khuyết tật như khớp, không liền... Sau đó giảm dần tốc độ rút khi chiều dày vật đúc tăng dần và để tạo được hướng dòng thuận lợi, giảm va đập thủy lực

lên lớp vỏ kim loại đã đông đặc và khả năng tạo thiên tích... Luôn luôn chú ý rằng, khối lượng riêng của pha đông đặc đầu tiên nhỏ hơn khối lượng riêng của pha lỏng còn lại, cần phải điều chỉnh tốc độ rót đến giá trị nhỏ nhất, nhiệt độ kim loại và nhiệt độ khuôn rót thích hợp nhất có thể được để tạo hướng đông thuận lợi. Tốc độ rót hợp lý là tốc độ đảm bảo sao cho chiều dày lớp vỏ đông đặc nhỏ hơn chiều dày lớp kim loại đang rót

Tốc độ rót có thể tính qua tốc độ tản nhiệt q tính trên một đơn vị diện tích bề mặt ngoài vật đúc:

$$q = \frac{i \cdot Q}{F \cdot t}$$

trong đó: i - nhiệt dung riêng của kim loại khi quá nhiệt 50°C trên đường lỏng, kJ/kg ;
 Q - khối lượng kim loại, kg ; t - thời gian rót kim loại, s .

Tốc độ rót tính theo đơn vị kg/s lại phụ thuộc vào khối lượng và kích thước đường bao của vật đúc. Trong từng trường hợp cụ thể phải tính toán tốc độ rót hợp lý, về nguyên tắc, vật đúc càng nhỏ, hình dáng càng phức tạp rót càng nhanh và ngược lại. Thí dụ, vật đúc hình trụ như xilanh gang trong động cơ máy kéo và máy liên hợp, có khối lượng 12 - 14 kg thì tốc độ rót khoảng 2,0 - 2,5 kg/s . Vật đúc có khối lượng 20 tấn bằng đồng thanh nhôm hoặc đồng thanh thiếc thì tốc độ rót có thể lên đến 60 - 80 kg/s .

3.4.4. Sơn phủ khuôn đúc ly tâm

Ý nghĩa của lớp sơn phủ bảo vệ trong công nghệ đúc ly tâm cũng giống như trong đúc khuôn kim loại đều nhằm mục đích nâng cao tính ổn định và tuổi thọ của khuôn nhờ vào việc làm giảm tốc độ nguội và độ quá nhiệt khuôn trong khi đúc, làm cho quá trình diễn đầy khuôn xảy ra tốt hơn, không có các khuyết tật đúc, tạo cho bề mặt vật đúc một hình dáng và kích thước theo yêu cầu. Chất sơn phủ khuôn có thể là vật liệu tản rời hoặc sơn ở dạng lỏng.

Phủ bề mặt khuôn bằng vật liệu tản rời

Lớp phủ dạng tản rời thường dùng cho khuôn có trục quay nằm ngang. Lớp sơn phủ được giữ trên bề mặt khuôn nhờ vào lực ly tâm. Để hạn chế hiện tượng cháy cát, vật liệu sơn cần phải có khả năng chịu nhiệt tốt, trơ về mặt hoá học và thành phần độ hạt thích hợp. Độ hạt nhỏ sẽ hạn chế được hiện tượng cháy cát trên bề mặt vật đúc, đồng thời làm bề mặt vật đúc đẹp hơn.

Lớp phủ cách nhiệt tản rời từ vật liệu chịu lửa bất kỳ nếu không có cách sơn phủ thích hợp đều bị rửa trôi và làm cho vật đúc xù xì và lõm sâu. Để khắc phục hiện tượng

này, có thể cho thêm chất dính để tạo ra một lớp sơn phủ có độ bền vừa đủ. Có ba phương pháp để tăng bền cho lớp phủ bằng vật liệu tản rời:

1) Đổ vật liệu tản rời vào khuôn nóng đang quay, làm đồng đều chiều dày rồi đổ dung dịch có chứa chất dính vào lớp vật liệu nói trên, dung môi bay hơi và lớp sơn phủ sẽ bền hơn.

2) Trộn đồng đều các thành phần của hỗn hợp: vật liệu chịu lửa, chất dính, dung môi và chất phụ rồi đổ lên bề mặt của khuôn ly tâm đang quay. Lớp sơn phủ sẽ được thiêu kết lại và có đủ độ bền chống lại tác dụng của dòng kim loại lỏng.

3) Có thể dùng phương pháp bọc nhựa lên bề mặt các hạt vật liệu chịu lửa giống như chế tạo hỗn hợp cát – nhựa rồi đổ lên bề mặt khuôn ly tâm. Hỗn hợp sẽ thiêu kết nhờ vào nhiệt của khuôn có sẵn.

Để tuân thủ theo đúng chế độ nhiệt của khuôn và tăng nhanh vòng quay sản xuất, khuôn ly tâm cần được làm nguội cưỡng bức và dùng các loại máy đúc có thể thay thế khuôn nhanh. Tùy thuộc vào yêu cầu về tổ chức của gang, thí dụ không được có một chút tổ chức quá nguội nào, cần phải tăng chiều dày lớp sơn cách nhiệt. Để gang không bị biến trắng, phải dùng khuôn nóng có lớp cách nhiệt bằng hỗn hợp cát nhựa, dày 1,5 mm. Để đúc xecmăng dầu, tổ chức ferit và graphit giữa các nhánh cây chỉ cho phép ở một giới hạn nhất định nhằm đảm bảo tốt tính gia công, nếu trong xecmăng hơi có graphit hình hoa hồng thì phải dùng đến lớp sơn cát nhựa dày đến 3 - 4 mm mới có thể hạn chế việc tiết ra tổ chức này. Trong đúc xecmăng, có thể khử được tổ chức quá nguội ở dạng hoa hồng, nếu dùng sơn hai lớp: ngoài là lớp cát dày 3 - 4 mm, trong là lớp hỗn hợp cát-nhựa dày 2 mm. Khi đúc ống gang dẫn nước, lớp sơn cát-nhựa cũng không thể hạn chế được cấu trúc quá nguội, do đó tính chất của vật đúc có thể không đáp ứng được các yêu cầu sử dụng. Cần dùng giải pháp tổng thể để hạn chế tổ chức quá nguội này, thí dụ, khống chế thành phần gang đúc, chế độ nguội hợp lý, dùng sơn chứa thành phần có tác dụng biến tính...

Sơn khuôn dạng lỏng

Cho vật đúc gang

Gang có nhiệt độ nóng chảy trung bình nên có thể sử dụng vật liệu chịu nhiệt có độ chịu nhiệt trung bình như thạch anh, graphit, amiăng. Thí dụ sơn amiăng-bentônit bao gồm: 4 - 5 phần amiăng; 1 - 2 phần bentônit, nước vừa đủ để có tỷ trọng 1,2 - 1,22 g/cm³. Chiều dày lớp sơn cần phải lớn hơn 0,5 mm để cho một phần khí có thể thoát dọc theo khuôn ra phía mặt đầu của khuôn. Lớp sơn này cũng có thể sử dụng để chống trắng

cho ống gang khi kết hợp với phương pháp khuấy gang lỏng trong thùng trộn trước khi rót. Nói chung, sơn cách nhiệt ít gây khuyết tật rỗ khí cho vật đúc. Chỉ khi khuôn bị quá nhiệt nhiều mới có thể làm xuất hiện lõm co. Về nguyên tắc, có thể dùng sơn cho khuôn kim loại để sơn khuôn đúc ly tâm.

Cho vật đúc đồng

Đối với hợp kim đồng có khoảng đồng hẹp, thí dụ đồng thanh nhôm, đồng thau, có thể sử dụng sơn khuôn giống như đúc gang. Những hợp kim có khoảng đồng rộng, thí dụ đồng thanh thiếc, có khuynh hướng rỗ khí ngay cả khi không dùng lớp sơn khuôn. Khi đúc ống đồng thanh trong khuôn ly tâm kim loại, dễ dàng quan sát thấy một loại khuyết tật điển hình: lõm co dạng phễu kéo dài đến tận bề mặt trong của vật đúc. Trên bề mặt ngoài khó phát hiện được vì chúng được che phủ bởi một màng kim loại mỏng. Phía trong lõm co là những vết có màu tối, dạng cái phễu. Những lõm co này thường xuất hiện ở những vị trí thành dày vật đúc, chỗ rót kim loại... Nhiều tác giả đã tiến hành thí nghiệm để phát hiện nguyên nhân tạo thành loại khuyết tật này và tìm biện pháp khắc phục. Người ta đã dùng một trong những loại sơn nổi tiếng (bao gồm samôt với thủy tinh lỏng hoặc graphit với nước bả giấy hoặc thủy tinh lỏng hoặc dầu mazut) nhưng cũng không cho kết quả tốt. Có nghĩa là, lớp sơn đối với vật đúc đồng thanh thiếc trong khuôn ly tâm không có tác dụng chống hiện tượng co dạng phễu mà đơn thuần chỉ có tác dụng làm thay đổi tốc độ nguội của vật đúc. Biện pháp để khắc phục hiện tượng co hình phễu là làm thế nào để khí và không khí không tụ tập ở bề mặt phân cách khuôn-vật đúc, tốt hơn cả là dùng lớp sơn cách nhiệt tản rời.

Cho vật đúc nhôm

Thành phần cơ bản của sơn cho vật đúc nhôm là: bột phấn, oxit kẽm hoặc đá nghiền mịn, chất dính thường là thủy tinh lỏng hoặc các photphat kim loại.

Bảng 3.1. Một số thí dụ về thành phần sơn cho vật đúc nhôm

	Thành phần, g		
	Số 1	Số 2	Số 3
Bột phấn	200 - 250	100	-
Oxit kẽm	-	-	50
Thủy tinh lỏng	50 - 70	125	50
Nước	1000	1000	1000

3.4.5. Khuôn đúc ly tâm

Khuôn đúc ly tâm làm việc theo chu kỳ tức là chịu tác động va đập nhiệt, bởi vậy cần có những biện pháp nâng cao tính ổn định của khuôn. Đó là:

- Nâng cao chất lượng vật liệu làm khuôn, thí dụ dùng các loại thép 35CrW hoặc thép 25Cr2NiMo.
- Nhiệt luyện khuôn để nâng cao tính chất làm việc.
- Nâng cao tính chính xác hình học của khuôn để hạn chế các hiện tượng cong vênh khuôn.
- Sử dụng khuôn nhiều lần bằng cách gia công lại khuôn
- Sơn bảo vệ bề mặt khuôn để giảm hiện tượng va đập nhiệt và dễ tách vật đúc ra khỏi khuôn.

3.4.6. Đúc ly tâm một số chi tiết điển hình

3.4.6.1. Đúc ly tâm kim loại hai lớp (bimetal)

Đây là công nghệ được dùng để chế tạo bạc hai lớp, lớp ngoài là vỏ thép, lớp trong là kim loại chịu mài mòn. Trong thực tế, đúc ly tâm kim loại hai lớp thường được tiến hành bằng hai phương pháp cơ bản:

- Rót lần lượt hai loại kim loại lỏng vào khuôn quay để tạo thành hai lớp theo yêu cầu. Như vậy, cần phải có hai thiết bị nấu đồng thời.

- Rót kim loại lỏng vào vỏ thép đang quay trong khuôn ly tâm. Công nghệ này được sử dụng phổ biến nhưng cần chú ý mấy điểm sau đây:

Thứ nhất, mặt trong của vỏ thép cần phải được xử lý bề mặt theo đúng quy trình để đảm bảo tạo được “chân” liên kết giữa hai lớp kim loại khác nhau có nhiệt độ khác nhau và hệ số giãn nở khác nhau.

Thứ 2, tốc độ quay tính toán bình thường như đối với đúc ly tâm.

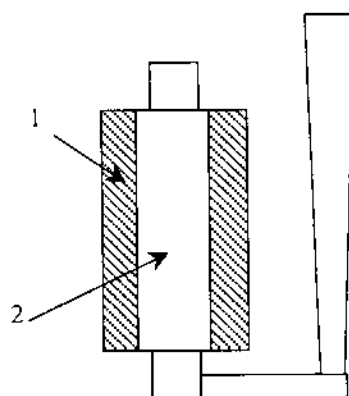
Thứ 3, thời gian quay có thể ngắn hơn so với tính toán khi kim loại đúc khó liên kết với vỏ thép (thí dụ, nhôm - thép). Trong trường hợp này cần phải dỡ khuôn sớm rồi tiến hành ủ để làm nguội vật đúc chậm hơn so với bình thường.

3.4.6.2. Công nghệ đúc trục cán hai lớp

Tính chất làm việc của trục cán là lớp vỏ làm việc chịu mài mòn ở nhiệt độ cao, còn khối trục chỉ đơn thuần chịu lực. Bởi vậy, chỉ có lớp vỏ là cần chế tạo bằng hợp kim

chịu mài mòn, còn lõi của trục chỉ cần chế tạo từ loại thép thường. Công nghệ có thể tóm tắt như sau (hình 3.11):

Trước hết, đúc lớp bề mặt làm việc của trục cán trong khuôn ly tâm. Cần lưu ý rằng, phải tạo một lớp trợ dung đặc biệt trên bề mặt trong của lớp kim loại này. Lớp trợ dung có tác dụng che phủ bề mặt và chống oxy hoá, tạo điều kiện tốt cho quá trình liên kết với kim loại phần trục đúc tinh sau này. Muốn vậy, kim loại lỏng khi đúc ly tâm phải được tinh luyện và lọc xỉ thật tốt. Thành phần chất trợ dung thường là tổ hợp của những muối dễ nóng chảy và có độ sát kín cao. Chiều dày lớp trợ dung rất nhỏ, chỉ vài chục micronmet.



Hình 3.11. Công nghệ đúc trục cán hai lớp

1. Lớp vỏ đúc ly tâm
2. Phần trục đúc tinh

Dỡ vật đúc khỏi khuôn ly tâm và đặt ngay vào khuôn cát để đúc phần trục.

3.4.6.3. Đúc ống gang xecmăng

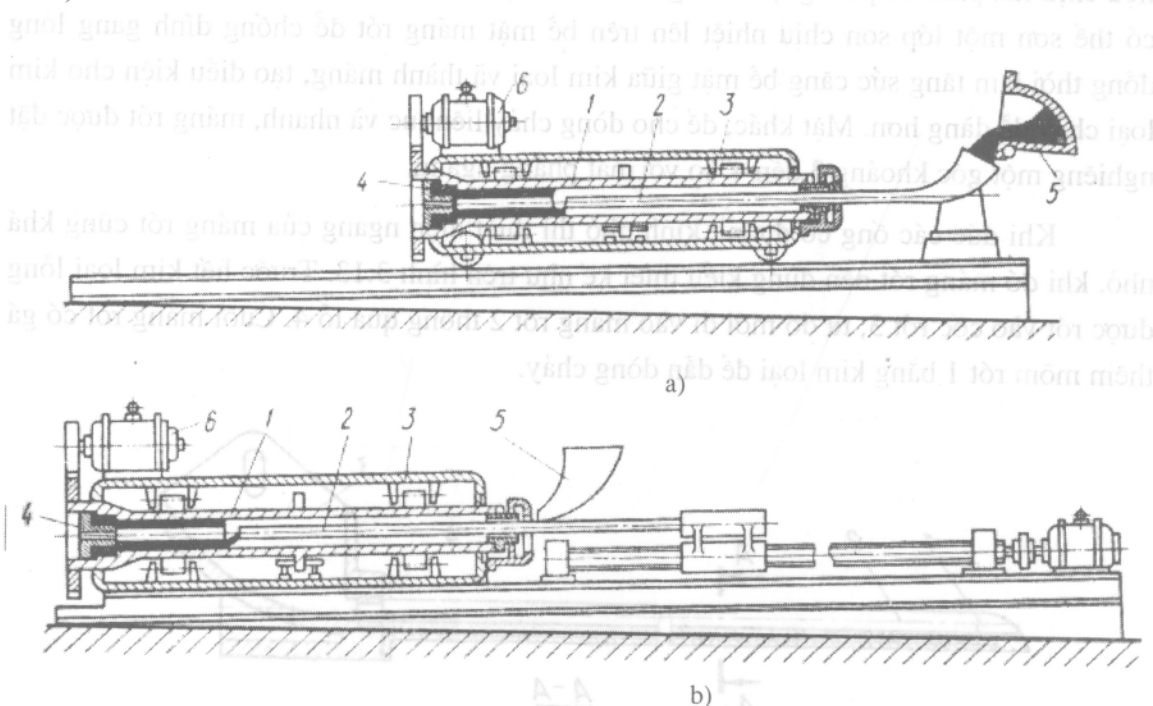
Khi đúc ống gang xecmăng trong khuôn ly tâm, một loại khuyết tật thường hay xảy ra là biến trắng bề mặt ống gang. Để có thể gia công được phải tiến hành ủ khử trắng. Việc ủ khử trắng lại làm xuất hiện ferit trên nền xecmăng. Tổ chức kim loại này làm giảm độ chịu mài mòn của gang. Để khắc phục tình trạng trên, có thể dùng hai biện pháp, sơn khuôn cách nhiệt chống biến trắng (xem mục 3.4.4) hoặc dùng trợ dung chống biến trắng. Chất lượng vật đúc sẽ được nâng cao đáng kể khi kim loại được xử lý trực tiếp bằng trợ dung tổng hợp trong khuôn. Chất trợ dung được cho vào kim loại lỏng thông qua thiết bị rót. Chất trợ dung sẽ che phủ kim loại khỏi bị oxy hoá trong quá trình hình thành vật đúc, tinh luyện kim loại lỏng sạch tạp chất và khí lẫn, đồng thời nó còn có tác dụng cách nhiệt cho bề mặt trong của ống gang. Những đặc tính này sẽ góp phần nâng cao chất lượng của ống gang. Thành phần chất trợ dung thường là:

1. 75% Si + Na_3AlF_6 hoặc NaF theo tỷ lệ 3:1.
2. Silicocanxi 8%; bột nhôm 12%; NaNO_3 14%; thủy tinh lỏng 26%; bột huỳnh thạch 20% và 20% vảy rèn. Lượng dùng 0,8 - 1,0%. Cho trực tiếp cùng dòng rót kim loại.

3.4.6.4. Đúc ly tâm ống gang dẫn nước

Ống dẫn nước thường được chế tạo bằng gang xám hoặc gang cầu. Công nghệ truyền thống trước đây là đúc bán liên tục thẳng đứng như sẽ được mô tả trong chương 4. Hiện nay, người ta đã sử dụng ống dẫn nước bằng gang cầu đúc trong máy đúc ly tâm nằm ngang. Gang cầu làm vật liệu chế tạo ống dẫn nước có nhiều ưu điểm: độ bền lớn nên có thể giảm chiều dày ống. Thí dụ ống nước bằng gang xám, chiều dày ống thường là 12 mm mới chịu được áp lực làm việc. Khi chuyển sang gang cầu, chiều dày ống chỉ cần 8 - 9 mm, cho nên lượng gang tiết kiệm được rất đáng kể, hiệu quả của sự tiết kiệm này đủ để bù vào sự đầu tư cho thiết bị và công nghệ mới. Một ưu điểm nữa là sự nhiễm bẩn do oxy hoá của gang cầu ít hơn so với gang xám nên chất lượng nước tốt hơn. Nhược điểm của ống gang cầu trong khuôn ly tâm là khó đúc do độ chảy loãng kém và thiết bị phức tạp hơn, quá trình khó khống chế hơn.

Công nghệ đúc ly tâm nằm ngang có thể có hai dạng: khuôn quay còn máng rót chuyển động dọc trục và khuôn vừa quay vừa chuyển động còn máng rót đứng yên (hình 3.12).



Hình 3.12. Máy đúc ly tâm ống nước
a) Khuôn chuyển động tịnh tiến; b) Máng rót chuyển động tịnh tiến

Hình 3.12a mô tả phương án máy đúc khuôn dịch chuyển, máng rót đứng yên. Thời điểm bắt đầu rót là lúc khuôn dịch chuyển sát vào phễu rót, kim loại điền đầy đầu xa nhất của ống (còn gọi là đầu bát của ống) trước tiên. Dòng kim loại chảy liên tục và

khuôn tịnh tiến đều sang phía trái để đảm bảo cho vật đúc điền đầy đồng đều và hoàn chỉnh.

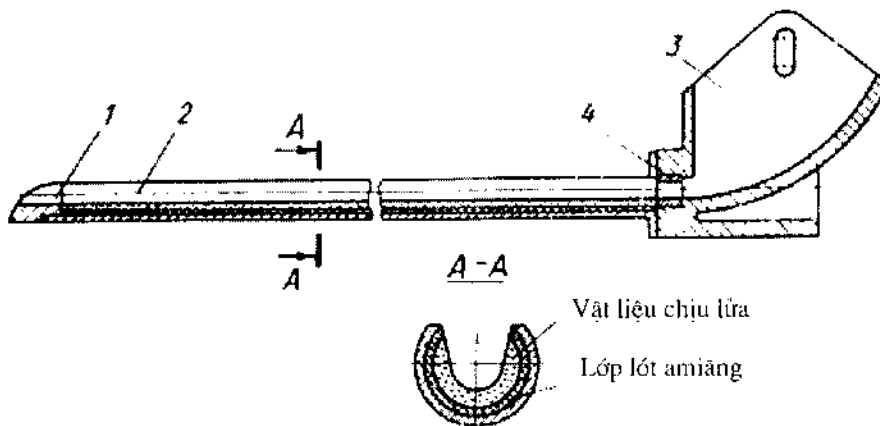
Trong phương án máy đúc ly tâm có máng rót chuyển động (hình 3.12b), phễu rót được gắn cố định trên bệ máy còn máng rót dịch chuyển nhờ một cơ cấu thanh răng. Công nghệ này có ưu điểm là bệ máy gắn chặt trên nền nên có điểm tựa chắc chắn, ít bị rung lắc. Nhược điểm của máy này là: chiều dài máy rất lớn, có thể lớn gấp rưỡi máy có máng cố định; máy cần hai cơ cấu dẫn động, một cho khuôn, một cho máng rót; Khi đúc vật đúc dài và đường kính nhỏ, dễ xuất hiện kim loại đông rắn trên thành máng rót do hiện tượng rung lắc của máng khi dịch chuyển.

Công nghệ đúc

Máng rót

Vỏ ngoài máng rót làm bằng thép, tiếp theo là lớp lót amiăng và trong cùng là lớp vật liệu chịu lửa. Do máng rót có chiều dài lớn nên lớp vật liệu đảm chặt bằng vật liệu chịu lửa phải đủ phẳng để không cho kim loại bị treo trong quá trình rót. Ngoài ra, có thể sơn một lớp sơn chịu nhiệt lên trên bề mặt máng rót để chống dính gang lỏng đồng thời làm tăng sức căng bề mặt giữa kim loại và thành máng, tạo điều kiện cho kim loại chảy dễ dàng hơn. Mặt khác, để cho dòng chảy liên tục và nhanh, máng rót được đặt nghiêng một góc khoảng 3 đến 4° so với mặt phẳng ngang.

Khi đúc các ống có đường kính nhỏ thì thiết diện ngang của máng rót cũng khá nhỏ, khi đó máng rót nên dùng kiểu thiết kế như trên hình 3.13. Trước hết kim loại lỏng được rót vào cốc rót 3, từ đó mới đi vào máng rót 2 thông qua lỗ 4. Cuối máng rót có gá thêm mồm rót 1 bằng kim loại để dẫn dòng chảy.

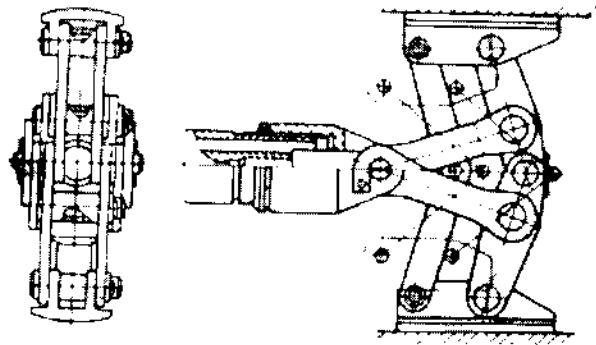


Hình 3.13. Máng rót khuôn đúc ly tâm nằm ngang

Cơ cấu kéo ống ra khỏi khuôn

Đối với ống nước có chiều dài lớn, không thể dùng cơ cấu tống đẩy thông thường mà nên dùng cơ cấu kéo có ngàm (hình 3.14).

Cơ cấu này bao gồm hai xilanh, một xilanh để dịch chuyển đầu kéo vào trong lòng ống gang, một xilanh dùng để đóng mở ngàm kẹp trong quá trình thao tác. Sau khi ống đã đông đặc hoàn toàn và khuôn đã dừng quay, đầu kẹp được dịch chuyển vào trong ống và hai má kẹp sẽ áp sát vào thành trong của ống. Vật đúc được kéo ra khỏi khuôn.



Hình 3.14. Cơ cấu kéo ống ra khỏi khuôn

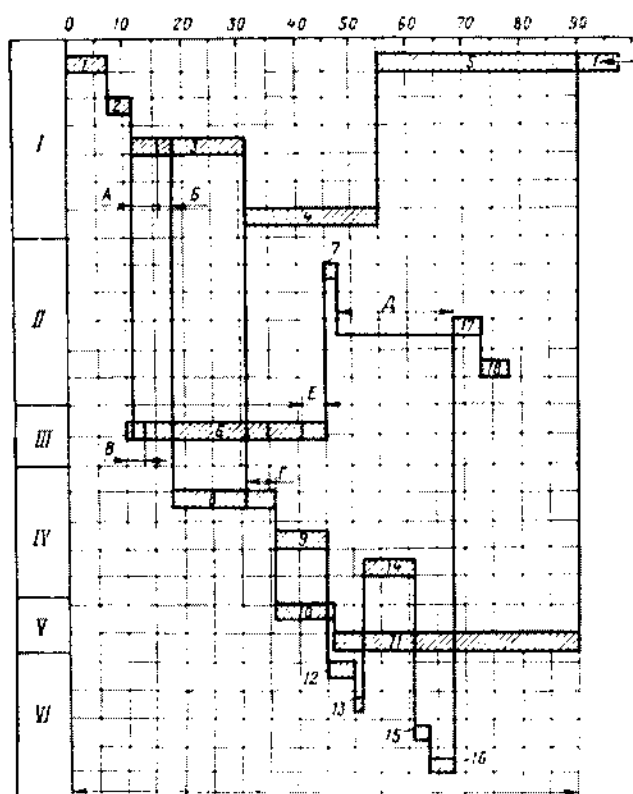
Thứ tự các nguyên công

Trình tự các nguyên công xem ở hình 3.15. Một chu kỳ làm việc của khuôn bắt đầu từ việc rót kim loại lỏng vào gầu chứa (nguyên công 1-5) và gạt xỉ, làm sạch mặt thoáng kim loại lỏng. Thời điểm này, máy đã hoàn toàn sẵn sàng cho nguyên công rót khuôn. Sau đó, từ từ đưa cơ cấu quay gầu và quay khuôn vào trạng thái làm việc (nguyên công 2 và nguyên công 6). Rót kim loại lỏng từ gầu rót sang gầu chứa trên máng rót (nguyên công 3), kim loại lỏng bắt đầu điền đầy đầu ống có đường kính lớn (hay còn gọi là bắt đầu ống). Gầu rót quay về vị trí ban đầu (nguyên công 4). Sau khi bắt đầu ống đã điền đầy, đóng mạch điều khiển chuyển động dọc trục của máy trong trường hợp khuôn chuyển động hoặc đóng mạch điều khiển dọc trục của máng rót trong trường hợp máng rót chuyển động, để bắt đầu rót phần thân ống (nguyên công 8), sau đó ngắt mạch các chuyển động dọc trục, vật đúc nằm trong khuôn quay cho đến khi đông đặc hoàn toàn (nguyên công 9).

Khi khuôn dịch chuyển hết hành trình, nó sẽ gạt công tắc hành trình để đóng mạch dịch chuyển khuôn về vị trí ban đầu. Đồng thời mạch điều khiển dịch chuyển xe goòng chứa máng rót cũng được đóng mạch (nguyên công 10), nhấc máng rót đem đi bảo dưỡng và thay vào đó một máng mới (nguyên công 11). Thời điểm này, ống cũng đã đông đặc, khuôn dừng quay và cơ cấu kéo vật đúc được đưa vào trong lòng ống. Xilanh lực sẽ đưa má kẹp áp sát vào mặt trong của bắt đầu ống (nguyên công 12). Đóng mạch

để kéo ống ra ngoài (nguyên công 14).

Trên hành trình quay ngược lại, xilanh của cơ cấu kéo ống sẽ kéo ống đến bệ đỡ đặc biệt (nguyên công 15), vấu kẹp của kim sẽ gấp lại và lùi ra khỏi ống và bệ đỡ (nguyên công 16). Ống và bệ đỡ di chuyển ra khỏi máy đúc.



Hình 3.15. Thứ tự các nguyên công đúc ống nước trong khuôn ly tâm nằm ngang

I- Gầu rót; II- Cơ cấu nâng; III- Dẫn động khuôn; IV- Dẫn động dịch chuyển máy; V- Xe con chữ máng rót; VI- Kim kéo ống

Phần bắt đầu ống được tạo hình bằng ruột. Ruột này được đặt vào khuôn nhờ một cơ cấu đặt ruột chuyên dụng.

Chế độ rót kim loại

Chiều dày thành vật đúc được đảm bảo nhờ vào quan hệ giữa tốc độ rót và tốc độ dịch chuyển của khuôn. Nói chung, tỷ lệ này phụ thuộc vào đường kính của ống và có thể mô tả theo công thức sau:

$$q.t = m.L$$

trong đó: q - tốc độ rót tính theo khối lượng, kg/s; t - thời gian rót tính theo giây; m - khối lượng 1 m chiều dài ống, kg/m; L - chiều dài của ống, m.

Khi nâng cao tốc độ rót thì năng suất của máy cũng được nâng cao và sự quá nhiệt ở các phần khác nhau của khuôn cũng được san bằng vì kim loại lỏng rất nhanh chóng phủ kín bề mặt làm việc của khuôn. Khi rót chậm, phần bắt đầu ống và phần đuôi ống sẽ tiếp xúc rất lâu với kim loại lỏng và rất dễ sinh ra ứng suất trong khuôn.

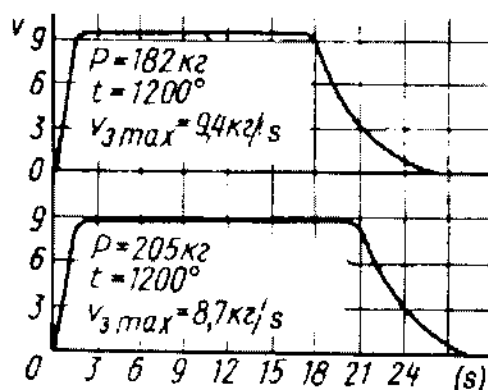
Thực tế, trong quá trình rót, tuy tốc độ rót từ gầu là không đổi nhưng tốc độ điền đầy khuôn lại thay đổi như mô tả trên hình 3.16. Điều này có thể giải thích như sau. Ban đầu khi kim loại đã điền đầy máng rót thì cột áp bắt đầu tăng lên và tốc độ rót từ máng rót cũng tăng lên cho đến khi tốc độ điền đầy cân bằng với tốc độ rót từ gầu rót.

Tốc độ điền đầy v tại vị trí tiếp xúc của dòng chảy với thành khuôn phụ thuộc vào chiều cao cột áp H theo quan hệ:

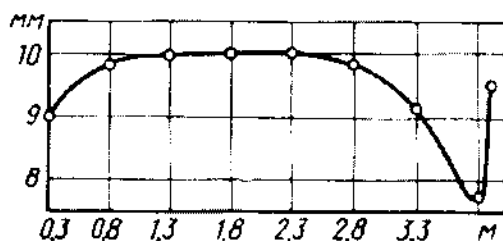
$$v = \sqrt{2g.H}$$

Khi đã dừng rót kim loại từ gầu, kim loại vẫn chảy trên máng rót nhưng cột áp kim loại lỏng đã giảm xuống, lúc này cột áp chỉ còn bằng chiều cao từ máng rót đến mặt trong của khuôn và do vậy, tốc độ điền đầy cũng giảm đi. Hậu quả là, chiều dày vật đúc ở cuối giai đoạn rót cũng giảm đi (hình 3.17).

Khi điểm rơi của dòng kim loại vào trong khuôn còn cách đầu mút khuôn một khoảng 60 - 80 mm thì dừng hẳn chuyển động tịnh tiến của khuôn. Việc dừng chuyển động tịnh tiến của khuôn không được dừng đột ngột mà trước đó chuyển động này cũng đã được làm chậm dần lại. Biện pháp này có hiệu quả chỉ khi kim loại rót có nhiệt độ ổn định vì rằng, việc tăng hay giảm nhiệt độ và tính chảy loãng của gang lỏng cũng đều có ảnh hưởng đến chuyển động dọc trục của kim loại



Hình 3.16. Tốc độ điền đầy vật đúc và thời gian



Hình 3.17. Chiều dày ống phụ thuộc vào chiều dài ống

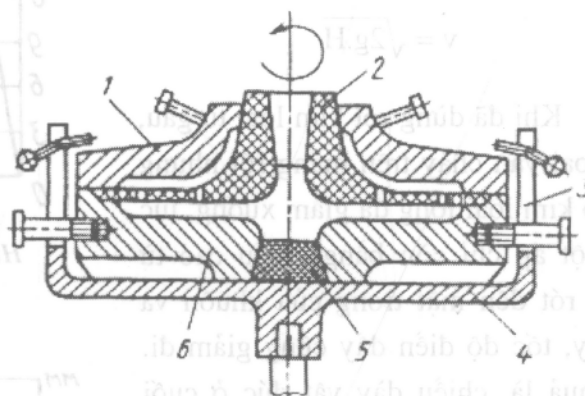
trong khuôn (về hướng đầu bát của ống hoặc về hướng đầu tự do) và đồng thời nó cũng gây ảnh hưởng đến chiều dày của ống theo hướng dọc trục. Nhiệt độ rót hợp lý của ống gang trong khuôn làm nguội bằng nước khoảng $1260 - 1280^{\circ}\text{C}$.

Làm nguội khuôn

Nhiệt độ nước làm nguội không được vượt quá 90°C để tránh hiện tượng tạo lớp vỏ hơi nước trên mặt khuôn ly tâm. Nhiệt độ nước làm nguội được khống chế bằng lưu lượng nước làm nguội. Lượng tiêu tốn nước càng nhiều, nhiệt độ nước càng ít thay đổi. Khi đúc ống thành mỏng và đường kính nhỏ không được làm nguội khuôn quá nhanh.

3.4.6.5. Đúc ly tâm vật đúc định hình

Trong thực tế, nhiều chi tiết không có hình dáng tròn xoay nhưng cũng có thể đúc trong khuôn ly tâm. Trong trường hợp này, vật đúc được bố trí trong khuôn có trục quay thẳng đứng và cũng chịu tác dụng của lực ly tâm khi rót và khi đông đặc. Phương pháp này áp dụng cho các chi tiết rất nhỏ như đúc răng giả cho đến các chi tiết lớn như bánh răng công tác, thậm chí kể cả các chi tiết có ruột. Như vậy, khuôn đúc có thể dùng khuôn kim loại, khuôn cát, khuôn gốm và cả khuôn graphit. Các chi tiết đúc trong khuôn ly tâm dạng này là: vỏ nắp van, động cơ và máy nén trong ngành hàng không; vỏ và nắp của tuabin khí; cổ góp tuabin; bánh răng, lưỡi dao cắt sắc...



Hình 3.18. Đúc ly tâm vật đúc định hình

1. Nửa khuôn trên; 2. Ruột làm nhiệm vụ dẫn kim loại;
3. Chặn khuôn; 4. Thân máy; 5. Ruột đúc;
6. Nửa khuôn dưới.

Thí dụ, cổ góp của tuabin đúc trong khuôn gốm ly tâm có trục quay thẳng đứng. Trong trường hợp này, ống rót cũng đồng thời làm nhiệm vụ đậu ngót. Kim loại điền đầy hốc khuôn trước khi điền đầy đậu ngót. Để ngăn ngừa hiện tượng đông đặc sớm, đậu ngót được sơn một lớp than gỗ. Tần số quay của khuôn khoảng 250/phút để đảm bảo hệ số trọng trường $K=13,6$ đối với đường kính ngoài của vật đúc.

Ruột dùng trong khuôn ly tâm vật đúc định hình thường dùng ruột cát nhựa đông rắn nhờ nhiệt. Độ bền phải đạt 250 - 270 MPa; độ thông khí 200. Ruột được sơn bằng phương pháp nhúng. Trước khi ráp, khuôn được làm sạch bằng chổi kim loại, sau đó nung lên 100 - 150°C.

Tần số quay cho vật đúc dạng ống phụ thuộc vào đường kính:

Đường kính, m	Tần số quay, phút ⁻¹
0.25 - 0.41	160
0.15 - 0.2	300

Khuyết tật đúc ly tâm

Nứt dọc chi tiết

Do tốc độ nguội và hiện tượng co của kim loại, lớp vỏ mỏng được hình thành ban đầu sẽ tách khỏi bề mặt khuôn và bề mặt vật đúc không còn điểm tựa nữa. Cũng tại thời điểm này, lớp vỏ vật đúc bắt đầu chịu ứng suất kéo do tác động của áp lực kim loại lỏng trong trường lực ly tâm. Nếu ứng suất này vượt quá độ bền kim loại, nó sẽ xé rách bề mặt vật đúc theo hướng dọc trục. Hạn chế nứt dọc bằng cách lập chế độ quay thích hợp theo thời gian.

Rỗ khí

Khí hình thành trong quá trình đông đặc sẽ thoát ra mặt thoáng vật đúc rất thuận lợi. Tuy nhiên, khí hình thành ở bề mặt phân chia kim loại-khuôn thì rất khó thoát ra ngoài mà lại dễ dàng đi vào vật đúc gây rỗ khí.

Xốp co

Do vật đúc đông đặc có hướng nên xốp co và xốp khí thường tập trung ở bề mặt tự do của vật đúc. Hạn chế xốp co bằng cách tăng chiều dày vật đúc hoặc thay đổi chế độ nguội để dồn xốp co về phía bề mặt thoáng bên trong của vật đúc rồi gia công cơ.

Xếp lớp hoặc không liền

Trong quá trình rót, kim loại lỏng dễ dàng bị oxy hoá. Màng oxit nếu không thoát ra khỏi kim loại lỏng sẽ gây ra hai tác dụng. Một là, gây rỗ xỉ và làm bẩn kim loại, hậu quả là làm cho cơ tính của vật đúc giảm đi nhiều. Hai là, khi rót quá chậm, màng oxit sẽ ngăn cách hai lớp kim loại rót ở hai thời điểm kế tiếp nhau, gây hiện tượng không liền. Rót kim loại có nhiệt độ quá thấp hoặc rót quá chậm cũng gây hiện tượng xếp lớp hoặc không liền như trên.

Chương 4

ĐÚC LIÊN TỤC

4.1. ĐÚC LIÊN TỤC THẲNG ĐỨNG

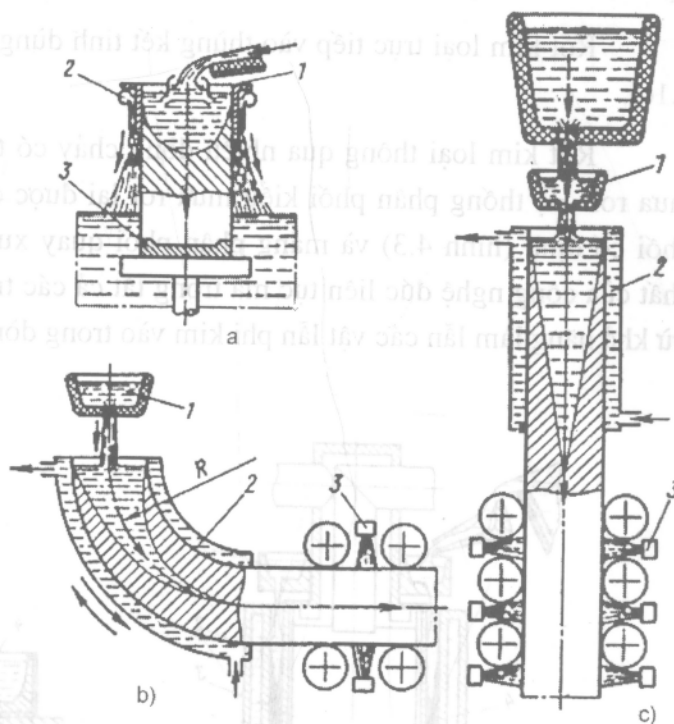
4.1.1. Nguyên lý và bản chất của quá trình

Đúc liên tục thẳng đứng là phương pháp chế tạo vật đúc rất dài bằng cách rót kim loại lỏng vào thùng kết tinh. Khi kim loại đang đông đặc nhưng đã có độ bền vừa đủ, dịch chuyển phần kim loại này ra khỏi thùng kết tinh theo phương thẳng đứng. Vật đúc có thiết diện ngang giống nhau hoàn toàn và có độ dài vô tận. Nếu quá trình có khoảng thời gian gián đoạn, máy phải dừng lại để thay thế cơ cấu làm việc thì công nghệ này còn được gọi là đúc bán liên tục. Thí dụ, đúc ống dẫn nước bằng gang là công nghệ đúc bán liên tục.

Phương pháp đúc liên tục thẳng đứng đã được Bessmer thai nghén ngay từ những năm 1858 nhưng mãi đến năm 1960 nó mới được sử dụng rộng rãi. Thời gian đầu, phương pháp này gặp những khó khăn về kỹ thuật không giải quyết được, đó là hiện tượng nứt, vì lớp vỏ đông đặc vẫn dính chặt vào khuôn và khi kéo thì vật đúc bị nứt, kim loại lỏng chảy tràn ra đáy của máy. Năm 1934, Junghans đã khắc phục được điều này bằng cách cho khuôn dao động lên xuống theo chiều thẳng đứng hay còn gọi là hành trình âm, nghĩa là, nửa hành trình đầu, khuôn dịch xuống phía dưới nhanh hơn so với lớp vỏ đông đặc, nửa hành trình sau của chu kỳ dao động sẽ làm cho vật đúc không dính vào khuôn nữa.

Tất cả các quá trình đúc liên tục đều có năng suất lao động rất cao, chất lượng sản phẩm ổn định, hiệu quả kinh tế cao do không cần sử dụng hệ thống rót, ngót, hơi... Những chi tiết điển hình thường dùng công nghệ đúc liên tục hoặc bán liên tục là: thỏi thép cán, thỏi nhôm để kéo dây hoặc để ép đùn, ống dẫn nước...

Hình 4.1 mô tả một số công nghệ đúc liên tục. Phương pháp đúc (hình 4.1a) còn có tên là phương pháp đúc Alcoa và chủ yếu dùng để đúc nhôm. Ban đầu, tấm đáy 3 được nâng lên sát với thùng kết tinh 1. Rót nhôm lỏng vào thùng kết tinh có làm nguội bằng nước qua hệ thống vòng xuyên 2. Khi kim loại đã kết tinh được một chiều dày đủ lớn, tấm đáy 3 cùng vật đúc được kéo xuống phía dưới và đi thẳng vào bể chứa nước làm nguội với một tốc độ xác định. Tốc độ của thỏi đúc phải tương ứng với tốc độ rót kim loại lỏng vào thùng kết tinh.



Hình 4.1. Nguyên lý đúc liên tục

Hình 4.1c mô tả hệ thống kéo đúc liên tục hiện nay đang dùng để đúc nhôm hoặc thép dạng thỏi đặc. Nguyên lý hoạt động của thiết bị là, kim loại lỏng từ thùng rót được chuyển qua hệ thống phân phối 1 và đi vào thùng kết tinh 2. Thùng kết tinh 2 có độ dài khá lớn và dao động lên xuống theo một chu kỳ xác định. Vật đúc được kéo xuống phía dưới đến một chiều dài yêu cầu và được cắt thành từng thỏi. Hệ thống phun nước làm nguội thứ cấp 3 có tác dụng làm nguội hoàn toàn thỏi đúc vì khi đi ra khỏi thùng kết tinh, vật đúc chưa đặc hoàn toàn mà phần tâm vật đúc vẫn ở trạng thái lỏng.

Từ nguyên lý mô tả trên đây, có thể đặt thêm ruột đúc trong thùng kết tinh để đúc những chi tiết rỗng, thí dụ ống dẫn nước hoặc chi tiết hình dạng tương tự. Ruột đúc trong trường hợp này có thể là ruột cố định trong thùng kết tinh (hình 4.2), hoặc ruột cắt di động theo cùng vật đúc (hình 4.3).

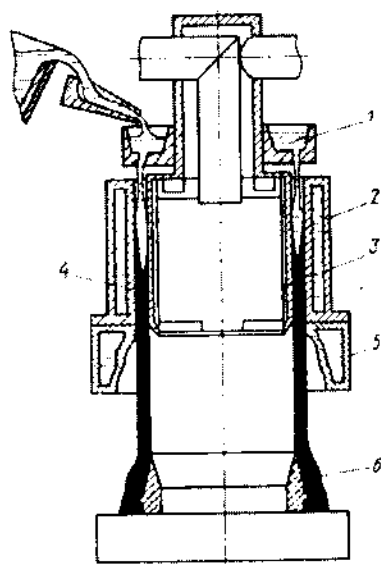
4.1.2. Công nghệ đúc liên tục

Hệ thống rót

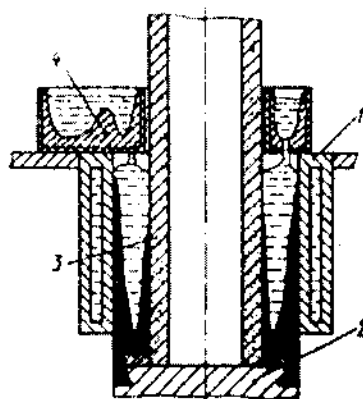
Việc phân phối kim loại lỏng vào thùng kết tinh có ảnh hưởng rất lớn đến quá trình kết tinh và qua đó là đến chất lượng của vật đúc. Tùy thuộc vào mỗi dạng vật đúc cụ thể, có thể chọn các kiểu hệ thống rót và hệ thống phân phối kim loại khác nhau.

Rót kim loại trực tiếp vào thùng kết tinh dùng để chế tạo vật đúc dạng đặc (hình 4.1c).

Rót kim loại thông qua nhiều dòng chảy có thiết diện nhỏ được gọi là rót kiểu mưa rơi. Hệ thống phân phối kiểu mưa rơi lại được chia ra thành hai kiểu. Máng phân phối cố định (hình 4.3) và máng phân phối quay xung quanh trục (hình 4.2). Do tính chất của công nghệ đúc liên tục mà trong tất cả các trường hợp nên dùng cốc rót để loại trừ khả năng làm lẫn các vật lẫn phi kim vào trong dòng chảy kim loại.



Hình 4.2. Đúc liên tục ống nước có ruột cố định, máng rót xoay



Hình 4.3. Đúc liên tục ống nước dùng ruột di động, máng rót cố định

Trong công nghệ đúc bán liên tục ống gang, tốc độ nguội và tốc độ đông đặc của vật đúc không đồng đều theo chiều dày vật đúc. Ở vùng bên ngoài vật đúc có tốc độ nguội lớn hơn 1 mm/s, tổ chức thường có lẫn xementit. Lớp tiếp theo có tốc độ đông đặc khoảng 0,5 - 0,7 mm/s, tổ chức kim loại thường là ferit-peclit có graphit nhánh cây tấm mịn. Vùng trong cùng của vật đúc có tổ chức nền là peclit-ferit và graphit tấm. Việc hình thành xementit ở lớp vỏ ngoài vật đúc làm cho việc cắt đầu ống rất khó khăn và đôi

khi cần phải ủ để khử lớp biến trắng này. Tuy nhiên, khi kéo vật đúc ra khỏi thùng kết tinh quá sớm, đồng nghĩa với việc làm nguội rất nhanh bề mặt ngoài của vật đúc, điều đó lại tạo điều kiện và làm kéo dài quá trình tự ủ của ống gang. Do quá trình tự ủ, trong tổ chức ống gang có thể xuất hiện graphit ủ thô to làm giảm cơ tính của vật đúc.

Khi đúc thép và hợp kim màu, do vật liệu đúc rất dễ bị oxy hoá và lẫn xỉ, cho nên hệ thống rót của máy đúc liên tục thổi thép có nhiều điểm đặc biệt. Những điểm đặc biệt này sẽ được mô tả kỹ ở mục 4.1.5.

Chế độ kéo phôi và các thông số công nghệ

Có 2 chế độ kéo phôi: kéo theo chu kỳ và kéo liên tục. Công nghệ kéo theo chu kỳ tức là kéo rồi dừng rồi lại kéo... Trong trường hợp này, giá trị tối thiểu của khoảng thời gian dừng phải đạt giá trị 0,2 - 0,7 giây, phụ thuộc vào thiết diện ngang, chiều dày thành phôi, bước kéo Δl và cường độ làm nguội vật đúc. Giá trị tối ưu của bước kéo là 5-20 mm, tần số chu kỳ kéo 1 - 2 Hz. Thí dụ, phôi có đường kính 80 - 120 mm, chiều dày thành dưới 25mm thì có thể sử dụng thùng kết tinh có chiều cao 200 mm và tốc độ kéo dao động từ 0,6 đến 1,0 m/ph, phụ thuộc vào nhiệt độ kim loại lỏng với nguyên tắc, kích thước càng lớn, tốc độ kéo càng chậm. Khi sử dụng thùng kết tinh có lớp lót làm nguội bằng đồng thì tốc độ kéo có thể tăng thêm 5 - 10% do đồng dẫn nhiệt tốt hơn gang và thép.

Đối với những phôi thiết diện dạng hộp có chiều dày thành 20 - 30 mm, kích thước thiết diện đường bao 150 - 250 mm thì tốc độ kéo tối ưu là 0,3 - 0,4 m/ph khi nhiệt độ rót 1280 - 1320°C. Khi thiết diện ngang có nút nhiệt, cường độ làm nguội tại nút nhiệt thấp hơn các vị trí khác nên tốc độ kéo cần phải giảm đi một chút.

Khi nâng cao tốc độ kéo thổi thì chiều dày đông đặc vật đúc và khe hở khí giữa vật đúc-thùng kết tinh sẽ giảm đi. Điều này làm giảm trở nhiệt của hệ thống và nhiệt độ của thùng kết tinh tăng lên. Nếu tăng tần số dao động của thùng kết tinh để làm tăng tốc độ kéo thổi thì biên độ dao động của nhiệt độ bề mặt thùng kết tinh sẽ giảm đi, có nghĩa là nhiệt độ của bề mặt thùng kết tinh tương đối ổn định hơn.

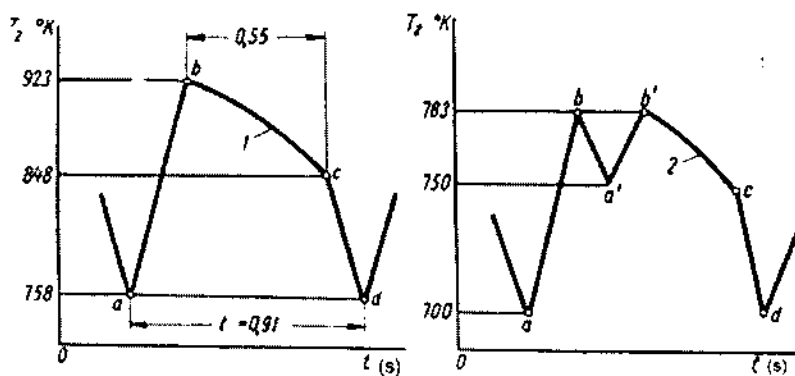
Thùng kết tinh

Về bản chất, thùng kết tinh cũng làm việc giống như khuôn kim loại được làm nguội bằng nước nhưng lại có những đặc tính khác hẳn với những loại khuôn khác. Trước hết, thùng kết tinh có cấu trúc rất đơn giản. Dạng bề mặt trong của thùng kết tinh chính là hình dáng bên ngoài của thổi đúc. Bề mặt đó có thể là hình tròn, hình vuông, chữ nhật hoặc hình đa giác. Thứ hai, giữa thùng kết tinh và vật đúc có sự chuyển động

tương đối lẫn nhau. Chuyển động này có thể là liên tục hoặc có chu kỳ và có giai đoạn dừng chuyển động. Nếu vật đúc hoặc thùng kết tinh chuyển động với tốc độ không đổi thì trường nhiệt độ của hệ thống là trường dừng. Nếu chuyển động đó là chuyển động gián đoạn, trường nhiệt độ cũng thay đổi có chu kỳ và có ảnh hưởng rất mạnh đến quá trình. Đặc tính thứ ba là thùng kết tinh có kích thước và hình dáng thay đổi theo chiều cao. Đặc tính này tạo điều kiện thúc đẩy quá trình trao đổi nhiệt giữa vật đúc và thùng kết tinh trong quá trình đông đặc.

Nhiệt độ bề mặt làm việc của thùng kết tinh dao động rất mạnh và thường có kèm theo ứng suất nhiệt, làm cong vênh thành khuôn và có thể gây nứt thùng kết tinh. Bởi vậy, cần có những giải pháp để ngăn ngừa hiện tượng đó như, sử dụng dầu bôi trơn, dùng vật liệu có tính dẫn nhiệt tốt, giảm nhiệt độ rót kim loại, sử dụng lớp vỏ bọc tự do không có gân, mép...

Vai trò của trở nhiệt khe hở khí trong thùng kết tinh có thể tham khảo trên hình 4.4. Hình 4.4 mô tả sự thay đổi nhiệt độ bề mặt thùng kết tinh theo thời gian. Điểm a trên hình 4.4 tương ứng với thời điểm kim loại lỏng còn tiếp xúc với thùng kết tinh. Khi kim loại còn tiếp xúc với thùng kết tinh, nhiệt độ vẫn tiếp tục tăng theo đoạn ab. Chiều dày vật đúc tăng lên nhưng vẫn chưa kéo vật đúc ra khỏi thùng kết tinh thì nhiệt độ lại giảm xuống theo đường bc vì nhiệt trở của vật đúc vẫn cứ tăng mà khe hở khí vẫn chưa hình thành. Điểm c tương ứng với thời điểm bắt đầu kéo vật đúc. Lúc này khe hở khí bắt đầu xuất hiện làm cho nhiệt độ bề mặt thùng kết tinh giảm rất nhanh theo đoạn cd.



Hình 4.4. Nhiệt độ bề mặt tiếp xúc của thùng kết tinh

Nếu lớp vỏ rắn được tạo thành lại bị nóng chảy trở lại do chính lượng nhiệt quá nhiệt thì nhiệt độ bề mặt thùng kết tinh có dáng điệu như đường cong 2 trên hình 4.4.

Trên hình này, đoạn nhiệt độ tăng a'b' tương ứng với việc giảm nhiệt trở của lớp vỏ bị nóng chảy trở lại do chính lượng nhiệt quá nhiệt.

Làm nguội thùng kết tinh

Ứng suất nhiệt, sự cong vênh thùng kết tinh không chỉ phụ thuộc vào kết cấu của thùng kết tinh mà còn phụ thuộc vào phương thức làm nguội nó. Về nguyên tắc, tất cả các thùng kết tinh trong đúc liên tục và đúc bán liên tục đều được làm nguội bằng nước tuần hoàn. Để tăng cường quá trình trao đổi nhiệt giữa nước làm nguội và thùng kết tinh, bề mặt ngoài của thùng kết tinh (bề mặt tiếp xúc với nước làm nguội) thường được chế tạo có thêm cánh tản nhiệt. Tốc độ chuyển động của nước làm nguội trong thùng kết tinh không được nhỏ hơn 0,75 - 1 m/s. Nếu tốc độ chậm hơn giá trị đó, nước sẽ sôi và cường độ trao đổi nhiệt sẽ giảm đi khoảng 20 lần.

Trong trường hợp đúc liên tục thẳng đứng, nếu thùng kết tinh có chiều cao lớn, việc làm nguội toàn bộ mặt ngoài dạng tròn tròn của thùng kết tinh đôi khi lại gây hiệu quả xấu. Để đảm bảo tốc độ cần thiết của nước làm nguội, chiều dày thùng kết tinh thường phải nhỏ, khi đó quá trình làm nguội sẽ không đồng đều và thùng kết tinh sẽ cong vênh trong quá trình làm việc. Bởi vậy, chiều cao của thùng kết tinh cần được tính toán cho hợp lý để đảm bảo tốc độ nguội cho vật đúc nhưng lại vẫn đảm bảo được tuổi bền của thùng kết tinh.

Quy luật chuyển động của thỏi đúc

Trong quá trình đúc, nếu có khoảng dừng trong chuyển động tương đối giữa vật đúc và thùng kết tinh thì có thể nâng cao tốc độ kéo và chất lượng của thỏi đúc. Quá trình kéo dừng như vậy có thể thực hiện bằng nhiều phương pháp khác nhau. Thông thường, vật đúc được kéo với tốc độ không đổi còn thùng kết tinh lại dao động với một tần số nhất định sao cho ở nửa chu kỳ đầu, thùng kết tinh chuyển động cùng với vật đúc, nửa chu kỳ còn lại nó chuyển động ngược về vị trí ban đầu.

Phương án thứ hai là thùng kết tinh cố định còn vật đúc được kéo ra khỏi thùng kết tinh theo từng chu kỳ.

Dù phương án nào thì bản chất của quá trình vẫn giống nhau cho dù thùng kết tinh có chuyển động hay không. Quá trình chỉ chịu ảnh hưởng của đặc tính chuyển động tương đối giữa thùng kết tinh và vật đúc hay nói chính xác hơn là phụ thuộc vào vị trí tương đối của lớp vỏ rắn và pha lỏng. Nếu vị trí tương đối của lớp vỏ rắn và pha lỏng thay đổi liên tục, quá trình sẽ không ổn định, do đó không thể kéo với tốc độ cao. Các thí nghiệm đã chứng minh, nếu kéo dài thời gian dừng, tính ổn định của quá trình, chất lượng vật đúc và tốc độ kéo sẽ tăng lên.

4.1.3. Đúc bán liên tục thẳng đứng ống gang dẫn nước

Bản chất của quá trình

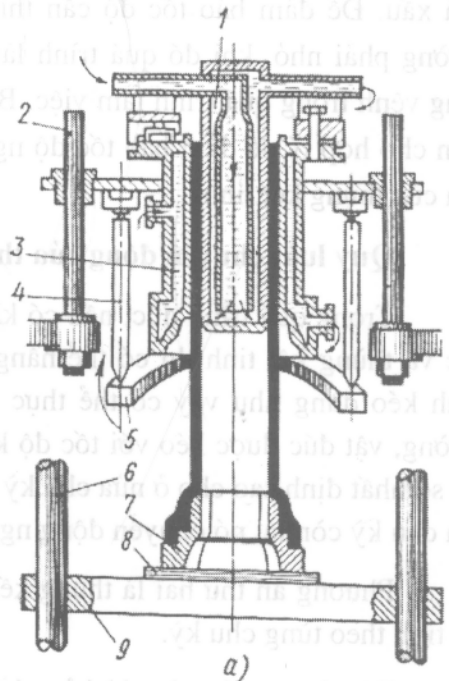
Bắt đầu một chu kỳ đúc (hình 4.5), giá đỡ 9 có ruột 7 đặt áp sát vào bàn máy 5. Kim loại lỏng từ hệ thống rót chảy vào khe hở giữa thùng kết tinh 3 và ống trụ 1 (cũng có thể gọi là ruột đúc). Thùng kết tinh và ruột đều có nước làm nguội tuần hoàn. Sau một khoảng thời gian để hình thành một lớp vỏ đông đặc đủ bền, bàn máy 2 cùng thùng kết tinh bắt đầu rung (dao động lên xuống với tần số lớn), đồng thời giá đỡ 9 kéo theo vật đúc đi xuống.

Phương pháp đúc bán liên tục thẳng đứng cho phép đúc được những vật đúc có chiều dài và đường kính không hạn chế, không có độ nghiêng chiều dày thành và đường kính trong của vật đúc, độ bền rất đồng đều, độ cứng cả ở bên trong lẫn bên ngoài vật đúc cũng rất đều nhau, không bị biến trắng. Phương pháp này có năng suất lao động cao, thiết bị đơn giản, dễ cơ khí và tự động hoá. Các thiết bị công nghệ như thùng kết tinh, hệ thống rót không cần làm từ những vật liệu quý và đắt tiền. Nhược điểm của phương pháp là khó đúc những ống quá mỏng ($< 10 \text{ mm}$).

Công nghệ đúc

Gang đúc thường phải có độ chảy loãng cao, độ bền kéo khá và không có khuynh hướng biến trắng. Dùng gang đúc có thành phần: 3,3 - 3,8% C; 1,8 - 2,3% Si; 0,5 - 1,0% Mn; $< 0,3\%$ P và $< 0,1\%$ S. Thành phần trên được lựa chọn như thế nào còn phụ thuộc vào đường kính của ống gang. Nguyên tắc chọn chính xác là: đường kính ống càng lớn, thành phần C và Si càng thấp, Mn lấy giá trị cận trên.

Nhiệt độ rót phụ thuộc vào chiều dày δ của ống: $\delta = 8 - 10 \text{ mm}$, nhiệt độ rót khoảng $1280 - 1300^\circ\text{C}$; $\delta = 12 - 15 \text{ mm}$, nhiệt độ rót khoảng $1250 - 1280^\circ\text{C}$; δ trên 16 mm , nhiệt độ rót khoảng



Hình 4.5. Nguyên lý đúc ống gang bán liên tục thẳng đứng

1. Ruột thùng kết tinh; 2. Dẫn hướng thùng kết tinh;
3. Thùng kết tinh; 4. Dẫn hướng bộ thùng; 5. Bộ gắn trên sàn; 6. Dẫn hướng bộ máy; 7. Ruột tạo bát
- dầu ống; 8. Tấm đỡ; 9. Bộ máy

1240 - 1270°C. Trong khi rót rất cần biến tính chống trắng cho vật đúc.

Khi vật đúc đông đặc, trong thùng kết tinh có thể có ba vùng có chế độ nhiệt khác nhau: vùng có tiếp xúc hoàn toàn giữa khuôn và vật đúc, vùng có tiếp xúc điểm theo chu kỳ và vùng có khe hở khí giữa khuôn và vật đúc. Quá trình dẫn nhiệt tại các vùng này phụ thuộc vào tốc độ và lượng nước làm nguội tiêu thụ. Thùng kết tinh làm việc ổn định và bền vững khi nhiệt độ nước làm nguội khoảng 20 - 30°C và chảy dọc theo thùng kết tinh với tốc độ 4 - 5 m/s.

Chế độ kéo vật đúc.

Để khử hiện tượng treo lớp vỏ đông đặc, bàn máy 5 (hình 4.5), có thùng kết tinh được gắn một cơ cấu rung hoặc dao động lên xuống dọc trục của vật đúc. Biên độ dao động khoảng 5 - 50 mm, tần số dao động từ vài chục đến hàng trăm lần/phút.

Chế độ chuyển động của thùng kết tinh có thể là 1 kỳ, 2 kỳ và 3 kỳ (khái niệm này giống như khái niệm về kỳ trong động cơ đốt trong). Thông thường hiện nay đang sử dụng chế độ chuyển động 2 kỳ: kỳ đi xuống với tốc độ bằng tốc độ kéo ống, kỳ đi lên có tốc độ lớn gấp 2 đến 3 lần so với tốc độ đi xuống. Số chu kỳ chuyển động N (tần số) tính theo công thức:

$$N = \frac{1}{A} \left(\frac{1}{v_n} + \frac{1}{v_x} \right)^{-1}$$

trong đó: A - biên độ dao động, v_n ; v_x - tốc độ đi lên và tốc độ đi xuống của thùng kết tinh.

Tại thời điểm bắt đầu kéo, lớp vỏ đông đặc rất dễ bị kéo đứt. Giá trị lực kéo đứt và lực kéo vật đúc ra khỏi khuôn có thể tham khảo ở bảng 4.1.

Bảng 4.1. Giới hạn lực kéo đứt và lực kéo thôi

Đường kính ống, mm	Lực kéo đứt, N	Lực kéo thôi, N
150	75 - 530	10 - 360
300	190 - 700	67 - 249
500	717 - 1633	267 - 933
700	1900 - 2850	600 - 1170
900	2403 - 1679	493 - 2500

Việc cung cấp kim loại lỏng vào thùng kết tinh phải đảm bảo nhanh và phân bố đều theo chu vi và không được chảy tiếp xúc với thành khuôn. Hệ thống rót xoay theo

kiểu mưa rơi sẽ làm thoả mãn những yêu cầu trên. Cốc rót tự xoay được gá trực tiếp phía trên thùng kết tinh. Rãnh dẫn có thiết diện tròn hoặc ô van thu hẹp dần về phía dưới để đảm bảo cho dòng chảy tập trung, không bắn toé. Để tránh hiện tượng cháy dính kim loại, trên hệ thống rót thường phải có lớp sơn graphit.

Bảng 4.2. Các thông số cơ bản của đúc liên tục ống gang

Thông số của ống				Tốc độ nước làm nguội, m/ph		Nhiệt độ rót, °C	Thời gian rót, giây	Tốc độ kéo thời, m/ph	Chiều dày lớp vỏ rắn, mm	Tổng thời gian, ph	Năng suất, ống/h
Đường kính	Chiều dày	Chiều dài, m	Khối lượng 1 mét, kg	Ngoài	Trong						
mm											
100	8,3	4 - 5	20,8	100	250	1280	18 - 22	1,2 - 1,8	4,5	2,67	10
150	9,2		33,7	110	170	1300	20 - 25			3,37	9
200	10,1		49,9	115	160	1260	22 - 28	1,2 - 1,6	5,3	4,0	9
300	11,9		85,2	120	130	1280	28 - 35				
400	13,8		130,5	130	115	1250	35 - 40	1,2 - 1,5	5,9	3,5	8
500	15,6	5 - 10	183,5	125	150	1270	37 - 47	1,1 - 1,4	6,1	4,6	7
600	17,4		244,8			45 - 55	1,1 - 1,2	6,9	8,0	5	
700	19,8	5	316,0	110		1240	47 - 58	1,1 - 1,2	6,9	8,0	5
					1260						

4.1.4. Đúc liên tục kim loại và hợp kim màu nặng

Kim loại và hợp kim màu nặng có tính chất vật lý thay đổi trong một khoảng khá rộng, nhất là tính dẫn nhiệt, khoảng nhiệt độ kết tinh, đặc tính kết tinh và ái lực với các loại khí, đặc biệt là khí oxy, hydro và các khí khác. Bởi vậy công nghệ nấu luyện, thông số đúc và thiết bị cũng có sự khác biệt so với đúc gang.

Việc rót kim loại lỏng vào thùng kết tinh với mục đích chống sự oxy hoá và hoà tan khí thường phải tiến hành theo kiểu dòng kín ở dưới mức kim loại lỏng trong thùng kết tinh. Thí dụ, khi đúc đồng thanh hoặc đồng thau, ống phân phối kim loại bằng graphit hoặc bằng gốm sẽ được nhấn sâu trực tiếp vào kim loại lỏng.

Chất lượng vật đúc, năng suất lao động phụ thuộc rất nhiều vào cường độ trao đổi nhiệt trong thùng kết tinh được đặc trưng bằng hệ số trao đổi nhiệt trung bình K . Hệ số trao đổi nhiệt K có thể tính theo công thức sau đây:

$$K = \frac{1}{R + \frac{2A}{3R} \sqrt{t}}$$

trong đó: R - tổng nhiệt trở của thùng kết tinh;

$$R = \sqrt{\frac{\beta \cdot d}{\lambda}} \cdot p \cdot \sqrt[4]{t};$$

trong đó: β - hệ số thực nghiệm; d - đường kính thỏi đúc; λ - hệ số dẫn nhiệt của khe hở khí; $p = (\alpha \cdot \Delta T_0 / b)^{1/2}$; α - hệ số dẫn nở dài, ΔT_0 - quá nhiệt so với nhiệt độ kết tinh và b - hệ số tích nhiệt; t - thời gian thỏi đúc nằm trong thùng kết tinh.

Chiều dày lớp vỏ đông đặc trong thùng kết tinh khi nhiệt độ kết tinh là không đổi, tính theo công thức:

$$\xi = k \cdot t^{0.75}$$

$$\xi = k^0 \sqrt{\frac{2}{3} K \frac{a \cdot N_{kt}}{b} \frac{N' \left[1 + \frac{N''}{1 + N'} \right]}{\left[1 + N(1 + \sqrt{1 + N}) \right]^2}}$$

$$N = \frac{c \cdot \Delta T}{L}; N' = \sqrt{1 + \frac{2}{3} N}$$

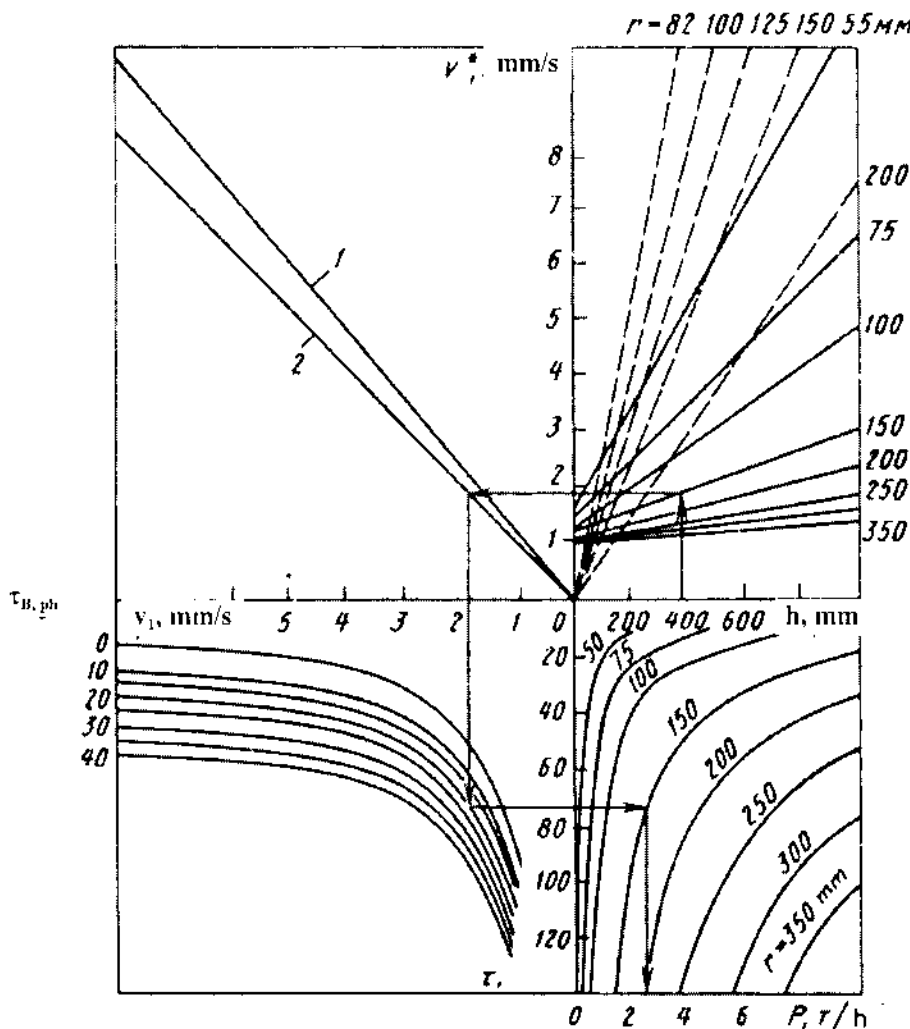
$$N'' = \sqrt{\frac{2}{3} N}$$

$$N_{kt} = \frac{c \cdot \Delta T_0}{L}$$

$$\Delta T = \Delta T_0 \cdot n_t \cdot \frac{K}{b} \cdot \sqrt{t}$$

trong đó: a - hệ số dẫn nhiệt độ; c - nhiệt dung riêng; b - hệ số tích nhiệt; L - ẩn nhiệt nóng chảy; n_t - hệ số thực nghiệm.

Lượng nước sử dụng để làm nguội và tốc độ kéo thỏi thông thường được xác định bằng thực nghiệm và phụ thuộc vào thiết diện thỏi đúc, tính chất hợp kim đúc. Đường kính thỏi đúc càng tăng thì tốc độ kéo càng giảm và ngược lại. Vật liệu có tính thấm nhiệt và độ dẫn nhiệt càng nhỏ thì tốc độ kéo càng lớn. Hình 4.6 là giản đồ thực nghiệm xác định các thông số đúc đồng thanh và đồng mangan. Đường nét liền dùng cho đồng thanh mangan, đường nét đứt dùng cho đồng thau.



Hình 4.6. Giản đồ tra cứu thông số đúc liên tục đồng thanh

τ_{B} – Chu kỳ rót bổ sung hợp kim lỏng; τ – Chu kỳ rót đầy thùng; r – Bán kính thổi đúc; 1 và 2 – Giới hạn dưới và trên của khoảng thay đổi tốc độ kéo.

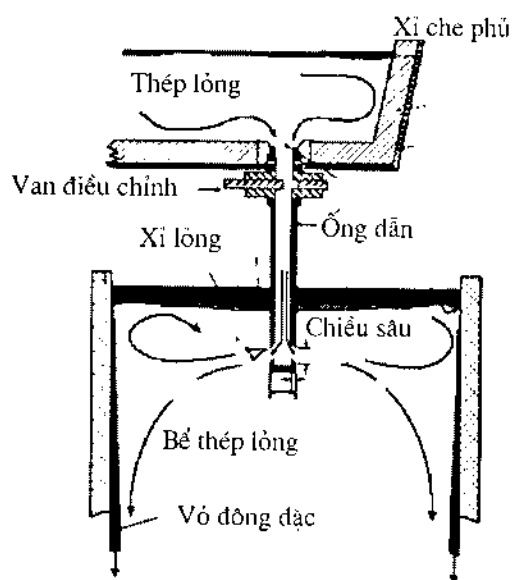
Cách sử dụng giản đồ như sau:

Trước hết, xuất phát từ chiều cao thùng kết tinh h , bán kính thổi đúc r và giới hạn trên hoặc dưới của tốc độ kéo sẽ xác định được thời gian kéo và tốc độ kéo tương ứng theo hướng đi của các đường giống có mũi tên chỉ. Thí dụ, từ chiều cao thùng kết tinh $h = 400$ mm, bán kính thổi đúc 150 mm, lấy giới hạn dưới của tốc độ kéo, xác định được tốc độ kéo khoảng 2 mm/s, giống thẳng đứng xuống đường cong thời gian rót bổ sung sau 20 phút, giống tiếp sang ngang gặp đường cong bán kính $r = 150$ mm cắt trục

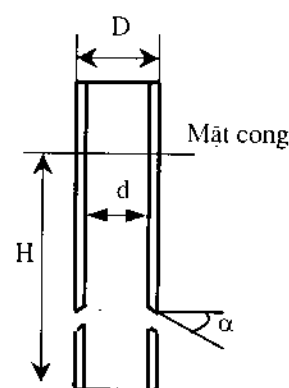
tung tại giá trị $\tau = 75$ phút. Ta đã có chế độ kéo thổi đồng.

4.1.5. Đúc liên tục thổi thép

Về nguyên tắc, đúc liên tục thổi thép đã được mô tả như trên hình 4.1 và cụ thể hoá bộ phận thùng kết tinh như trên hình 4.7a và 4.7b. Trong quá trình kéo đúc, thép lỏng được rót từ gầu rót qua một gầu chứa rồi chảy vào khuôn là thùng kết tinh (hình 4.7a). Gầu chứa phải giữ đủ một lượng kim loại để tạo ra một dòng kim loại liên tục chảy vào khuôn ngay cả khi tiến hành đổi gầu rót. Gầu chứa ngoài nhiệm vụ tích trữ đủ lượng kim loại lỏng, nó còn hoạt động như là một thùng tinh luyện để cho các hạt xỉ rắn nổi lên và đi vào lớp xỉ. Nếu các hạt xỉ rắn vẫn còn ở trong sản phẩm, chúng sẽ tạo ra khuyết tật gọi là vết dạng sợi khi gia công cán tiếp theo hoặc, tạo ra sự tập trung ứng suất cục bộ làm giảm tuổi thọ của chi tiết. Để sản phẩm có chất lượng cao, thép lỏng phải được bảo vệ không cho tiếp xúc với không khí nhờ có lớp xỉ che phủ trên bề mặt thép lỏng và dùng ống dẫn bằng gốm (hình 4.7b), từ gầu chứa sang thùng kết tinh.



Hình 4.7a. Mô hình thùng chứa và thùng kết tinh đúc thép liên tục



Hình 4.7b. Cấu tạo ống dẫn (còn gọi là đầu phun) khi đúc liên tục

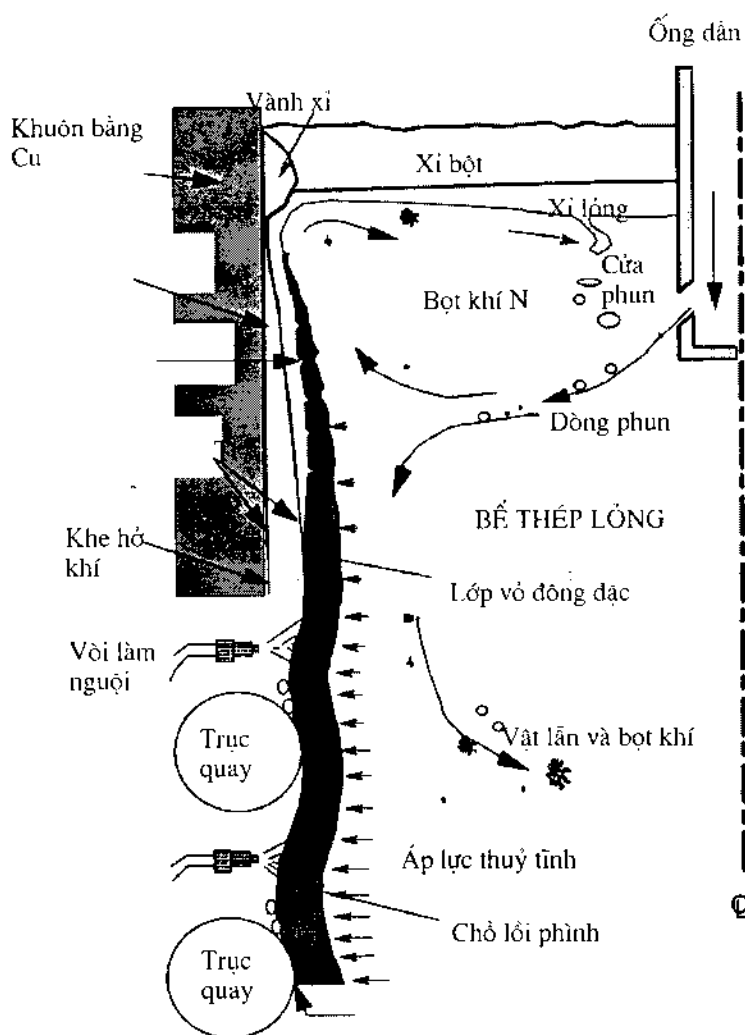
D - Đường kính ngoài; d - Đường kính trong;
 α - Góc nghiêng tạo dòng phun; H - Chiều sâu nhúng vào thùng kết tinh.

Điều quan trọng quyết định đến chất lượng của thổi đúc chính là chất che phủ bề mặt; chiều sâu nhúng H của ống dẫn dưới mặt thoáng thùng kết tinh và góc nghiêng α giữa bề mặt nằm ngang và hướng vào của rãnh dẫn trên ống dẫn kim loại. Hình dáng và vị trí của đầu phun trên ống dẫn rất đơn giản và dễ thay thế. Những thông số nói trên có

ảnh hưởng nhất định đến chất lượng của thép thông qua ảnh hưởng của nó đến mô hình dòng chảy ở trong khuôn. Kim loại lỏng thoát ra khỏi ống dẫn sẽ tạo thành một dòng chuyển động, quỹ đạo cong. Tốc độ kim loại lỏng trong vòi được tính toán bằng cách giải phương trình Navier Stokes về cân bằng chất và cân bằng lượng. Dòng chảy qua vòi phun do trọng lực của chất lỏng và được điều khiển bởi sự chênh lệch áp suất giữa mức kim loại trong gầu chứa và bề mặt tự do kim loại trong thùng kết tinh. Nói chung, điều này không mô hình hoá được vì tốc độ chảy vào vòi phun có thể áp đặt được dựa trên cơ sở của tốc độ kéo thích hợp.

Trong thực tế, tốc độ dòng có thể khống chế rất chặt chẽ bằng nhiều phương pháp để có thể duy trì mức kim loại lỏng trong thùng kết tinh là không đổi. Có phương pháp dùng thanh dừng có nút, chạy xuyên suốt gầu chứa để nút kín một phần lỗ thoát ở đáy gầu, có phương pháp dùng cửa trượt ở cổ ống dẫn để thay đổi lưu lượng dòng chảy qua ống dẫn (hình 4.7a). Tốc độ dòng chất lỏng được khống chế chặt chẽ nhờ việc mở ít hay nhiều thiết diện vòi phun và phụ thuộc vào tín hiệu phản hồi từ cảm biến về mức kim loại trong thùng kết tinh.

Một thông số cũng rất quan trọng khác nữa là, bề mặt cong (meniscus) của kim loại lỏng trong thùng kết tinh. Bề mặt này được hình thành chủ yếu do sức căng bề mặt của lớp xỉ và kim loại lỏng.



Hình 4.8. Sơ đồ các hiện tượng xảy ra trong thùng kết tinh

Trong đúc kéo liên tục, bề mặt này phải có chiều cong lên, nghĩa là, kim loại lỏng và thành khuôn không thấm ướt lẫn nhau. Vùng nguội gần mặt cong là một vấn đề rất quan trọng vì nó có thể dẫn đến làm cho mặt cong bị đông đặc và tạo thành một vành xỉ dày xung quanh thùng kết tinh. Điều này cũng có thể làm ảnh hưởng đến chất lượng của thỏi đúc ở khía cạnh hình thành các vết khía sâu, mầm mống cho việc hình thành vết nứt ngang trên thỏi đúc sau này. Vùng nguội đó cũng có thể phá vỡ quá trình hút thấm dòng chất trợ dung lỏng vào khe hở khí mà việc hút trợ dung lỏng vào khe hở khí sẽ làm giảm hiện tượng nứt dọc và các loại khuyết tật khác trên vật đúc. Vùng nguội nằm gần ống dẫn kim loại cũng đáng lo ngại vì bề mặt thép lỏng có thể đông đặc để tạo thành cầu nối giữa ống dẫn và lớp vỏ đông đặc tì vào thành khuôn, nguyên nhân chính gây ra hiện tượng nứt. Để tránh cho mặt cong không bị đông đặc, dòng kim loại cần chạm vào bề mặt càng nhanh càng tốt. Điều này phụ thuộc vào góc nghiêng của rãnh dẫn trên ống dẫn kim loại. Đây chính là lý do giải thích tại sao dòng kim loại phun ra từ ống dẫn không được nhúng quá sâu.

Xi che phủ

Khi xem xét bề mặt cong của kim loại lỏng trong khuôn kéo liên tục thẳng đứng, Bikerman đã tìm được phương trình mô tả như sau:

$$x - x_0 = -\sqrt{2a^2 - y^2} + \frac{a}{\sqrt{2}} \ln \frac{a\sqrt{2} + \sqrt{2a^2 - y^2}}{y}$$

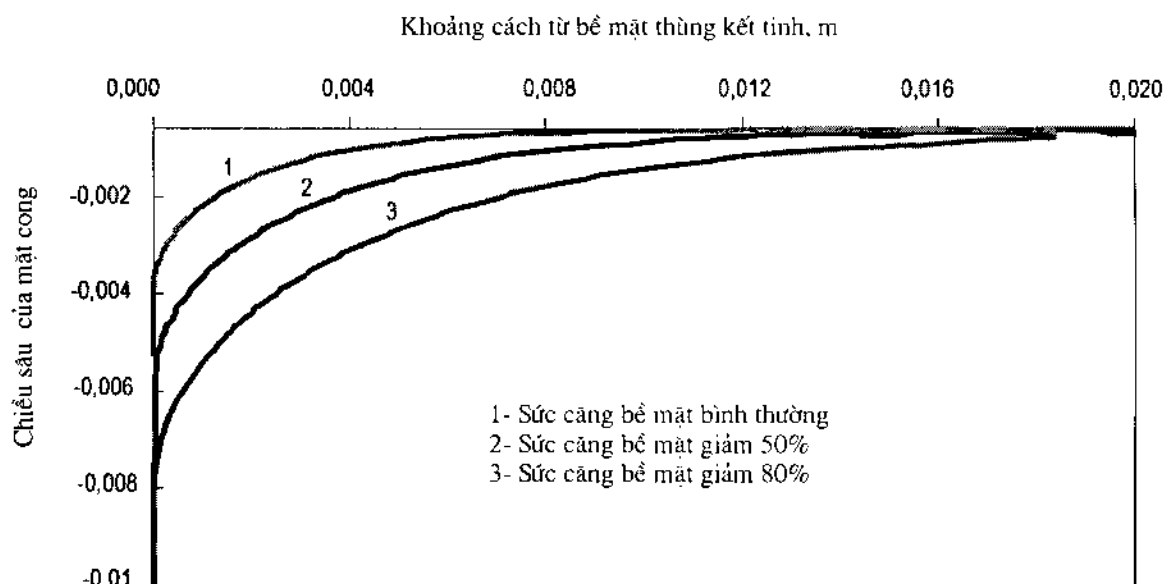
trong đó: $a^2 = \frac{2\sigma_i}{g\rho}$ và gọi là hằng số mao dẫn; x_0 - toạ độ mép gờ; x, y - toạ độ điểm xét; σ_i - sức căng bề mặt kim loại lỏng; ρ - khối lượng riêng kim loại lỏng.

Từ quan hệ (x, y) , thấy rõ là, hình dáng mặt cong là mặt bậc 2 và phụ thuộc rất mạnh vào sức căng bề mặt σ_i và khối lượng riêng của kim loại lỏng. Bằng thực nghiệm và tính toán người ta đã tính toán được ảnh hưởng của sức căng bề mặt kim loại lỏng đến dáng điệu mặt cong như minh hoạ trên hình 4.9.

Việc thay đổi sức căng bề mặt nói trên có thể tiến hành thông qua việc bổ sung lớp xỉ lỏng trên bề mặt thoáng của kim loại.

Khi cho xỉ dưới dạng bột lên bề mặt kim loại lỏng trong thùng kết tinh, cacbon trong xỉ bột sẽ tác dụng với oxy trong không khí để tạo thành khí CO có tác dụng bảo vệ kim loại lỏng không bị oxy hoá. Sau đó các oxit trong thành phần của xỉ sẽ thâm nhập vào khe hở, hình thành một lớp xỉ mỏng rồi sau đó lại chảy loãng ra để hình thành một vùng xỉ lỏng. Xỉ từ vùng này sẽ thấm hút vào khe hẹp giữa khuôn và vật đúc và bôi trơn

lớp vỏ kim loại mới hình thành.

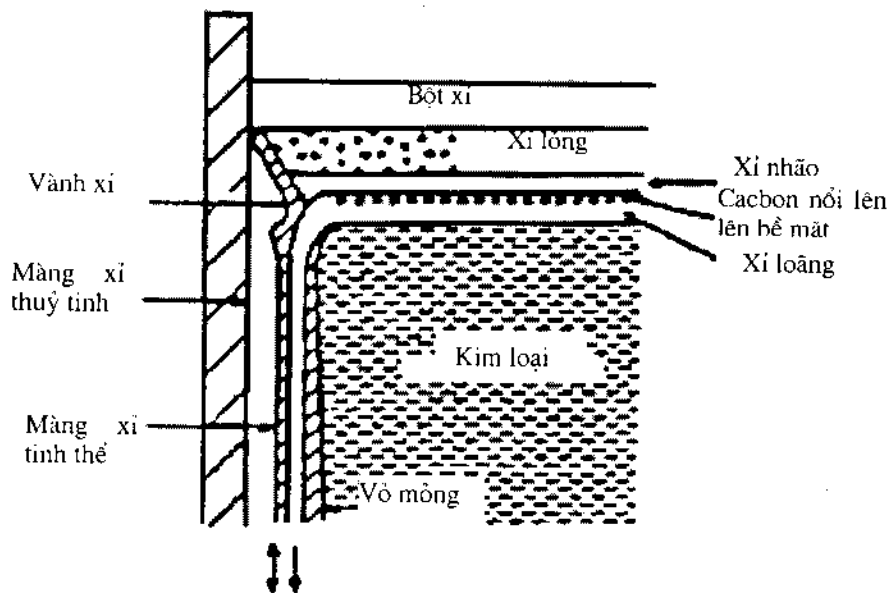


Hình 4.9. Hình dáng bề mặt cong khi sức căng bề mặt thay đổi

Tuy nhiên, phần lớn lớp xỉ ban đầu mới hình thành sẽ đông đặc lại do tác dụng của khuôn bằng đồng có nước làm nguội và hình thành một màng xỉ thủy tinh dạng rắn có chiều dày khoảng 2 mm. Màng xỉ lỏng chiều dày khoảng 0,1 mm có tác dụng bôi trơn cho lớp vỏ mỏng thời đúc đã đông đặc. Đồng thời xỉ thủy tinh cũng có thể chuyển thành lớp xỉ tinh thể ở trong vùng xỉ lỏng có nhiệt độ cao hơn. Nói chung, các giả thuyết đều cho rằng, màng xỉ lỏng sẽ dịch chuyển dọc theo lớp vỏ vật đúc, còn màng xỉ rắn vẫn bám dính vào khuôn đúc.

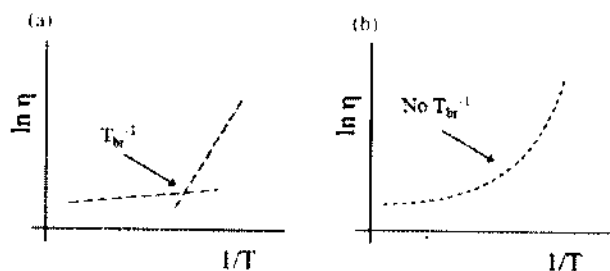
Thực nghiệm đã chỉ ra rằng, có thể dùng xỉ bột với số lượng ít hơn so với bình thường để đúc thép đúc có chứa titan. Lý do là, trong quá trình đúc, việc hình thành quá nhiều hợp chất TiN có tác dụng ngăn cản quá trình hút xỉ lỏng vào khe hở giữa thùng kết tinh-thời đúc.

Các loại xỉ có độ nhớt cao sẽ hoạt động với một nguyên tắc hoàn toàn khác với các loại xỉ truyền thống. Đa số các loại xỉ truyền thống đều có độ nhớt tăng đáng kể khi lớp xỉ rắn hình thành tại nhiệt độ chuyển biến đột biến khi làm nguội (hình 4.11a). Tuy nhiên, xỉ có độ nhớt cao sẽ hình thành một trạng thái gọi là quá nguội khi làm nguội (hình 4.11b), ở trạng thái này, độ nhớt vẫn cứ giảm xuống đến tận nhiệt độ chuyển biến thủy tinh của xỉ và loại xỉ này không có nhiệt độ chuyển biến đột biến.



Hình 4.10. Nguyên lý hình thành lớp xỉ trong thùng kết tinh

Tóm lại, đặc tính quan trọng của xỉ để làm chất bôi trơn trong đúc liên tục là độ nhớt và nhiệt độ chuyển biến đột ngột như chỉ ra trên hình 4.11.



Hình 4.11. Quan hệ giữa độ nhớt η với nghịch đảo nhiệt độ đối với xỉ thông thường a) và xỉ có độ nhớt cao b)

Trong kéo đúc liên tục, bề mặt kim loại lỏng thường được che phủ bằng một lớp xỉ có thành phần cho ở bảng 4.3. Xỉ trong đúc thép liên tục là tổ hợp của nhiều loại oxit để đảm bảo các yêu cầu sau: cách nhiệt tốt, có nhiệt độ nóng chảy thấp, có khả năng tinh luyện, che phủ bề mặt kim loại lỏng tốt, chống oxy hoá kim loại lỏng.

Chức năng chính của xỉ che phủ trong đúc thép liên tục.

1. Cách nhiệt. Đặc tính cách nhiệt của xỉ có tác dụng giữ kim loại tồn tại ở pha lỏng lâu hơn, ngăn cản hình thành “cầu” trên mặt thoáng kim loại. Xỉ có độ cách nhiệt cao sẽ làm cho nhiệt độ ở mặt thoáng tăng lên, do đó làm giảm độ nhọn của các điểm nhập nhô bề mặt thời đúc và đồng thời làm giảm các khuyết tật gần bề mặt như rỗ khí...

Để khống chế tính chất cách nhiệt, cân khống chế tỷ trọng của các cấu tử tạo xỉ nhưng loại cacbon sử dụng và điều kiện vật lý của xỉ cũng có ảnh hưởng đến tính chất cách nhiệt. Tỷ trọng xỉ quá nhỏ có thể gây ra hiện tượng bụi nguy hiểm. Khắc phục hiện tượng này bằng cách dùng xỉ dạng hạt.

Bảng 4.3. Thành phần xỉ che phủ thép lỏng khi đúc liên tục

Vật liệu	Thành phần, %	Vật liệu	Thành phần, %	Vật liệu	Thành phần, %
CaO	25 - 45	Na ₂ O	1 - 20	BaO	0 - 10
SiO ₂	20 - 50	K ₂ O	0 - 5	Li ₂ O	0 - 4
Al ₂ O ₃	0 - 10	FeO	0 - 6	B ₂ O ₃	0 - 10
TiO ₂	0 - 5	MgO	0 - 10	F	4 - 10
C	1 - 25	MnO	0 - 10		

2. Ngăn cách về mặt hoá học. Lớp xỉ mỏng phải có tác dụng ngăn cản quá trình oxy hoá thép lỏng.

3. Hấp phụ vật lẫn. Xỉ lỏng phải có tác dụng hấp phụ các vật lẫn dạng oxit nhôm. Tác dụng hấp phụ vật lẫn Al₂O₃ phụ thuộc vào độ kiềm của xỉ. Giá trị này thường là 0,8 - 1,2. Xỉ có độ nhớt thấp cũng có tác dụng hấp phụ tốt hơn.

4. Bôi trơn. Xỉ lỏng sẽ nằm ở khe hở giữa thỏi đúc và thùng kết tinh đóng vai trò của chất bôi trơn để chống hiện tượng dính bám của kim loại lỏng vào bề mặt thùng kết tinh.

5. Tạo dòng nhiệt đều. Dòng nhiệt đều là vô cùng cần thiết để ngăn cản quá trình kết tinh không đều của lớp vỏ thép và hậu quả là dẫn đến việc làm nứt chi tiết. Xỉ có nhiệt độ nóng chảy cao sẽ tạo ra một lớp tinh thể mỏng giữa vỏ thép và thùng kết tinh, làm giảm tốc độ dẫn nhiệt. Thép cacbon trung bình có lõm co thể tích lớn sau khi kết tinh và bởi vậy thép cũng rất dễ nứt.

Trong thùng kết tinh, nhiệt được truyền đi theo hai hướng, hướng thẳng đứng và hướng vuông góc với thành khuôn. Hướng truyền nhiệt vuông góc với thành khuôn có vai trò đặc biệt trong việc hình thành chất lượng bề mặt của thỏi đúc và chịu ảnh hưởng của hệ số dẫn nhiệt k_c và hệ số dẫn nhiệt bức xạ k_R . Hệ số dẫn nhiệt bức xạ bao gồm cả năng lượng hấp phụ và năng lượng tái bức xạ và là cơ chế chủ đạo về truyền nhiệt trong vật liệu dạng thuỷ tinh ở nhiệt độ cao. Tuy nhiên, hệ số bức xạ k_R có thể giảm đáng kể khi trong màng xỉ có mặt các oxit kim loại chuyển tiếp, thí dụ FeO có khả năng hấp phụ các tia bức xạ tốt. Có thể lấy giá trị $k_R = 10 - 30\% k_c$ trong quá trình truyền nhiệt qua

màng xỉ hình thành trong khi đúc thanh thép. Vấn đề sẽ khác đi nếu dùng xỉ có độ nhớt cao để đúc thổi thép.

Khuyết tật nứt dọc trên thổi thép cacbon trung bình do hậu quả của hệ số co nhiệt khoảng 4% của thép δ và thép γ . Ứng suất hình thành co ngót có thể hạn chế bằng cách duy trì lớp vỏ đông đặc càng mỏng và càng đều càng tốt. Có thể khử được ứng suất gây nứt bằng cách sử dụng màng xỉ dày có chứa các hạt tinh thể đặc biệt để làm giảm quá trình truyền nhiệt ngang.

Ngược lại, các vết rách xước bề mặt lại do thiếu chất bôi trơn gây ra. Khuyết tật này xảy ra thường xuyên đối với vật đúc cacbon cao vì lớp vỏ mỏng đông đặc không đủ độ bền để chịu đựng cột áp tĩnh của kim loại lỏng. Để giảm khuyết tật nứt dạng này phải tăng cường quá trình truyền nhiệt ngang bằng cách dùng lớp xỉ dày hơn, bền hơn.

Một yếu tố cũng không kém quan trọng trong công nghệ kéo đúc thép liên tục là thổi khí tro để khử khí cho thép. Mục đích của thổi khí tro vào thép theo ống dẫn kim loại là làm cho ống dẫn không bị tắc và đồng thời còn có tác dụng thu hút và khử các vật lẫn trong thép lỏng. Do khí tro thổi vào sẽ được nung rất nhanh đến nhiệt độ của thép lỏng, khí sẽ giãn nở và phần thể tích của những bọt khí này sẽ rất đáng kể. Các bọt khí này dịch chuyển dọc theo ống dẫn đi vào khuôn và tạo thành lực nổi hướng lên phía trên khá mạnh tác dụng vào dòng thép phun ra từ vòi phun của ống dẫn bằng gốm. Phụ thuộc vào lượng khí tro thổi vào thép lỏng mà dòng thép phun ra từ ống dẫn sẽ có hình dạng khác nhau: có thể là tạo dáng cong lên hoặc cong xuống. Có thể tạo thành vòng quay thuận chiều hoặc ngược chiều kim đồng hồ ở ngay bên trên hoặc bên dưới dòng phun. Sự thay đổi kiểu dáng của dòng phun nói trên sẽ có ảnh hưởng đến chất lượng của thép thổi.

Dòng thép lỏng thoát ra từ vòi phun sẽ phân tán phần lớn lượng nhiệt quá nhiệt vào phía trong của lớp vỏ đang đông đặc. Gradient nhiệt độ khá lớn ở vùng đó đã chỉ ra rằng, dòng nhiệt bị phân tán cực đại vào bên trong lớp vỏ đang đông đặc lại nằm chính ở vùng gần lỗ xả của khuôn. Nếu lớp vỏ đông đặc và khuôn tiếp xúc tốt, dòng nhiệt đó là bình thường, nếu hình thành khe hở khí giữa khuôn và lớp vỏ đông đặc, việc làm giảm quá trình truyền nhiệt đó sẽ làm cho lượng nhiệt quá nhiệt đủ lớn để hạn chế sự phát triển của lớp vỏ đông đặc và thậm chí còn làm nóng chảy lớp vỏ đó. Trong trường hợp này, khuôn có thể bị nứt tại chỗ lỗ thoát gần các góc, những nơi có sự tiếp xúc tối nhất.

Hình dáng bề mặt thoáng và sự dao động mức kim loại

Điều kiện mặt thoáng kim loại là mặt cong trong quá trình đông đặc có ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng cuối cùng của thổi đúc. Bề mặt có cong hay không còn phụ

thuộc vào hình dáng của bề mặt tự do trên cùng của thép lỏng và đặc biệt, phụ thuộc vào sự thăng giáng mức chất lỏng trong thùng kết tinh theo thời gian. Bề mặt đó thực chất đại diện cho sự tương tác của thép lỏng và lớp xỉ trợ dung. Khi vật đúc dùng ít khí argon và không có xử lý điện từ, bề mặt tương tác sẽ dâng cao chừng 25 mm gần bề mặt cong và chỗ thấp nhất là ở gần ống dẫn kim loại. Sở dĩ bề mặt dâng cao như vậy là do động lượng thẳng đứng của dòng phun hướng lên trên vào bề mặt thoáng của kim loại. Nó cũng phụ thuộc vào kiểu dòng chảy, và tốc độ dòng chảy.

Trong suốt quá trình đúc, mức mặt thoáng kim loại luôn bị dao động. Mức dao động dữ dội nhất xảy ra ở gần mặt cong, nơi mà tính chảy rối và mức tương tác là cao nhất. Có thể làm giảm sự dao động về mức này bằng cách nhấn chìm hơn nữa vòi phun và thay đổi kiểu dòng chảy. Mặt khác, nếu tăng lượng khí argon thì vùng có biên độ dao động cực đại lại dịch chuyển về phía ống dẫn kim loại. Sự thăng giáng về mức kim loại thường gây ra các loại khuyết tật như rỗ xỉ, rỗ khí, vết trên thỏi đúc. Để tránh các khuyết tật do sự thăng giáng mức kim loại gây ra, có thể cho thêm dầu hoặc chất trợ dung vào vùng mặt cong, chúng sẽ chảy vào vùng khe hở giữa khuôn và thỏi đúc.

Đặc tính của lớp xỉ trên bề mặt thoáng

Dòng thép chảy xáo động ở phần trên thùng kết tinh có ảnh hưởng rất mạnh đến lớp xỉ che phủ. Xỉ che phủ bổ sung vào thùng kết tinh theo từng khoảng thời gian quy định nhằm mục đích giữ xỉ và vật lẫn có ở trong thép lỏng. Mặt khác, nó còn bị hút vào khe hở giữa thỏi đúc và thùng kết tinh và hoạt động như là một chất bôi trơn, đồng thời làm cho quá trình truyền nhiệt trở nên ổn định hơn.

Khi dòng thép lỏng chảy khá nhanh dọc theo bề mặt phân chia thép-xỉ, nó sẽ gây ra sự chuyển động ngay ở trong lớp xỉ lỏng. Nếu tốc độ ở bề mặt lớn, lớp xỉ có thể bị đẩy dồn cục lại và bị cuốn theo dòng thép lỏng, bị nhấn chìm sâu trong bể lỏng và trở thành các vật lẫn có hại. Nếu tốc độ chảy dọc theo bề mặt lại tăng tiếp, sóng đứng trên bề mặt tiếp xúc kim loại-xỉ sẽ trở nên không ổn định và bề mặt tiếp xúc sẽ dao động rất mạnh, gây nhiều rắc rối cho công nghệ đúc.

Do đặc tính của dòng chảy kim loại ra khỏi ống dẫn (hình 4.8), bề mặt trên cùng của thép lỏng có hình dáng phồng lên và tạo mặt cong (meniscus) tại mép tiếp giáp với thành khuôn. Bởi vậy, chiều dày lớp xỉ che phủ cũng không đồng đều ở trên bề mặt tiếp xúc, chỗ mỏng nhất là vùng nằm gần bề mặt rắn-lỏng do tại đó dòng xỉ lỏng bị kéo về hai nhánh: một nhánh về phía trung tâm và một nhánh về phía khe hở để rồi sẽ bị hút vào khe hở đó như là một chất bôi trơn. Thiếu chất xỉ che phủ, một mặt gây hiện tượng thăng giáng mức kim loại, gây hiện tượng rỗ xỉ và rỗ khí, một mặt không có đủ xỉ lỏng

để làm tác nhân bôi trơn, gây khuyết tật đứt thỏi. Bởi vậy, chiều dày lớp xỉ lỏng này phải luôn được duy trì đều đặn để đảm bảo chất lượng vật đúc.

4.1.6. Mô hình hoá đúc liên tục thẳng đứng

Đặt vấn đề

Bài toán kéo thỏi liên tục như đã mô tả bằng phương pháp thông thường ở trên gặp khá nhiều khó khăn khi tính toán thiết kế thiết bị và công nghệ. Thông thường là phải lấy các thông số công nghệ theo các giá trị cho theo bảng kinh nghiệm. Ngày nay bằng công cụ toán học và vật lý học đã giải quyết được bài toán truyền nhiệt, dòng đặc của vật đúc khi đúc kéo liên tục, trên cơ sở đó lựa chọn các thông số công nghệ cho từng trường hợp cụ thể một cách chính xác và tin cậy.

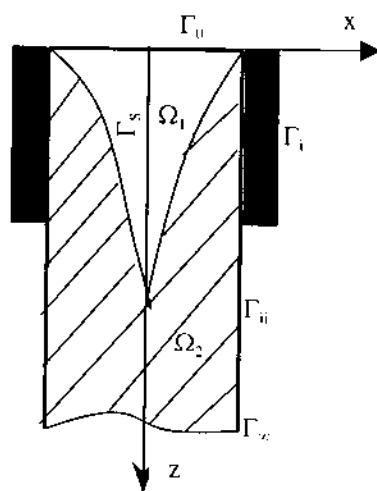
Trong quá trình kéo đúc liên tục, kim loại trong thùng kết tinh được chia làm hai vùng (hình 4.12). Đó là vùng lỏng Ω_1 và vùng rắn Ω_2 . Biên giới giữa hai vùng này là đường biên có phương trình $F = F(z)$. Bề mặt thoáng kim loại lỏng Γ_0 có nhiệt độ không đổi và bằng nhiệt độ rót. Biên giới vật đúc- thùng kết tinh là Γ_i ; Biên giới vật đúc-môi trường là Γ_{ii} . Biên vật đúc đã nguội hoàn toàn là Γ_{∞} . Đường tâm của thỏi đúc có biên Γ_s .

Giả thiết rằng, khuôn đúc và vật đúc là những vật liệu đẳng hướng, phương trình truyền nhiệt trong hệ vật đúc - khuôn đúc được mô tả như sau:

$$c \cdot \rho \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) \quad (4.50)$$

trong đó: c, ρ, λ - nhiệt dung riêng, khối lượng riêng và hệ số dẫn nhiệt của vật liệu đúc; nhiệt độ T là hàm của không gian và thời gian: $T = T(x, y, z, t)$

Trong quá trình đúc liên tục, thỏi đúc được kéo với vận tốc u theo phương thẳng đứng. Nhiệt độ nước làm nguội tuần hoàn trong thùng kết tinh được duy trì là không đổi. Vật đúc chuyển động tương đối so với thùng kết tinh nhưng mặt sóng kết tinh (biên giới hai pha lỏng-rắn) của vật đúc lại có vị trí không thay đổi so với thùng kết tinh. Bởi vậy, có thể coi trường nhiệt độ trong thùng kết tinh là trường dừng (trường không phụ thuộc vào thời gian).



Hình 4.12. Mô hình kéo đúc liên tục thẳng đứng

Trong công nghệ đúc kéo liên tục thẳng đứng, quá trình truyền nhiệt xảy ra chủ yếu theo các hướng bên cạnh (hướng ra thùng kết tinh), lượng nhiệt truyền theo hướng trục z, dọc theo thỏi đúc rất nhỏ và có thể bỏ qua.

Mặt khác, tốc độ kéo u được duy trì là không đổi và như vậy, sau một khoảng thời gian dt, thỏi đúc đã đi được một quãng đường dz = u.dt. Thay giá trị dt = dz/u vào công thức 4.50 và lưu ý là bỏ qua thành phần $\partial T / \partial z$, thu được:

$$u.c.\rho \frac{\partial T}{\partial z} = \lambda \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) \quad (4.51)$$

Trong phương trình (4.51), nhiệt độ T chỉ còn phụ thuộc vào không gian mà không phụ thuộc vào thời gian: $T = T(x, y)$.

Nếu thỏi đúc có thiết diện hình tròn bán kính r, thì phương trình (4.50) được viết thành:

$$u.c.\rho \frac{\partial T}{\partial z} = \lambda \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\partial T_{(r,z)}}{\partial r} \right) \quad (4.52)$$

Phương pháp số giải các hiện tượng truyền nhiệt trong quá trình đông đặc của vật đúc có thể phân thành hai nhóm sau đây:

a) Phương pháp đơn vùng (hay còn gọi là vùng cố định). Phương pháp này áp dụng cho phương trình truyền nhiệt bao trùm lên tất cả các vùng chứa tất cả các pha, nghĩa là phương trình truyền nhiệt là giống nhau cho mọi vùng. Ẩn nhiệt kết tinh sẽ được mô phỏng bằng tính toán gần đúng nhiệt dung riêng theo phương pháp nhiệt dung quy đổi (xem chương 1), hoặc bằng cách tăng nhiệt độ.

b) Phương pháp đa vùng: Phương pháp này áp dụng cho phương trình truyền nhiệt chủ đạo tách riêng cho từng pha, nghĩa là mỗi pha sẽ có phương trình chủ đạo khác nhau. Phương pháp này đã tính đến bề mặt chung giữa các pha thông qua điều kiện xảy ra trên bề mặt pha bao gồm cả sự cân bằng nhiệt tại bề mặt chung. Vì vậy, vị trí của bề mặt giữa hai pha là một ẩn số ưu tiên và cần được xác định như là một phần của lời giải và vấn đề truyền nhiệt trên biên đó có thể coi là điều kiện biên tự do.

Các điều kiện ban đầu và điều kiện biên

Điều kiện ban đầu

Giả thiết rằng nhiệt độ ban đầu của toàn bộ khối kim loại lỏng là đồng nhất và bằng nhiệt độ rót: $T(x, t) = T_r$.

Điều kiện biên

Trong quá trình kết tinh, vật đúc có các biên giới tiếp xúc sau đây:

Trên biên Γ_{12} giữa hai pha rắn - lỏng: dòng nhiệt đi ra khỏi bề mặt Γ_{12} bằng tổng của dòng nhiệt truyền từ pha lỏng sang pha rắn cộng với ẩn nhiệt kết tinh:

$$X \in \Gamma_{12}: \quad \lambda_1 \frac{\partial T_1(r, z)}{\partial z} - \lambda_2 \frac{\partial T_2(r, z)}{\partial z} = u \cdot \rho_2 L \cdot \frac{\partial F}{\partial z} \quad ;$$

$$T_1(r, z) = T_2(r, z) = T_{kt}; \quad (4.53)$$

Nhiệt độ kim loại lỏng trên mặt thoát Γ_0 không đổi và bằng nhiệt độ rót: $T_1(r, z) = T_r$.

Dòng nhiệt trên biên Γ_j tính theo định luật Fourier:

$$X \in \Gamma_j: \quad -\lambda_2 \frac{\partial_2 T(r, z)}{\partial z} = q_j \quad (4.54)$$

Trên biên tiếp xúc với không khí:

$$X \in \Gamma_{ii}: \quad -\lambda_2 \frac{\partial_2 T(r, z)}{\partial z} = \alpha_2 [T_2(r, z) - T^\infty] \quad (4.55)$$

$$X \in \Gamma_s: \quad \frac{\partial T(r, z)}{\partial z} = 0 \quad (4.56)$$

Hệ phương trình từ (4.50) đến (4.56) cho một lời giải chính xác về trường nhiệt độ kim loại lỏng trong thùng kết tinh và vật đúc nói chung. Trên cơ sở trường nhiệt độ đã giải được, xác định được chiều dày đông đặc của thời đúc, cùng với độ bền của vật liệu ở cùng trạng thái, qua đó sẽ tính được lực kéo cần thiết mà không làm đứt gãy thời đúc. Đồng thời cũng tính được tốc độ kéo hợp lý để đảm bảo năng suất và chất lượng vật đúc.

Hiện nay có nhiều cách giải hệ các phương trình nói trên. Thí dụ, phương pháp phần tử hữu hạn, sai phân hữu hạn, phần tử biên, phương pháp giải tích chính xác... Mỗi phương pháp đều có những ưu, nhược điểm riêng và do đó chúng có độ chính xác cũng rất khác nhau.

Một thí dụ về cách giả hệ phương trình truyền nhiệt nói trên, tác giả [30] đã dùng hàm Spline để tính toán cho một vật đúc có thiết diện ngang $0,17 \times 0,17$ m với ba tốc độ kéo khác nhau. Vật liệu đúc có hệ số dẫn nhiệt $\lambda = 1505$ W/m²K. Vật liệu làm thùng

kết tinh có hệ số dẫn nhiệt $\lambda = 905 \text{ W/m}^2\text{K}$. Kết quả cho trên hình 4.13.

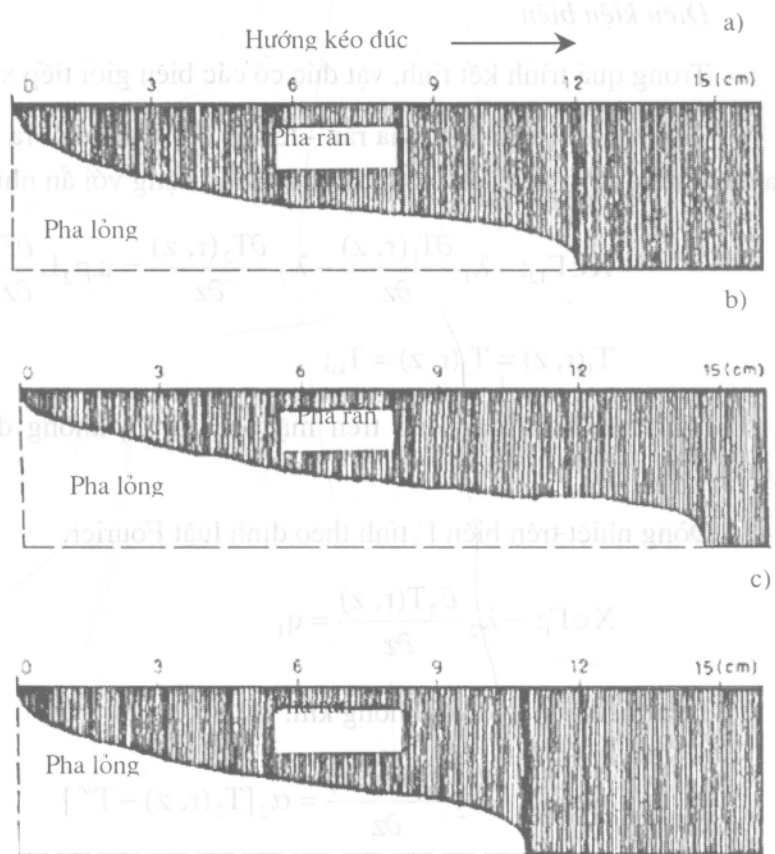
Rõ ràng là có một tốc độ kéo tới hạn, tại đó chiều sâu của vùng lỏng trong thiết diện ngang của thỏi đúc là lớn nhất. Càng tăng tốc độ kéo trên tốc độ tới hạn, chiều sâu kim loại lỏng cũng càng lớn (trong kéo đúc liên tục, chiều sâu này còn gọi là chiều dài luyện kim). Điều đó có nghĩa là, độ bền của thỏi đúc cũng càng giảm đi và thỏi đúc rất có thể bị đứt nếu tốc độ kéo vượt quá một giá trị tới hạn.

Những kết quả tính toán bằng mô hình rất có ý nghĩa trong thiết kế và điều chỉnh công nghệ đúc. Hiện nay, các công trình nghiên cứu tập trung vào những hướng như sau: mô hình hoá quá trình đông đặc của thỏi đúc có kể đến những điều kiện điển đầy; mô hình hoá dòng chảy và quá trình hình thành bọt khí và tạp chất.

4.2. ĐÚC LIÊN TỤC NẰM NGANG

4.2.1. Bản chất của quá trình

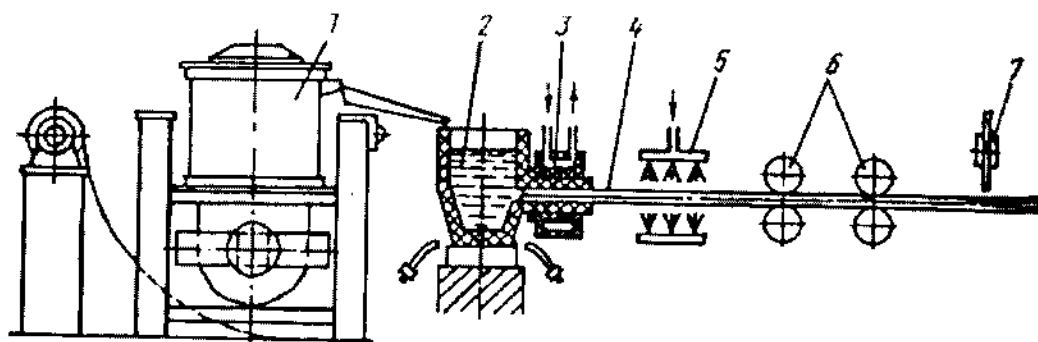
Hình 4.14 mô tả nguyên lý làm việc của công nghệ đúc liên tục nằm ngang. Thiết bị này thường dùng để đúc các vật đúc bằng đồng thanh hoặc nhôm có thiết diện tròn đều và đặc, đường kính từ 20 đến 200 mm.



Hình 4.13. Đông đặc của vật đúc kích thước ngoài 0,17 x 0,17 m

- a) Tốc độ kéo 0,0015 m/s,
- b) Tốc độ kéo 0,0020 m/s,
- c) Tốc độ kéo 0,00175 m/s.

Kim loại lỏng từ nồi nấu 1 được rót sang thùng chứa 2. Thùng chứa 2 làm bằng samôt-graphit và được gia nhiệt bằng mỏ đốt để duy trì nhiệt độ kim loại lỏng. Tạo một lỗ thùng ở một thành bên của thùng chứa này và gá vào đó thùng kết tinh 3 có nước làm nguội. Vật đúc 4 sau khi đi qua khu vực làm nguội 5, đi qua trục kéo 6 và cắt thành từng đoạn theo yêu cầu nhờ một máy cưa 7. Trục kéo 6 hoạt động theo quy luật kéo – dừng có chu kỳ.



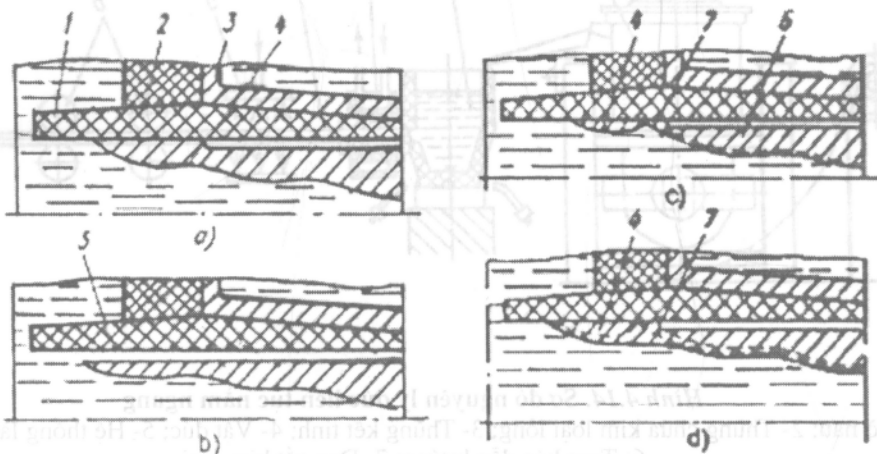
Hình 4.14. Sơ đồ nguyên lý đúc liên tục nằm ngang

1- Lò nấu; 2- Thùng chứa kim loại lỏng; 3- Thùng kết tinh; 4- Vật đúc; 5- Hệ thống làm nguội;
6- Trục kéo dẫn hướng; 7- Dao cắt kim loại.

Đúc liên tục nằm ngang có thể thực hiện trong thùng kết tinh graphit hoặc thùng kết tinh kim loại. Cơ chế kết tinh của kim loại trong hai loại thùng kết tinh bằng graphit và bằng kim loại hoàn toàn khác nhau. Khi đúc trong thùng kết tinh bằng graphit (hình 4.15), phần đuôi của ống lót 1 nhúng ngập hẳn vào trong thùng chứa kim loại lỏng, phần đầu của ống lót gắn vào thùng làm nguội bằng nước 3. Sau một khoảng thời gian, lớp vỏ vật đúc 4 xuất hiện ở vùng chuyển tiếp và vẫn bám chặt vào bề mặt thùng kết tinh (hình 4.15a). Khi kéo, vật đúc trượt theo bề mặt của ống lót đồng thời vật đúc co lại và xuất hiện khe hở khí 5 giữa lớp vỏ vật đúc và ống lót (hình 4.15b). Sau khoảng thời gian tiếp theo, vật đúc kết tinh tiếp lớp đồng đặc 6 (hình 4.15c). Trên phần đuôi của ống lót lại xuất hiện lớp vỏ 7 bị ép vào bề mặt thùng kết tinh do cột áp tĩnh của kim loại lỏng. Đồng thời trên bề mặt tự do trong vùng chuyển tiếp, trong điều kiện tĩnh và tiếp xúc hoàn toàn, lớp vỏ 4 lại kết tinh tiếp (hình 4.15d). Trong khoảng thời gian dừng, quá trình đông đặc vẫn tiếp tục nhưng lớp vỏ đã đông đặc lại bị rửa trôi và mỏng dần đi.

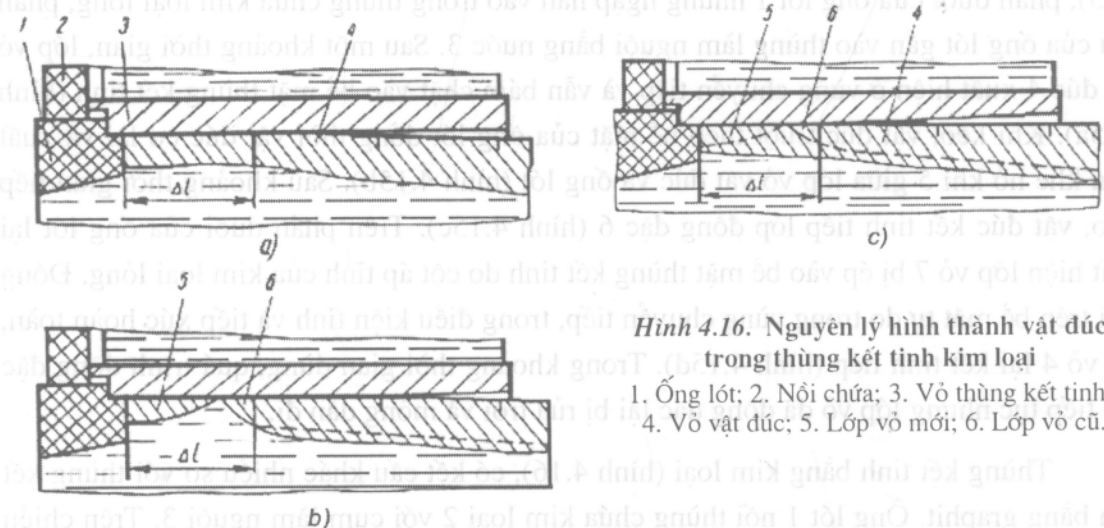
Thùng kết tinh bằng kim loại (hình 4.16), có kết cấu khác nhiều so với thùng kết tinh bằng graphit. Ống lót 1 nối thùng chứa kim loại 2 với cụm làm nguội 3. Trên chiều dài Δl trong vùng tiếp xúc với mặt đầu của ống, vật đúc bắt đầu đông đặc. Sau nửa chu

kỳ dừng, lớp vỏ 4 đã hình thành (hình 4.16a). Khi phôi đã dịch chuyển đi một khoảng Δl , phần bề mặt làm việc của thùng kết tinh sẽ được giải phóng. Lúc này kim loại lỏng lại chuyển đến bề mặt thùng kết tinh, lớp vỏ 5 (hình 4.16b), lại được hình thành. Sau khoảng thời gian một chu kỳ chuyển dịch phôi, lớp vỏ 6 được hình thành đầy đủ. Tại thời điểm dừng, lớp vỏ 5 có chiều dày lớn nhất tại vị trí đầu mút của ống lót. Trong khoảng thời gian dừng, chiều dày lớp vỏ đông đặc ban đầu vẫn tiếp tục phát triển. Đồng thời, lớp vỏ này cùng với vật đúc 4 và lớp vỏ 6 sẽ được liên kết với nhau thành một thể thống nhất.



Hình 4.15. Sự hình thành vật đúc trong khuôn graphit

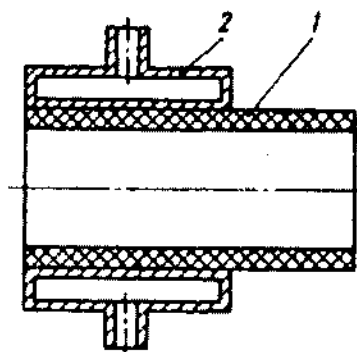
1. Ống lót graphit; 2. Vòng đệm; 3. Thùng kết tinh; 4. Vỏ vật đúc; 5. Khe hở khí; 6. Lớp vỏ đông đặc kế tiếp; 7. Vỏ vật đúc đã bị ép sát vào thùng kết tinh.



Hình 4.16. Nguyên lý hình thành vật đúc trong thùng kết tinh kim loại

1. Ống lót; 2. Nội chứa; 3. Vỏ thùng kết tinh; 4. Vỏ vật đúc; 5. Lớp vỏ mới; 6. Lớp vỏ cũ.

Tùy thuộc vào điều kiện hình thành vật đúc mà hợp kim sẽ co ít hoặc nhiều, khe hở giữa vật đúc và thùng kết tinh sẽ tăng lên, cường độ nguội sẽ giảm đều đặn. Quá trình kết tinh có thể kết thúc ở trong thùng kết tinh hoặc ở ngoài giới hạn của thùng kết tinh. Trong trường hợp kết tinh kết thúc ở ngoài thùng kết tinh, khi vật đúc vừa ra khỏi thùng kết tinh đồng thời có quá trình làm nguội dạng bước (kéo-dừng), cường độ làm nguội giảm đi, nhiệt độ trong vỏ vật đúc có sự phân bố lại và do lượng nhiệt ở tâm vật đúc vẫn còn cao, cho nên nhiệt độ lớp vỏ vật đúc tăng lên đột ngột rồi sau đó mới giảm dần.

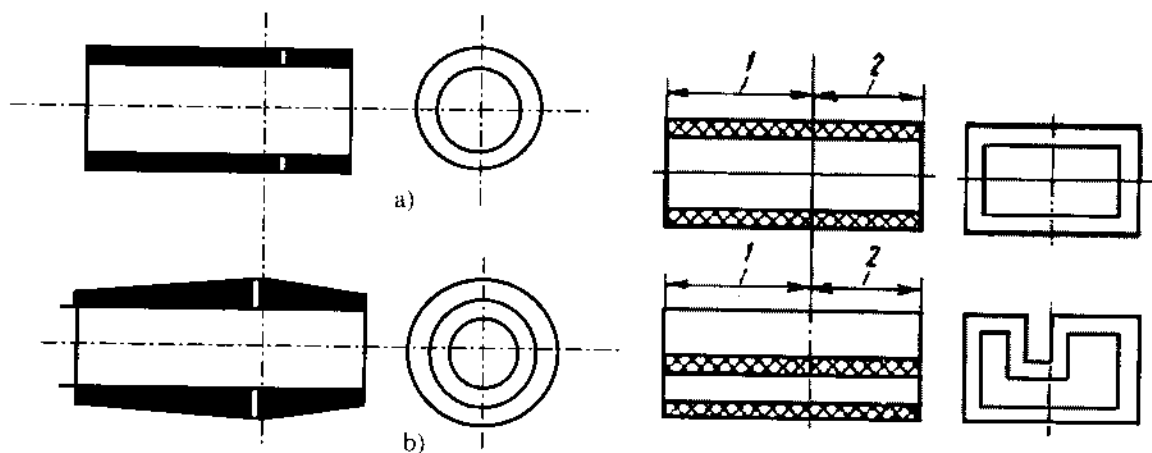


Hình 4.17. Thùng kết tinh cho đúc liên tục nằm ngang

1. Ống lót ; 2. Hộp làm nguội.

4.2.2. Cấu tạo thùng kết tinh

Đây là chi tiết quan trọng nhất trong công nghệ đúc liên tục nằm ngang. Thùng kết tinh thực chất gồm hai chi tiết, ống lót và hộp làm nguội. Hai chi tiết này được gá lắp vào nhau sao cho đảm bảo quá trình truyền nhiệt từ vật đúc ra ngoài môi trường được thuận lợi. Ống lót làm từ vật liệu có hệ số dẫn nhiệt tốt như graphit hoặc thép nhưng graphit được sử dụng nhiều hơn do tính dẫn nhiệt và ổn định nhiệt cao, hệ số ma sát nhỏ và không thấm ướt kim loại. Hình dáng bề mặt bên trong của ống lót chính là đường bao của chi tiết đúc. Ngày nay người ta có thể đúc kéo được những chi tiết có hình dáng bất kỳ.



Hình 4.18. Một số loại ống lót bằng graphit cho đúc liên tục nằm ngang

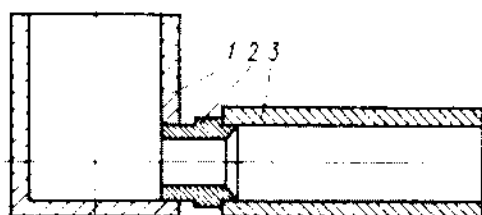
Ống lót bằng graphit có mặt ngoài thường là hình trụ, hình côn hoặc dạng phẳng để thuận tiện cho việc gá lắp với hộp làm nguội sau này (hình 4.18). Về chức năng làm việc, ống lót có thể chia làm hai phần: phần được làm nguội và phần không được làm nguội. Phần không làm nguội có chức năng dẫn kim loại lỏng và là cầu nối giữa thùng kết tinh và thùng chứa kim loại. Chiều dài phần làm nguội của ống lót cần phải lớn hơn chiều dài của thùng chứa kim loại và dài hơn bao nhiêu còn phụ thuộc vào khả năng hình thành lớp vỏ kim loại hình thành trên thành thùng chứa và khả năng loại trừ lớp kim loại chớm lên đầu vào của ống lót. Để làm giảm quá trình truyền nhiệt hướng trục, cũng cần phải giảm chiều dày phần không làm nguội của ống lót (hình 4.18b).

4.2.3. Đặc điểm đúc thép liên tục nằm ngang

Công nghệ đúc liên tục nằm ngang có thể dùng để đúc các loại thép cacbon, thép kết cấu và thép hợp kim. Sơ đồ nguyên lý đúc thép liên tục nằm ngang cho trên hình 4.14 và máy đúc trong thực tế ở hình 4.21. Thiết bị đúc bao gồm: thùng chứa, ống dẫn kim loại và thùng kết tinh.

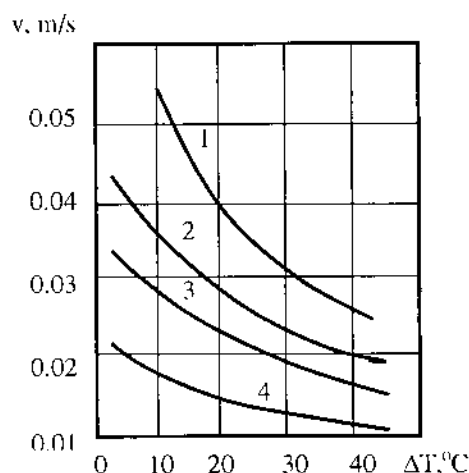
Thùng chứa sản xuất bằng cách hàn các mảnh thép lại với nhau, bên trong là ống lót xây bằng gạch samôt. Thành bên có một lỗ đường kính vừa đủ để đặt vào đó chiếc cốc làm bằng vật liệu chịu lửa graphit-samôt. Chiếc cốc này có tác dụng nối thùng chứa với thùng kết tinh. Các chi tiết này được lắp cố định trên khung máy. Bộ phận kéo vật đúc sau thùng kết tinh là thiết bị dạng con lăn. Mỗi trục quay có bộ phận dẫn động độc lập.

Ống lót bằng thép hợp kim có đặc điểm là bền hơn nhưng chế tạo khó hơn và đắt tiền hơn. Tuy nhiên trong quá trình đúc, nhiệt độ kim loại giảm khá nhanh cả



Hình 4.19. Thiết bị đúc thép liên tục nằm ngang

1. Thùng chứa; 2. Ống dẫn kim loại;
3. Thùng kết tinh.



Hình 4.20. Tốc độ kéo và độ quá nhiệt thép cacbon, vật đúc thiết diện hình vuông có cạnh, m

- 1) 0.08; 2) 0.12; 3) 0.15; 4) 0.2

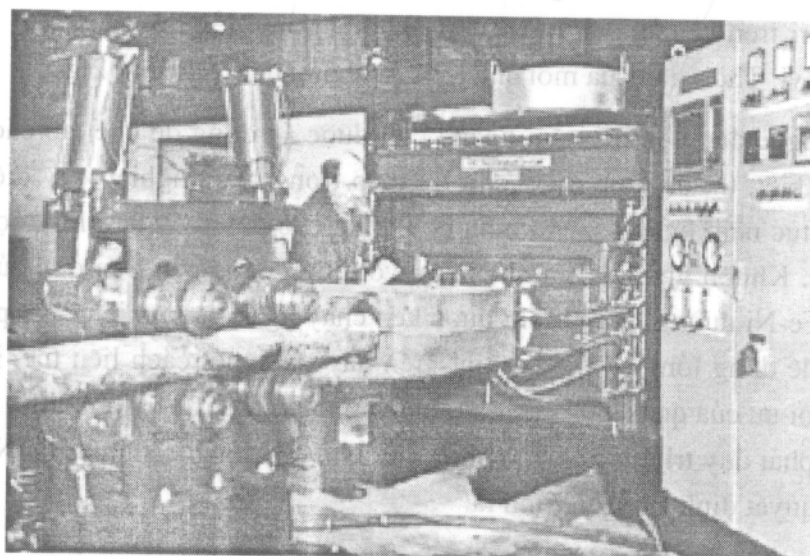
theo chiều vuông góc với thành khuôn, cả theo chiều dọc của khuôn. Điều này dẫn đến sự phân bố nhiệt không đồng đều và làm thay đổi thiết diện ngang của chi tiết. Do kim loại làm ống lót có đặc tính truyền nhiệt tốt nên tại vị trí tiếp xúc giữa thùng kết tinh và thùng chứa rất dễ có kim loại kết tinh trước, gây hiện tượng kéo đứt. Để khắc phục hiện tượng này, có thể dùng hệ thống gia nhiệt bằng dòng điện cục bộ tại khu vực tiếp xúc đó. Vật liệu thép dùng chế tạo ống lót có thể tham khảo ở bảng 4.4.

Bảng 4.4. Tính chất một số thép dùng làm thùng kết tinh

Tính chất vật liệu	Cr23Al5	Cr27Al5	Cr15Ni60	Cr20Ni80
ρ , kg/m ³	7250	7190	8200	8400
α , 10 ⁶ , 1/°C	17,4	15,0	16,3	16,5
λ , W/m.°C	12,6	12,6	13,4	14,6
Nhiệt độ nóng chảy, °C	1500	1500	1370-1410	1390-1420

Trước khi hoạt động, toàn bộ thiết bị được nung nóng đến 1100 - 1200°C bằng mỏ đốt. Thanh môi đưa vào thùng kết tinh trước khi rót kim loại lỏng vào thùng chứa. Dùng dây amiăng để bịt kín khe hở giữa đầu thanh môi và thùng kết tinh.

Rót thép lỏng từ gầu rót sang gầu chứa, giữ kim loại lỏng khoảng 50-60 giây rồi bắt đầu kéo vật đúc theo từng chu kỳ. Tốc độ kéo phụ thuộc kích thước của phôi và nhiệt độ kim loại lỏng và tra cứu trên hình 4.20. Tốc độ kéo vật đúc hình tròn thường lấy giá trị nhỏ hơn 20 - 30% so với vật đúc có thiết diện hình vuông.



Hình 4.21. Máy đúc liên tục nằm ngang

Một chu kỳ kéo đúc chia làm hai phần: khoảng thời gian kéo và thời gian dừng. Do đặc điểm kéo dừng như trên mà khi kim loại đi qua vùng nối giữa ống dẫn và thùng kết tinh sẽ để lại dấu vết trên phôi dưới dạng vết hàn hình vòng xuyên và có chu kỳ. Khoảng cách giữa các bước tương ứng với bước kéo vật đúc. Tại mỗi bước kéo, nếu chế độ nhiệt không hợp lý sẽ làm cho vỏ vật đúc có vết nứt. Vị trí các vết nứt này ở chính vị trí kết thúc của mỗi bước kéo. Trong khoảng thời gian dừng, hình thành một cầu nối giữa hai phần của chi tiết và cầu nối này thể hiện trên vật đúc dưới dạng lượn sóng, bề mặt vật đúc không hoàn toàn phẳng. Chất lượng bề mặt của thép cán sau này phụ thuộc chủ yếu vào chiều sâu vết nứt trong vùng liên kết giữa các bước kéo. Các vết nứt trên mối liên kết có mép nứt bị oxy hoá và thoát cacbon đều gây ra hiệu quả xấu cho bề mặt chi tiết cán sau này.

Bảng 4.5. Quan hệ phụ thuộc thời gian dừng vào thiết diện phôi và bước kéo

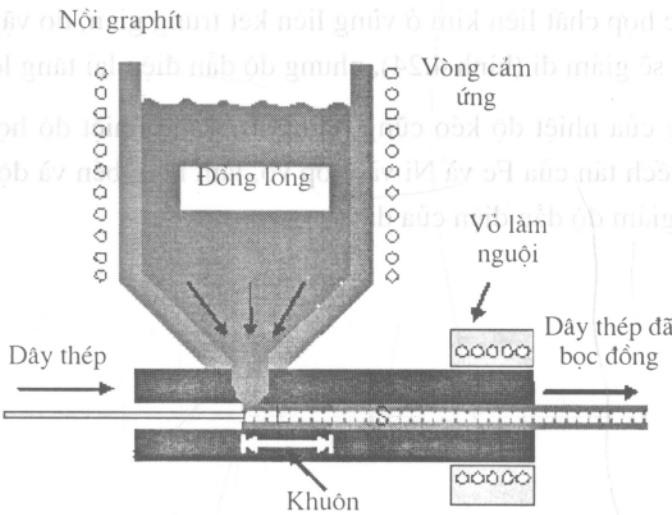
Kích thước thiết diện phôi, m	Thời gian dừng (s) khi bước kéo (m)				
	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05
0.08	0.20	0.40	0.50	0.60	0.70
0.13	0.30	0.50	0.70	0.80	0.90
0.05	0.30	0.55	0.75	0.90	0.95
0.20	0.35	0.70	0.90	1.10	1.30

Khoảng thời gian dừng sau mỗi bước kéo có ý nghĩa quyết định đến chất lượng phôi đúc. Tính toán đã chỉ ra rằng, mỗi bước kéo không nên quá 0,05 m, nếu bước kéo vượt quá giá trị trên sẽ dẫn đến hiện tượng không đồng đều mặt sóng kết tinh và làm tăng độ xốp tế vi. Thời gian của mỗi chu kỳ kéo không nên vượt quá 2 giây.

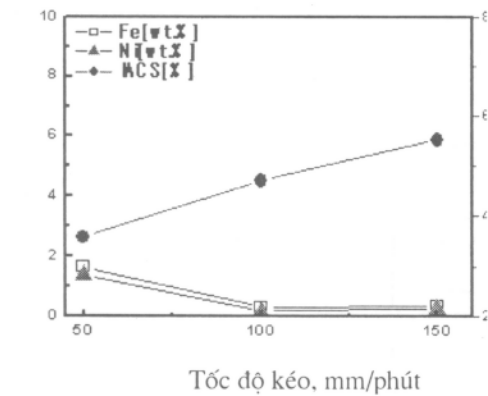
Công nghệ đúc liên tục nằm ngang còn được áp dụng để chế tạo các chi tiết có tính năng đặc biệt, thí dụ, bọc đồng cho lõi thép trong công nghiệp dây điện, đúc thỏi gang cầu liên tục nằm ngang... Mô hình bọc đồng cho dây thép làm lõi được minh hoạ trên hình 4.22. Khuôn graphit làm nhiệm vụ vòi phun được gắn trên đáy của lò nấu và dây hợp kim Fe-Ni đường kính 2 mm được kéo chạy ngang qua miệng vòi phun với tốc độ thích hợp để đồng lỏng có thể kết tinh trên dây thép một cách liên tục. Để thiết lập các thông số tối ưu của quá trình, cần điều khiển được quá trình truyền nhiệt trong nồi lò graphit tức là phải duy trì được chế độ nhiệt của kim loại lỏng trong nồi lò. Những thông số mang tính quyết định của quá trình là:

- Nhiệt độ đúc;

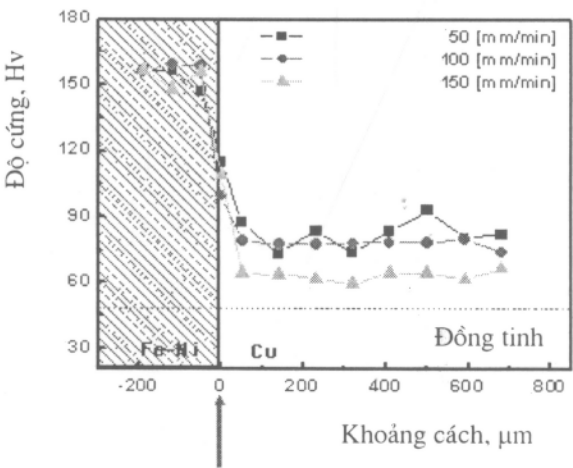
- Tốc độ kéo dây;
- Nhiệt độ của nước làm nguội.



Hình 4.22. Nguyên lý bọc đồng lên dây thép bằng đúc liên tục



Hình 4.23. Ảnh hưởng nhiệt độ kéo đến độ dẫn điện và hoà tan của các nguyên tố vào lớp vỏ
IACS: Độ dẫn điện



Hình 4.24. Ảnh hưởng của tốc độ kéo đến độ cứng của lớp vỏ bọc

Các thông số này không chỉ ảnh hưởng đến việc hình thành chất lượng lớp vỏ đồng mà còn ảnh hưởng đến việc hình thành lớp liên kết trung gian giữa lớp đồng và lõi thép. Khi tăng tốc độ kéo, kích thước trung bình của hạt Cu bao quanh lõi thép lại giảm

đi. Khi tốc độ kéo đạt 50 mm/phút, cấu trúc hạt có dạng trụ song song với hướng kéo. Ngược lại, khi tốc độ kéo tăng lên trên 100 mm/phút, góc giữa hướng kéo và hướng kết tinh ưu tiên sẽ tăng lên. Tốc độ kéo càng lớn, Fe và Ni càng khó khuếch tán vào lớp vỏ, khó hình thành các hợp chất liên kim ở vùng liên kết trung gian, do vậy, độ cứng của lớp liên kết trung gian sẽ giảm đi (hình 4.24), nhưng độ dẫn điện lại tăng lên (hình 4.23).

Ảnh hưởng của nhiệt độ kéo cũng tương tự. Tăng nhiệt độ hợp kim sẽ làm cho tăng khả năng khuếch tán của Fe và Ni vào lớp vỏ, làm tăng bền và độ cứng của lớp liên kết nhưng lại làm giảm độ dẫn điện của dây.

Chương 5

CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐÚC ĐẶC BIỆT KHÁC

5.1. ĐÚC BÁN LỎNG

5.1.1. Khái niệm và nguyên lý

Gia công kim loại ở trạng thái bán lỏng (trạng thái nửa đặc, nửa lỏng) dù bằng phương pháp đúc hay bằng phương pháp ép lỏng, đều có khả năng chế tạo được những chi tiết có thiết diện như nhau và thành mỏng tương tự như đúc áp lực cao truyền thống. Nhưng không giống với đúc áp lực cao, đúc bán lỏng có khả năng chế tạo ra các chi tiết có những thuộc tính và tính hoàn hảo mà cho đến nay chỉ có thực hiện bằng phương pháp đúc ép hoặc đúc trong khuôn bán vĩnh cửu áp lực thấp. Phương pháp đúc bán lỏng còn có hiệu quả kinh tế rất cao nếu đem so sánh với các phương pháp đúc khác:

- 1) Các chi tiết có hình dáng chính xác mà chỉ cần gia công rất ít;
- 2) Các chi tiết có trọng lượng nhỏ, mỏng thành và rất phức tạp về mặt kết cấu nhưng lại yêu cầu lượng nguyên vật liệu đầu vào nhỏ;
- 3) Nhịp sản xuất ngắn;
- 4) Khuôn dùng được lâu dài.

Công nghệ đúc bán lỏng có thể chia làm ba bước:

- ① - Tạo ra kim loại ở trạng thái bán lỏng;
- ② - Duy trì trạng thái bán lỏng để các hạt rắn treo lơ lửng trong lòng chất lỏng;
- ③ - Chuyển kim loại bán lỏng sang máy đúc áp lực và tiến hành đúc.

Bước thứ nhất - tạo ra trạng thái bán lỏng. Về cơ bản, có hai cách để tạo ra trạng thái bán lỏng. Thứ nhất, và cũng đơn giản nhất, bắt đầu từ kim loại lỏng, làm nguội kim loại dẫn đến trạng thái bán lỏng đồng thời tác động vào kim loại lỏng các lực như cơ học, điện từ... Các lực tác dụng này sẽ bẻ gãy các nhánh cây khi chúng đang hình thành trong quá trình đông đặc và bắt chúng chuyển thành các hạt rắn dạng cầu trong lòng kim loại lỏng. Cấu trúc dạng cầu này tiếp tục duy trì trong suốt quá trình kết tinh và đây chính là nét đặc trưng của các chi tiết chế tạo từ trạng thái bán lỏng. Phương pháp thứ hai, dùng một thời kim loại đã có cấu trúc dạng cầu (hay còn gọi là bán thành phẩm được chế tạo sẵn từ trạng thái lỏng và được làm đông đặc) đem nung lại lên đến trạng thái bán lỏng.

Bước thứ hai của quá trình là duy trì chất lỏng nhão ở trạng thái đồng nhất và cách nhiệt để chờ đúc. Trong giai đoạn này rất cần thiết phải tác động lên chất lỏng một lực chuyển động trượt thích hợp để các hạt rắn sẽ chuyển sang dạng hình cầu và ngăn ngừa hiện tượng kết tụ của các hạt rắn. Nếu nhiệt độ của bể kim loại lỏng được duy trì không đổi, kết quả rất đặc biệt: một lớp vỏ rắn có thành phần hợp kim thấp sẽ bao quanh khối chất lỏng có thành phần các nguyên tố hợp kim khá cao, nhưng vẫn đảm bảo được cấu trúc đồng nhất của các hạt rắn nhỏ mịn trên nền pha lỏng. Có thể đạt được kết quả trên bằng cách loại bỏ tường lò trong quá trình đông đặc, bẻ gãy các nhánh cây đang phát triển từ tường lò và chuyển chúng vào trong thể tích của bể lỏng. Nhờ có tác dụng khuấy đảo tích cực, cấu trúc nhánh cây này sẽ dịch chuyển vào trong lòng bể lỏng và lớn lên thành các hạt dạng cầu nhờ có dòng chất lỏng chảy bao quanh các hạt đó.

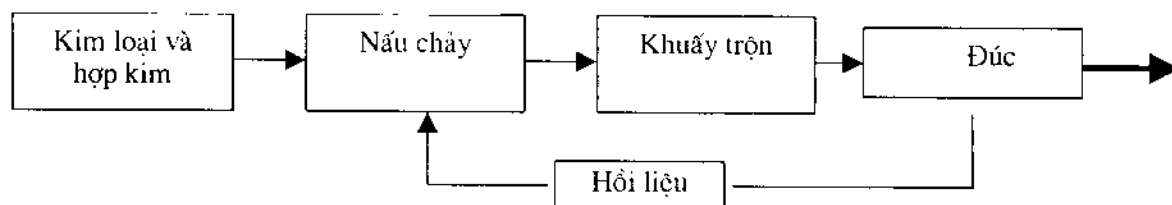
Bước thứ ba là vận chuyển kim loại bán lỏng sang bộ phận đúc và tiến hành đúc. Công đoạn này phụ thuộc vào loại máy đúc nào sẽ được dùng và phương pháp đúc nào sẽ được sử dụng.

Phương pháp đúc bán lỏng được chia làm hai công nghệ, đúc lưu biến (Rheocasting) và đúc ép lỏng (Thixocasting).

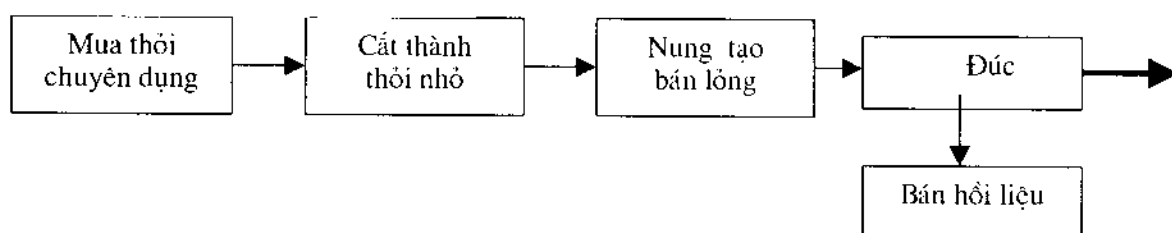
Phương pháp đúc lưu biến là dùng phương pháp khuấy hợp kim trong khi đông đặc để tạo ra một trạng thái lỏng sệt (slurry) sau đó đem phun trực tiếp kim loại lỏng nhão này vào khuôn.

Phương pháp đúc ép lỏng dùng thổi kim loại rắn có cấu trúc hạt mịn đồng trục (hay còn gọi là bán thành phẩm) được sản xuất chuyên dụng từ trước bằng cách đúc lưu biến, có nghĩa là, sản phẩm của đúc lưu biến là phôi của đúc ép lỏng. Đem nung thổi kim loại này đến trạng thái bán lỏng, nghĩa là đã có một phần kim loại đã bị nấu chảy. Chuyển thổi kim loại trên sang máy đúc để phun vào hốc khuôn.

Đúc lưu biến (Rheocasting)



Đúc ép lỏng (Thixocasting)



Hình 5.1. Nguyên lý đúc lưu biến và đúc ép lỏng

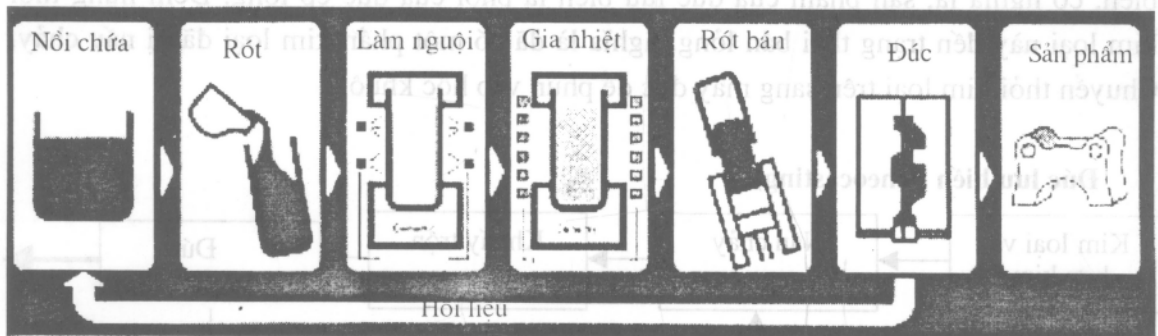
Công nghệ gia công kim loại bán lỏng thông thường chỉ áp dụng cho kim loại màu có nhiệt độ nóng chảy tương đối thấp do đặc điểm của quá trình xử lý kim loại trước khi đúc khá phức tạp.

Hai cách tiếp cận trạng thái bán lỏng nói trên được minh họa trên sơ đồ 5.1

5.1.2. Đúc lưu biến (Rheocasting)

Điều cơ bản của đúc lưu biến là khuấy trộn kim loại lỏng trong khi kết tinh để hình thành một trạng thái bán lỏng nhão (hay còn gọi là trạng thái cháo nhuyễn), sau đó phun bán cháo kim loại đó vào khuôn. Việc khuấy trộn kim loại chủ yếu là nhằm hình thành một tốc độ trượt rất cao giữa các phần tử và cường độ dòng xoáy cũng rất cao trong chất lỏng. Năng lượng của tốc độ trượt và dòng xoáy này sẽ làm cho các phần tử rắn kết tinh theo dạng hình cầu hoặc gần cầu. Thiết bị khuấy có thể dùng cánh khuấy hoặc máy hai trục xoắn quay song song. Sau khi khuấy, kim loại đã có tổ chức hình cầu thì tiến hành đúc rót vào khuôn để chế tạo chi tiết. Tuy nhiên, với công nghệ này, kim

loại kết tinh trong điều kiện áp suất bình thường nên chất lượng vật đúc chưa được cải thiện nhiều. Bởi vậy, đã xuất hiện phương pháp đúc lưu biến cải tiến.



Hình 5.2. Quy trình đúc lưu biến (New Rheocasting Process NRC)

Đúc lưu biến cải tiến (The New Rheocasting - NRC) là sự kết hợp của phương pháp đúc ép thẳng đứng truyền thống với phương pháp gia công kim loại lỏng để chế tạo ra kim loại có cấu trúc dạng cầu. Quy trình đúc lưu biến NRC được minh họa như trên hình 5.2.

Nguyên lý cơ bản của phương pháp này là:

1. Nấu chảy hợp kim, tinh luyện, biến tính...
2. Rót hợp kim vào nồi chứa có kích thước tương tự như xilanh ép của máy đúc áp lực thẳng đứng. Trong nồi chứa, các hạt Al- α sẽ hình thành và phát triển.

3. Làm nguội có điều khiển nhiệt độ kim loại trong nồi chứa để tạo ra trạng thái bán lỏng và tổ chức kim loại là hình cầu hoặc gần cầu. Khi kim loại lỏng chạm vào thành nồi chứa, nhiệt độ lập tức giảm xuống nhiệt độ bán lỏng, các mầm tinh thể Al- α được hình thành. Không được quá nhiệt kim loại lỏng quá nhiều vì sẽ làm hoà tan trở lại các mầm đã hình thành. Thí dụ đối với hợp kim Mg, độ quá nhiệt chỉ khoảng 10 - 20°C là hợp lý. Nhiệt độ T_G của lò giữ nhiệt nồi chứa và nhiệt độ gia công bán lỏng T_F có 50% pha rắn của hợp kim magiê có thể tham khảo ở bảng 5.1.

Bảng 5.1. Nhiệt độ nồi chứa và nhiệt độ gia công bán lỏng của một số hợp kim magiê

	AZ91	AM60	AE42	ZK60
$T_G, ^\circ\text{C}$	625	630	640	650
$T_F, ^\circ\text{C}$	570	595	615	620

3. Gia nhiệt cho nôi chứa đến nhiệt độ thích hợp để tạo thành trạng thái bán lỏng và giữ ở nhiệt độ này.

4. Rót kim loại vào xilanh máy ép áp lực cao để chế tạo chi tiết.

Quá trình điền đầy khuôn xảy ra chậm chạp và theo hướng từ dưới lên tương tự như đúc áp lực thấp. Kiểu điền đầy khuôn như vậy sẽ tạo ra chế độ chảy tầng trong khuôn và không khí sẽ bị đẩy ra khỏi hốc khuôn, tránh được hiện tượng rỗ khí. Quá trình đông đặc xảy ra ở áp suất khoảng 10^5 Pa. Sau khi tháo chi tiết khỏi khuôn, hệ thống rót được chuyển về xưởng nấu luyện để tái sử dụng.

Công nghệ này cũng chỉ sử dụng để đúc các hợp kim màu có nhiệt độ nóng chảy thấp. Đặc điểm nổi bật của đúc lưu biến là tạo ra được tổ chức kim loại có hình cầu hoặc gần cầu, bởi vậy, cơ tính của vật liệu được cải thiện rõ rệt.

Để tạo được tổ chức kim loại có dạng cầu, cần quan tâm đến các thông số sau đây.

- Thông số hình dáng :

$$F^{\alpha} = \frac{(S^{\alpha l})^2}{4\pi A^{\alpha}} \quad (5.2)$$

trong đó A^{α} - diện tích trung bình của các hạt Al- α và $S^{\alpha l}$ - biên giới pha lỏng và pha α .

- Cỡ hạt trung bình của D^{α} của pha Al- α
- Mức độ tiếp xúc C^{α} giữa các hạt Al- α :

$$C^{\alpha} = \frac{2S^{\alpha\alpha}}{2S^{\alpha\alpha} + S^{\alpha l}}$$

với $S^{\alpha\alpha}$ là biên giới giữa các hạt α - α

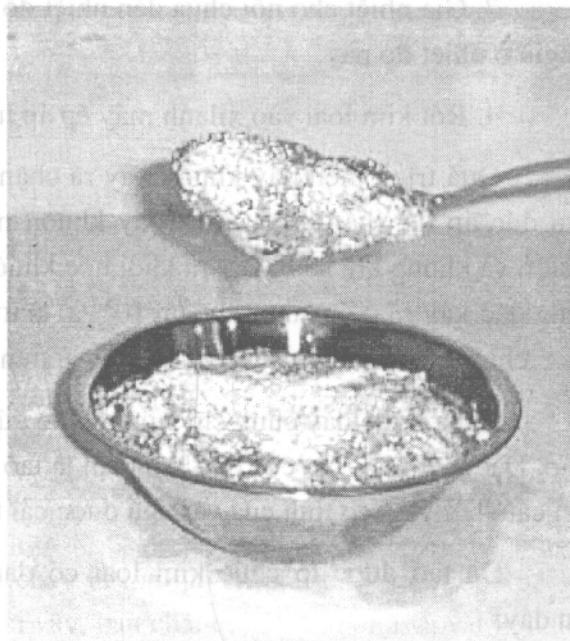
- Phần thể tích của pha rắn V^s , tính theo %.

Thông thường F^{α} có giá trị lớn hơn 1, trong trường hợp khi hạt càng gần hình cầu thì F^{α} càng gần 1. Cấu trúc nhánh cây có $F^{\alpha} > 3$ và không thể đạt được trạng thái lưu biến. Hệ thống có $F^{\alpha} < 2$ là trạng thái điển hình đối với vật liệu ở trạng thái bán lỏng. Vật liệu này chế tạo bằng cách khuấy trộn truyền thống, đạt được các thuộc tính lưu biến và yêu cầu về hình dáng tổ chức của hợp kim. Nói chung, F^{α} càng gần 1, thuộc tính lưu biến của trạng thái bán lỏng càng được cải thiện.

Giá trị C^{α} thể hiện sự liên kết giữa các pha Al- α có nghĩa là mức độ tạo khung

xương trong cấu trúc. Thông thường $C^\alpha < 1$, tuy nhiên trong trường hợp pha lỏng tiếp xúc hoàn toàn thì C^α có xu hướng tiến đến giá trị 1. Khi các hạt Al- α khác biệt hoàn toàn thì $C^\alpha = 0$. Theo quan điểm các thuộc tính lưu biến, cấu trúc có $C^\alpha = 0$ và $C^\alpha = 1$ đều không có các tính chất của lưu biến.

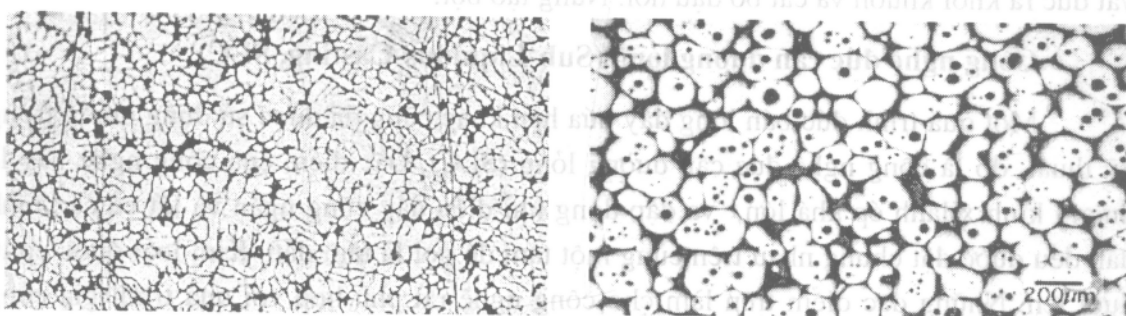
Để cập đến phân pha rắn còn tồn tại trong cháo nhuyển trước khi đúc, nhiều công trình khẳng định rằng, khi đúc thixocasting truyền thống, rất cần một trạng thái cháo nhuyển ổn định để điều khiển quá trình, nhưng đúc rheocasting trạng thái cháo nhuyển ổn định lại không phải là vấn đề chủ đạo. Trong đúc rheocasting, cháo nhuyển được giữ trong nồi bằng thép và có thể chứa ít hơn 50% pha đặc tại thời điểm trước khi rót sang xilanh ép. Bao nhiêu phần trăm pha rắn có trong cháo nhuyển trước khi đúc không là vấn đề quan trọng vì vữa kim loại vẫn có thể chuyển thành thể lỏng dưới tác dụng của lực cắt do quá trình khuấy trộn và lực ép gây ra.



Hình 5.3. Kim loại ở trạng thái cháo nhuyển

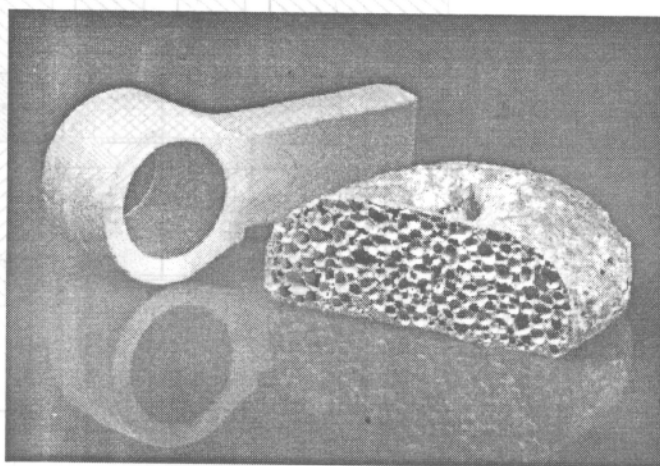
Đặc tính đồng đặc trong quá trình đúc lưu biến

Trong phương pháp đúc truyền thống, kim loại lỏng đã quá nhiệt được rót vào khuôn tương đối nguội. Quá trình tạo mầm dị pha xảy ra trong pha lỏng quá nguội ở vị trí gần thành khuôn. Đa số các mầm sẽ trôi vào vùng kim loại lỏng quá nhiệt rồi bị nấu chảy trở lại, chỉ có rất ít (0,3%) số mầm tồn tại và phát triển thành một cấu trúc thô to và không đồng nhất. Vấn đề lại hoàn toàn khác khi đúc bán lỏng. Khi khuấy trộn kim loại lỏng với tốc độ cao, cả trường nhiệt độ lẫn trường nồng độ đều trở thành cực kỳ đồng đều, tốc độ tạo mầm thực tế có thể không tăng nhưng tất cả các mầm đã hình thành đều tồn tại và phát triển. Mặt khác, do tác động khuấy trộn mà các đám nguyên tử sẽ bị phá vỡ và phân tán vào trong lòng chất lỏng, làm tăng thêm số vị trí có khả năng tạo mầm kết tinh. Và dường như là, chế độ chảy tầng không có tác dụng nhiều lắm xét về phương diện tạo mầm kết tinh.



Hình 5.4. Tổ chức nhánh cây khi đúc thường và tổ chức hình cầu khi đúc lưu biến

Đã từ lâu, người ta tin rằng, các hạt không phải nhánh cây cũng có thể phát triển từ hình thái nhánh cây ban đầu dưới tác dụng của khuấy trộn động học theo cơ chế sau đây. Trước hết, các nhánh cây ban đầu bị bẻ gãy tại gốc của từng nhánh do lực trượt hoặc do nấu chảy lần hai. Cùng với thời gian dịch chuyển, những đoạn nhánh cây bị gãy đó sẽ chuyển dần sang hình cầu qua các giai đoạn phát triển tiếp theo.



Hình 5.5. Chi tiết nhôm bột chế tạo bằng phương pháp thixocasting

Càng tăng tốc độ khuấy trộn và cường độ dòng chảy rối, hình thái học phát triển sẽ chuyển từ cơ cấu nhánh cây sang hình cầu thông qua dạng hình hoa hồng do sự thay đổi hình học khuếch tán trong pha lỏng xung quanh pha rắn đang lớn lên. Tác dụng của khuấy trộn có thể hình dung như trên hình 5.4.

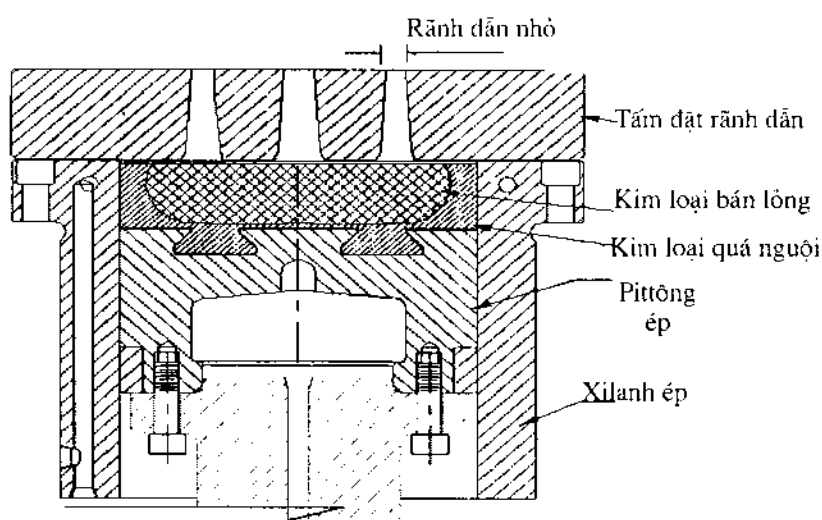
Phương pháp thixocasting còn được áp dụng trong luyện kim bột để chế tạo ra vật liệu bột xốp (hình 5.5). Quá trình chế tạo nhôm bột bao gồm các bước sau:

Trộn bột kim loại với các tác nhân tạo bọt (nhôm, silic, 0,5 - 1,0% TiH_2) trong khoảng thời gian 45 phút. Ép nguội đẳng tĩnh bột trên thành các thỏi hình trụ với áp suất ép 150 MPa. Nung thỏi lên trạng thái bán lỏng, thời gian nung khoảng 40 - 60 phút, nhiệt độ nung với nhôm là 590 - 620°C. Đúc trong máy đúc áp lực buồng ép nguội. Lấy

vật đúc ra khỏi khuôn và cắt bỏ đầu hơi. Nung tạo bột.

Công nghệ đúc cận đường lỏng (Sub-Liquidus-Casting, SLC)

Một quá trình đúc bán lỏng đầy hứa hẹn khác cũng đã được sử dụng nhiều trong kỹ thuật, đó là công nghệ đúc cận đường lỏng (SLC). Đặc điểm của công nghệ này là đường kính xilanh ép khá lớn, và đập dòng khi điền đầy cũng ngắn và tất cả các rãnh dẫn đều được đặt chung nhau trên cùng một tấm để gọi là tấm dẫn. Kim loại được ép từ dưới lên. Những đặc điểm trên làm cho công nghệ rất phù hợp với quá trình gia công bán lỏng (hình 5.6).



Hình 5.6. Kết cấu khuôn dùng để đúc SLC

Công nghệ SLC tự tạo ra trạng thái cháo nhuyễn trong xilanh ép mà không cần thiết bị hoặc thời gian để tạo pha cháo nhuyễn. Điều cần thiết nhất là hợp kim cần tinh luyện và biến tính nhỏ hạt và nhiệt độ phải được khống chế chính xác. Về mặt lý thuyết, kim loại lỏng đổ vào xilanh ép ở nhiệt độ rất gần với nhiệt độ đường lỏng, chỉ cao hơn nhiệt độ đường lỏng 5 - 10°C, do đường kính xilanh ép có kích thước lớn nên hiện tượng đông đặc nhanh ở thành khuôn và hiện tượng dính bám không thể xảy ra và quá trình đúc vẫn đảm bảo chất lượng.

Phương pháp đúc này mang cả ưu điểm của đúc áp lực cao, đúc bán lỏng và đúc trong khuôn kim loại. Khi rót ở trạng thái kim loại đã có khoảng 5% pha rắn, lại điền đầy ở trạng thái có áp lực nên tổ chức của kim loại cũng có dạng hình cầu, có thể điền đầy các góc ngách chi tiết có hình dáng phức tạp nhưng lại không có vật lẫn hoặc các

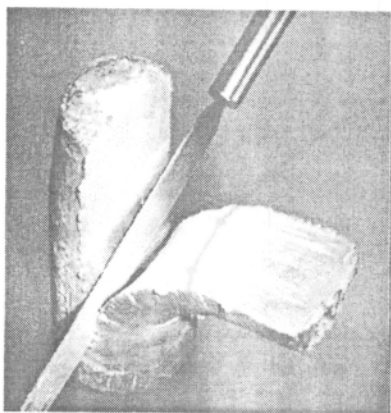
lỗ rỗng như đúc khuôn kim loại truyền thống.

Một phương pháp bán lỏng nữa gọi là “quay ngón tay lạnh”. Nội dung của phương pháp này có thể hình dung như sau. Một thiết bị hình thù giống như ngón tay có nhiệt độ thấp được đưa vào trong bể kim loại lỏng có nhiệt độ trên đường lỏng vài độ. Ngón tay này vừa quay vừa chuyển động để làm giảm nhiệt độ của kim loại xuống dưới đường lỏng vài độ. Quá trình này sẽ làm cho vô số các hạt vô cùng mịn được hình thành trong lòng bể kim loại và sau khi kết tinh tổ chức của kim loại cũng sẽ là tổ chức hình cầu giống như trạng thái thixo.

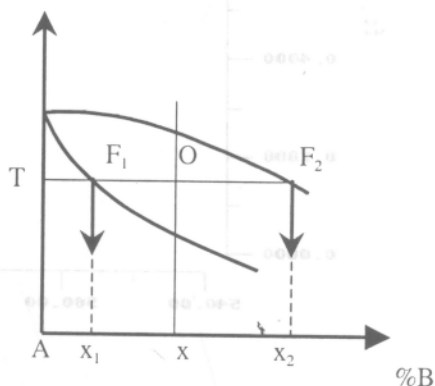
5.1.3. Đúc ép lỏng (Thixocasting)

Trước đây, quy trình đúc bán lỏng thông dụng nhất là đúc ép lỏng. Trong công nghệ này, người ta sử dụng bán thành phẩm là nguyên liệu dạng thỏi sau đó được nung lên trạng thái bán lỏng. Thực tế, hình ảnh tượng trưng của kim loại bán lỏng là một thỏi kim loại sau khi nung rất dễ dàng dùng dao để cắt thành từng lát giống như cắt bơ (hình 5.7).

Trong quy trình đúc ép lỏng, để chuẩn bị bán thành phẩm, kim loại được nấu chảy rồi khuấy trộn bằng từ thủy động học (magnetohydrodynamically) thông thường bằng vòng cảm ứng. Thí dụ đối với hợp kim nhôm, quá trình khuấy từ thủy động sẽ đảm bảo cho các tinh thể Al- α sẽ kết tinh dưới dạng hình cầu. Đem rót kim loại này thành các thanh bán thành phẩm. Từ bán thành phẩm, cưa nhỏ thành từng mẫu có kích thước phù hợp với chi tiết cần chế tạo. Đem các mẫu này nung đạt tới trạng thái bán lỏng nhưng vẫn giữ nguyên được hình dáng của thỏi, sau đó đặt vào xilanh ép của máy kiểu đúc áp lực và phun trực tiếp vào hốc khuôn.



Hình 5.7. Hình ảnh của phôi dùng đúc ép lỏng



Hình 5.8. Nguyên lý quy tắc đòn bẩy

Để đạt được trạng thái bán lỏng được minh họa như ở hình 5.7, thỏi kim loại phải được nung đến nhiệt độ phù hợp sao cho có khoảng 40 - 60% kim loại đã nóng chảy nhưng hình dáng của thỏi vẫn giữ nguyên. Trạng thái này sẽ được tính toán sơ bộ từ giản đồ trạng thái và quy tắc đòn bẩy.

Quy tắc đòn bẩy

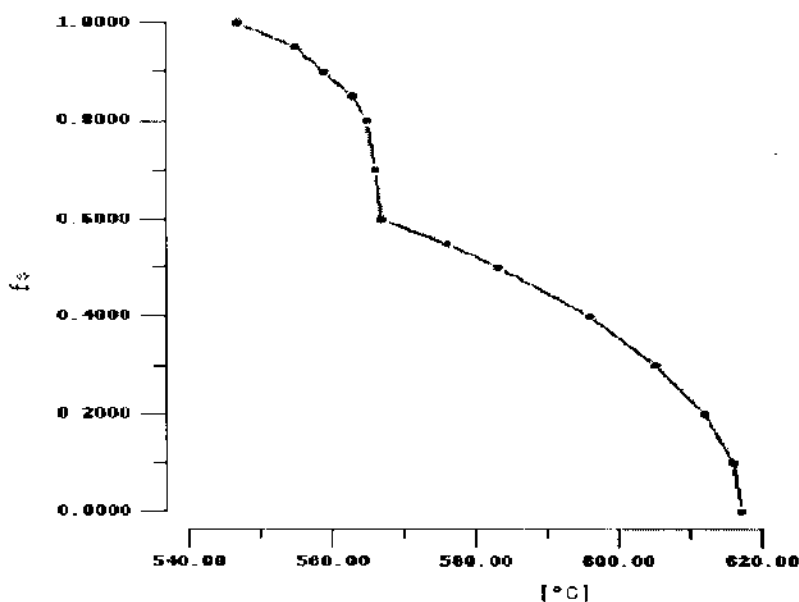
Giả sử hợp kim AB có thành phần x đang kết tinh (hình 5.8). Tại nhiệt độ T, từ pha lỏng tiết ra pha F_1 và pha lỏng còn lại F_2 có nồng độ x_1 và x_2 tương ứng. Quy tắc đòn bẩy cho phép ta tính được đã có bao nhiêu khối lượng pha F_1 và F_2 đã được tiết ra tại nhiệt độ T.

Lượng pha F_1 đã kết tinh tính theo %:

$$m_1 = \frac{OF_2}{F_2F_1} \cdot 100\%$$

Lượng pha F_2 chưa kết tinh tính theo %:

$$m_2 = \frac{OF_1}{F_1F_2} \cdot 100\%$$



Hình 5.9. Phân pha rắn của hợp kim A356

Dựa vào nguyên lý này có thể tính toán nhiệt độ nung cho từng loại hợp kim với những thành phần hợp kim cụ thể sao cho đạt được trạng thái hai pha dùng cho đúc bán lỏng.

Thí dụ đối với hợp kim A356, lượng pha rắn phụ thuộc nhiệt độ ở trạng thái bán lỏng cho trên hình 5.9. Từ đồ thị cho thấy, khi nhiệt độ hợp kim đạt 565°C , lượng pha rắn trong hợp kim giảm đột ngột. Trong khoảng nhiệt độ $570 - 600^{\circ}\text{C}$ thì quan hệ giữa phần pha rắn và nhiệt độ có thể xem như là tuyến tính. Trong thực tế, nhiệt độ đúc bán lỏng cũng nằm trong khoảng nhiệt độ này.

Đặc biệt khi nung bán thành phẩm hình trụ dài với năng lượng nung cố định, sự sai khác về nhiệt độ theo thiết diện ngang vật nung có thể tính theo:

$$T_{\max} - T_{\min} = -\frac{D \cdot P_0 \cdot F_{(m)}}{4\lambda} \quad (5.1)$$

trong đó: D - đường kính thổi nung; P_0 - mật độ năng lượng cảm ứng; λ - hệ số dẫn nhiệt; $F_{(m)}$ - hàm số của m ;

$$m = \frac{D}{\delta\sqrt{2}};$$

trong đó: δ - chiều sâu cảm ứng của dòng điện. Khi m tăng, F nhận giá trị từ 0,5 đến 1,0.

Từ phương trình tính toán nhiệt độ (5.1) nói trên, ta thấy rõ là, sự sai khác về nhiệt độ trong đúc ép lỏng sẽ xảy ra khi giá trị mật độ năng lượng thấp, nghĩa là thời gian nung khá dài.

Ưu điểm của đúc ép lỏng là ở chỗ, ở trạng thái bán lỏng và chịu tác dụng của áp lực, kim loại vẫn có độ chảy loãng thích hợp để chảy thành dòng liên tục, không bị vỡ vụn mà vẫn duy trì được hình dạng của dòng chảy cho nên không có hiện tượng hút khí giống như đúc áp lực cao. Mặt khác, dòng bán lỏng chảy trong hốc khuôn không bị rối loạn như khi phun tốc độ cao và vẫn điền đầy các khe hẹp thậm chí điền đầy tốt hơn chất lỏng hoàn toàn trong nhiều trường hợp.

Nhược điểm của phương pháp này là, giá thành cao do phải chế tạo hoặc mua hợp kim có cấu trúc đặc biệt; phế liệu và hệ thống đậu rót, ngót không thể tái sử dụng nếu như không được chế biến thành loại hợp kim bán thành phẩm chuyên dụng. Những nhược điểm trên làm cho phương pháp đúc ép lỏng ít được sử dụng phổ biến.

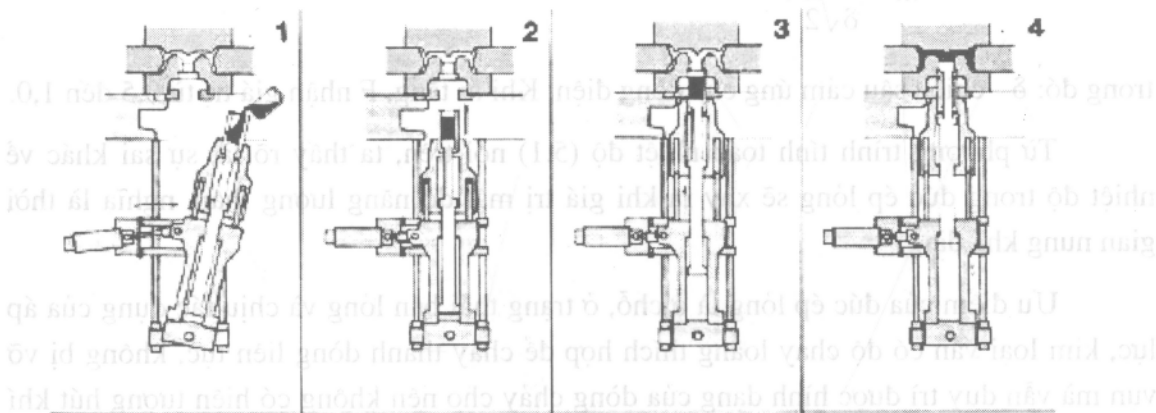
5.2. ĐÚC ÉP

Có hai phương pháp đúc ép rất dễ phân biệt là ép trực tiếp và ép gián tiếp. Tuy nhiên cả hai phương pháp này đều phải sử dụng hai yếu tố cần thiết của quá trình, đó là, kim loại lỏng được đưa vào trong hốc khuôn theo chế độ chảy tầng sau đó đông đặc dưới áp suất cao trong khuôn kim loại kín. Áp suất cao và sự tiếp xúc ngay lập tức của kim loại với thành khuôn sẽ tạo ra tốc độ đông đặc cực nhanh, khoảng cách giữa các nhánh cây thứ cấp khá nhỏ, ít xóp và tính chất cơ học tuyệt vời.

5.2.1. Đúc ép trực tiếp

Đúc ép trực tiếp đôi khi còn gọi là dập lỏng vì công nghệ và thiết bị của nó hơi giống với công nghệ và thiết bị dập hơn là giống với các quá trình đúc. Bản chất của quá trình là, rót kim loại lỏng vào phần dưới của khuôn, sau đó đóng nắp phía trên của khuôn và tác động áp lực cao thông qua cửa vào của khuôn cho đến khi vật đúc đông đặc hoàn toàn.

5.2.2. Đúc ép gián tiếp



Hình 5.10. Nguyên lý đúc ép (squeeze casting)

Công nghệ đúc ép gián tiếp (hình 5.10) có thể mô tả như sau:

- Nấu chảy kim loại và xử lý sau nấu chảy: làm sạch, tinh luyện nhỏ hạt, biến tính...
- Rót kim loại vào xilanh ép hoặc là kiểu thẳng đứng hoặc kiểu nằm ngang
- Phun kim loại vào lòng khuôn qua một rãnh dẫn tương đối rộng với một tốc độ tương đối chậm (thường dưới 0,5 m/s)

- Kim loại sau đó sẽ đông đặc dưới áp suất khoảng $55 \div 300$ MPa. đa số kim loại nên dùng áp suất khoảng $80 \div 100$ MPa.

Ưu điểm của công nghệ

Đúc ép gián tiếp là một công nghệ tỏ ra có nhiều ưu điểm trong chế tạo các chi tiết an toàn nhưng có chiều dày lớn như khớp nối bánh xe trong công nghệ ô tô. Công nghệ này không nên áp dụng cho những chi tiết thành mỏng. Tất cả các hợp kim đúc trong khuôn kim loại đều có thể chuyển sang đúc ép. Tuy nhiên, hợp kim A356 là một trong những hợp kim thích hợp nhất trong công nghệ này.

Do kim loại lỏng tiếp xúc rất tốt với thành khuôn trong quá trình đông đặc nên khoảng cách giữa các nhánh cây thứ cấp trên bề mặt của chi tiết có xu hướng giảm một cách khác thường (có thể đạt đến $5 - 10 \mu\text{m}$); cấu trúc bề mặt vật đúc tỏ ra khá mịn. Khoảng cách nhánh cây nhỏ và cấu trúc mịn đều có tác dụng cải thiện độ bền mỏi và độ bền va đập của vật liệu.

Sự tiếp xúc chặt chẽ giữa khuôn và kim loại lỏng trong quá trình đông đặc cũng làm tăng chiều sâu nguội trong cấu trúc của chi tiết, đặc biệt là khoảng cách giữa các nhánh cây thứ cấp rất nhỏ. Độ bền của chi tiết được cải thiện khá nhiều, thí dụ, với hợp kim A356, độ bền cực đại có thể đạt $300 - 320$ MPa; độ dẫn dài $10 - 14\%$.

Hạn chế của công nghệ

Tuy có nhiều ưu điểm nhưng công nghệ đúc ép cũng còn có một số hạn chế. Trước hết là tuổi bền của thiết bị đúc rất ngắn do kim loại lỏng dùng để đúc ép có nhiệt độ khá cao, cao hơn nhiều so với đúc trong khuôn kim loại (700°C so với 650°C tương ứng). Độ quá nhiệt cao sẽ là tác nhân làm giảm độ bền mỏi của khuôn. Do sử dụng rãnh dẫn lớn nên chi phí cũng tăng theo. Không thích hợp cho chi tiết thành mỏng và phức tạp. Số lượng chi tiết trong khuôn bị hạn chế. Khó chế tạo những chi tiết có ruột đúc.

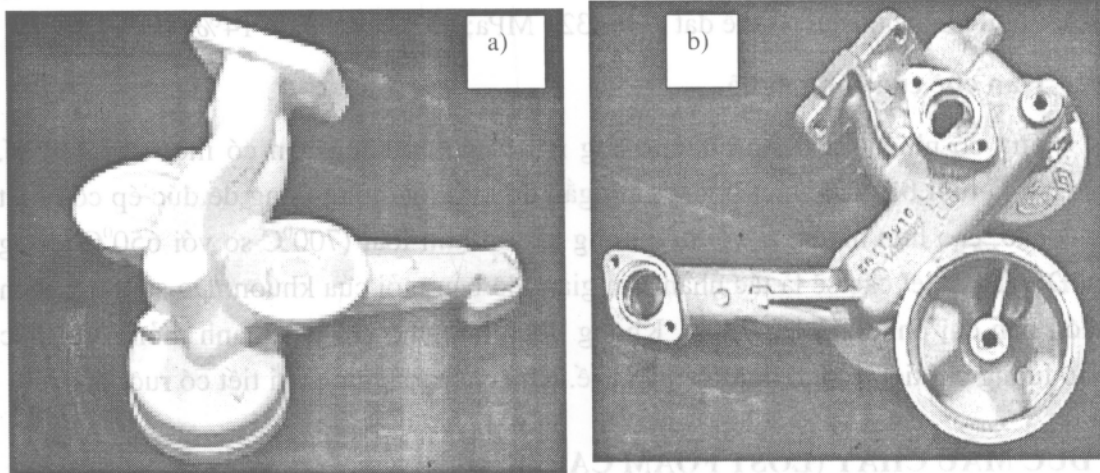
5.3. ĐÚC MẪU CHÁY (LOST FOAM CASTING)

5.3.1. Khái niệm về mẫu cháy

Đúc mẫu cháy là phương pháp đúc dùng mẫu là chất polystyrol, vật liệu làm khuôn là cát khô, không có chất dính. Mẫu được vùi trong khối cát không có chất dính nhưng được tạo hình bằng cách hút chân không. Rót kim loại lỏng vào khuôn, kim loại lỏng sẽ dần thay thế khối mẫu xốp và hình thành vật đúc.

Công nghệ đúc mẫu cháy tóm tắt như sau:

- Chế tạo các chi tiết mẫu bằng polystyrol;
- Để hong gió tự nhiên để mẫu thay đổi kích thước (khoảng 5 đến 7 ngày);
- Ghép các chi tiết lại với nhau thành mẫu hoàn chỉnh (đối với chi tiết lớn và phức tạp);
- Ghép chùm mẫu và hệ thống rót;
- Sơn mẫu bằng loại sơn chuyên dùng cho mẫu chảy;
- Sấy hoặc hong gió lớp sơn cho đến khi khô hoàn toàn;
- Chèn mẫu và hệ thống rót vào trong hòm khuôn (có thể hút chân không);
- Rót kim loại lỏng vào khuôn. Kim loại đi đến đâu, mẫu polystyrol chảy đến đó cho đến khi toàn bộ thể tích mẫu đã bị thay thế hoàn toàn bằng kim loại. Trong quá trình đúc, khí hình thành do mẫu chảy sẽ thoát qua thành khuôn do có sự chênh áp do hút chân không tạo nên.;
- Sau khi đông đặc hoàn toàn, tháo chùm mẫu ra khỏi hòm khuôn. Nếu làm khuôn theo kiểu chân không thì sau khi ngừng hút chân không, các hạt cát sẽ tự rời ra khỏi vật đúc.



Hình 5.11. Mẫu polystyrol a) và vật đúc b)

Polystyrol xốp là vật liệu rắn, dạng tổ ong bọc không khí, khí N_2 hoặc khí CO_2 . Khối lượng của polystyrol nằm trong khoảng $0,01 \div 0,2 \text{ g/cm}^3$. Polystyrol xốp có tính chất cơ lý thấp, nhưng khả năng cách nhiệt, cách âm, cách điện tốt, có tính dính kết đối với hoá chất. Tính chất cơ lý của polystyrol xốp phụ thuộc vào tỷ trọng của nó, một vài loại polystyrol đặc biệt có nhiệt độ bắt lửa thấp. Tính chất đặc trưng của hạt vật liệu này

là khi làm việc ở nhiệt độ thấp (từ -70°C đến -60°C) tính chất của nó thay đổi không đáng kể so với nhiệt độ phòng. Polystyrol có độ chịu nhiệt thấp (khoảng $70 \div 75^{\circ}\text{C}$). Do tính chất có khả năng dính liền kết giữa các hạt, độ chịu nhiệt và bất lửa thấp nên người ta đã sử dụng nó làm mẫu cho công nghệ mẫu tự thiêu.

Để tạo ra polystyrol xốp thì người ta sản xuất loại polystyrol có khả năng trương nở. Loại polystyrol này được tạo ra trong quá trình polystyrol hoá khi đưa izopentan có công thức hoá học là C_6H_{12} hoặc một chất lỏng khác có nhiệt độ sôi thấp vào trong thành phần của polystyrol. Khi bị nung nóng trong khuôn kín và dưới tác dụng của hơi nước, polystyrol sẽ trương nở và thể tích của nó sẽ tăng khoảng 8 đến 10 lần nhờ sự bốc hơi của izopentan. Nhiệt độ sôi của polystyrol phụ thuộc vào áp suất hơi nước bão hoà.

Bảng 5.2. Nhiệt độ sôi và nóng chảy của izopentan

Áp suất của hơi nước bão hoà	100 mm	400 mm	760 mm	912 mm	Nhiệt độ nóng chảy của izopentan
Nhiệt độ sôi của izopentan	$-20,1^{\circ}\text{C}$	$-10,5^{\circ}\text{C}$	$27,8^{\circ}\text{C}$	50°C	$-159,9^{\circ}\text{C}$

5.3.2. Quy trình chế tạo mẫu polystyrol

Xốp polystyrol là vật liệu rắn dạng tổ ong và có tỷ trọng nhỏ. Nó có tính cách điện, cách nhiệt, cách âm và bền hoá chất. Điều kiện làm việc ổn định mà mẫu không bị biến dạng ở nhiệt độ $< 75^{\circ}\text{C}$. Nhiệt độ $> 80^{\circ}\text{C}$ mẫu bắt đầu bị biến dạng, các hạt trong mẫu co lại. Nhiệt độ $160 - 170^{\circ}\text{C}$ mẫu bắt đầu bị hoá hơi và đây chính là đặc điểm đặc trưng cho phép xốp làm vật liệu sử dụng trong công nghệ mẫu tự thiêu.

Có hai phương pháp chế tạo mẫu xốp tự thiêu:

- Cắt các miếng xốp đã chế tạo sẵn sau đó ghép lại thành chi tiết.

Để cắt các mẫu xốp polystyrol người ta dùng một thiết bị cắt gồm có: một bàn mẫu bằng kim loại, hệ thống biến thế và dây điện trở. Dây điện trở được nối vào hai cực kim loại và dùng dòng điện khoảng 9 - 12V. Khi có dòng điện chạy qua thì dây điện trở nóng lên và có thể cắt mẫu polystyrol một cách dễ dàng. Thông thường phải dùng đường để cắt chi tiết chính xác và phức tạp. Phương pháp này chỉ áp dụng cho các chi tiết có hình dáng đơn giản, dễ cắt mẫu.

- Chế tạo bằng phương pháp bắn dẫn nở các hạt polystyrol trong khuôn kim loại. Mẫu chế tạo bằng phương pháp này bề mặt chất lượng cao, không bị rỗ xốp do lượng khí sinh ra ổn định, tỷ trọng của mẫu ổn định và chế tạo các chi tiết phức tạp mà không thể chế tạo bằng phương pháp cắt.

Quy trình công nghệ chế tạo mẫu xốp theo phương pháp trương nở bao gồm các bước sau:

1. Làm dẫn nở sơ bộ các hạt polystyrol, sấy khô và để tĩnh trong không khí.
2. Ép dẫn nở trong khuôn tạo hình sản phẩm xốp có hình dáng vật đúc.
3. Làm nguội và để tĩnh trong không khí để cho mẫu ổn định.

Công đoạn dẫn nở trong khuôn kim loại

Trước hết, các hạt polystyrol được giãn nở sơ bộ trong buồng hơi có nhiệt độ 95°C , thể tích của nó nở ra khoảng 3 đến 4 lần thể tích ban đầu. Mục đích của quá trình là kiểm soát được tỷ trọng của mẫu tạo ra, từ đó có thể thay đổi tỷ trọng của mẫu sao cho phù hợp với yêu cầu công nghệ, đảm bảo việc điền đầy khuôn sau này.

Ép và dẫn nở mẫu trong khuôn kim loại

Các hạt polystyrol đã qua giãn nở sơ bộ được phun vào trong khuôn hợp kim nhôm, khuôn được đặt trong môi trường có áp suất $P = 0,14 \text{ MPa}$, nhiệt độ $T' = 102 - 120^{\circ}\text{C}$. Lúc này các hạt polystyrol trong khuôn hợp kim nhôm giãn nở hoàn toàn do trong thành phần các hạt polystyrol có chứa pentan. Trong điều kiện nhiệt độ và áp suất như trên, pentan bay hơi và tác động lên lớp vỏ bên ngoài của hạt polystyrol, các hạt giãn nở hết thể tích và dính vào nhau tạo thành khối thống nhất mà không có liên kết hoá học.

Các hạt đã qua giãn nở sơ bộ có tỷ trọng cao thì quá trình bắn mẫu sẽ dễ dàng hơn nhưng khi đúc mẫu sẽ sinh ra nhiều khí và khả năng gây ra khuyết tật là rất lớn như không điền đầy, rỗ khí...

Các hạt qua giãn nở có tỷ trọng nhỏ khi bắn mẫu sẽ rất khó khăn do dễ bị quá nhiệt các hạt polystyrol sẽ bị co lại, mẫu không hoàn hảo, nhưng khi đúc lượng khí sinh ra ít hơn, chất lượng vật đúc đảm bảo, ít tạo khuyết tật.

Quá trình làm nguội mẫu sau khi bắn

Khi kết thúc quá trình giãn nở trong khuôn kim loại, ta tiến hành làm nguội mẫu để ổn định kích thước mẫu, đảm bảo độ bền của mẫu.

Sau khi giãn nở xong khuôn được làm nguội dưới dòng nước chảy liên tục, nhiệt độ của mẫu giảm tới nhiệt độ môi trường. Do hợp kim nhôm làm khuôn có tính dẫn

nhật tốt nên khi nhiệt độ của khuôn giảm bằng nhiệt độ của môi trường ta có thể lấy mẫu ra khỏi khuôn. Đây là thời điểm mẫu rất dễ bị biến dạng khi có tác động, vì vậy cần để mẫu ổn định trong không khí cho tới khi kích thước ổn định.

Cách ghép mẫu với hệ thống rót

Thông thường các chi tiết nhỏ được gắn lại với nhau thành một chùm chi tiết có khối lượng đủ lớn để dễ dàng rót khuôn và chèn mẫu. Có thể ghép nhiều chùm mẫu vào cùng một hệ thống rót. Điều này phụ thuộc vào kết cấu các chi tiết và kích thước của chúng. Tiếp theo đó là sơn mẫu và sấy khô mẫu trong lò sấy khoảng 10 đến 15 phút. Sau khi mẫu khô thì mới tiến hành ghép hệ thống rót. Quá trình ghép mẫu và hệ thống rót hoàn toàn bằng phương pháp thủ công. Số lượng mẫu và kích thước hệ thống rót được tính toán chính xác và nguyên lý tính toán hệ thống rót có nhiều điểm khác với phương pháp đúc thông thường.

Chất gắn mẫu

Để ghép được các chi tiết nhỏ thành một chùm chi tiết phải dùng một chất dính kết chúng lại với nhau để tạo thành một khối thống nhất, kim loại lỏng có thể chuyển động trong đó mà không gây khuyết tật vật đúc. Có thể dính mẫu bằng hai cách sau:

- Vật liệu polystyrol chịu nhiệt kém và có khả năng tự dính ở nhiệt độ nóng chảy nên có thể dùng nhiệt để dính các mẫu lại với nhau (với một thanh kim loại mỏng được hơ nóng trên bếp điện). Nhưng cách này chỉ dùng để ghép rãnh dẫn với hệ thống rót vì nếu dùng nhiệt để dính thì không đảm bảo cho mẫu dính chặt nhau.

- Có thể gắn mẫu bằng chất dính...

5.3.3. Chất sơn mẫu

Trong công nghệ đúc mẫu cháy, mẫu phải được phủ bằng một lớp sơn. Lớp sơn có tác dụng:

1. Tăng độ bền bề mặt khuôn, khuôn không bị xói mòn hay vỡ dưới tác dụng của dòng kim loại;
2. Đảm bảo chất lượng bề mặt vật đúc, mặt vật đúc nhẵn, không bị cháy cát cơ học và hoá học;
3. Làm cho bề mặt khuôn đúc nhẵn bóng vì chất sơn phủ rất mịn nên chúng sẽ lấp vào các lỗ hổng nhấp nhô giữa các hạt cát và làm cho bề mặt khuôn phẳng nhẵn;
4. Làm tăng khả năng chịu nhiệt của khuôn đúc vì chất sơn phủ khuôn được chế tạo từ những vật liệu có độ chịu nhiệt cao;

5. Chống được hiện tượng cháy cát tiếp giáp với vật đúc và hiện tượng cát dính bám lên bề mặt vật đúc, nhờ vậy mà bề mặt vật đúc khi đúc ra được nhẵn đẹp. Trong chất sơn phủ có chứa cacbon, khi rót kim loại vào sẽ sinh ra khí và tạo nên lớp ngăn cách giữa kim loại và khuôn đúc khiến chúng không tiếp xúc trực tiếp với nhau và nhờ vậy mà chống được sự cháy dính cát khuôn;

6. Tạo một lớp sơn ngăn cản tiếp xúc trực tiếp giữa kim loại lỏng và khuôn, ngăn ngừa các khuyết tật trên bề mặt vật đúc. Cụ thể, lớp sơn sẽ tăng cường độ bền bề mặt cho hỗn hợp làm khuôn, chống lại sự xói mòn khuôn do dòng chảy của kim loại, ngăn cản các phản ứng hoá lý giữa kim loại lỏng và khuôn hoặc tạo ra những tính năng đặc biệt trên bề mặt vật đúc, hợp kim hoá bề mặt bằng sơn khuôn;

7. Đối với sơn dùng trong công nghệ mẫu tự thiêu còn có những tác dụng khác nữa như: có độ bền cơ học cao để trong khoảng thời gian mẫu đã cháy, kim loại lỏng chưa điền đầy và thay thế mẫu, khuôn không bị sập; có khả năng thấm ướt tốt để bám chắc vào mẫu polystyrol.

Như vậy sơn khuôn và chất sơn khuôn có ảnh hưởng lớn tới chất lượng vật đúc (tổ chức kim loại cũng như khuyết tật đúc) và sản phẩm.

Thành phần chính của sơn mẫu polystyrol là dung môi, chất dính và phụ gia. Công nghệ sơn thường là sơn nhúng hoặc phun trực tiếp. Để đảm bảo chất lượng lớp sơn, dung môi phải có khả năng thấm ướt bề mặt mẫu polystyrol nhưng lại phải bay hơi nhanh khi hong trong không khí.

Ảnh hưởng của dung môi đến chất lượng màng sơn

Dung môi dễ bay hơi thì màng sơn sẽ khô nhanh chóng nhưng nếu như dung môi bay hơi nhanh quá thì không thể dùng chổi để sơn được. Khi dung môi bốc hơi nhanh quá thì chúng sẽ hút nhiều nhiệt làm cho dung dịch và không khí xung quanh bị lạnh, và như thế là hơi ẩm trong không khí sẽ ngưng tụ lại trên bề mặt sơn làm cho màng sơn có vết, bị bạc hay bị đục... Muốn khắc phục điều này thì phải dùng thêm ít dung môi chậm bay hơi để điều chỉnh tốc độ tạo màng.

Các điểm cần lưu ý khi sử dụng dung môi trong chất sơn khuôn

- Khả năng hoà tan của dung môi;
- Ảnh hưởng của dung môi đến độ nhớt của dung dịch sơn, thực tế với cùng một loại nhựa, nếu dùng dung môi khác nhau thì độ nhớt của dung dịch cũng khác nhau cho nên phải chú ý tới việc chọn dung môi sao cho phù hợp;

- Mùi vị và màu sắc bên ngoài, ví dụ như dầu thông có màu vàng chứng tỏ rằng nhựa thông đã bị hoá nhựa một phần, đã kém phẩm chất;

- Dung môi thường dùng với một số lượng khá nhiều nên có ảnh hưởng tới giá thành của sơn. Muốn giảm giá thành thường dùng thêm một loại chất lỏng hữu cơ dễ bay hơi rẻ tiền hơn gọi là chất pha loãng.

Chất pha loãng chỉ hoà tan được chất tạo màng khi nó được sử dụng cùng với dung môi, cho nên khi dùng chất pha loãng phải chú ý việc chọn dung môi thích hợp giữa chất pha loãng với chất dung môi. Sự phù hợp giữa chất pha loãng và dung môi không chỉ ảnh hưởng tới khả năng hoà tan của màng mà còn ảnh hưởng đến chất lượng của màng sơn.

Đối với đúc mẫu chảy, thành phần sơn có thể dùng như sau: 50 - 60% $ZrSiO_4$ + 1,0 - 3,0% sét + 1,0% CMC + 0,5% đextrin, còn lại là nước.

5.3.4. Cách chèn mẫu trong khuôn

Trước hết rải một lớp cát mịn đều ở đáy khuôn. Đặt mẫu xếp vào hòm khuôn sao cho thật vững chắc, không xảy ra hiện tượng đổ mẫu, sau đó phủ cát lên trên để giữ vững mẫu.

- Bố trí mẫu trong hòm khuôn sao cho số lượng mẫu là nhiều nhất nhưng không làm ảnh hưởng tới dòng chảy của từng mẫu, có nghĩa là tuy đặt nhiều mẫu nhưng vẫn thuận lợi cho dòng kim loại khi chảy vào ống rót.

- Sau khi phủ cát vào trong hòm khuôn sao cho cát giữ chặt mẫu, tiếp tục rải cát khô theo một chiều nhất định sao cho lượng cát được rải đều trên mọi mặt và mọi góc ngách của mẫu và hòm khuôn theo hướng từ trên xuống dưới để đầm chặt mẫu.

- Các mẫu gần nhau cần đặt sao cho hệ thống rót phải ngược chiều nhau để tránh hiện tượng không đồng đều của trường nhiệt độ gây ảnh hưởng đến sự co giãn của mẫu ở bên cạnh.

Độ chân không khi rót khuôn

Sau khi phủ cát thì tiến hành hút chân không, hệ thống hút chân không gồm một ống hút chân không có van đóng mở, đồng hồ đo áp suất... Áp suất trong khoảng làm việc tốt nhất là: $0,4 \div 0,7 \text{ daN/cm}^2$.

Việc hút chân không có tác dụng làm cho thành của mẫu được bền, vững chắc, không bị sụp đổ do ngoại lực tác dụng, kim loại có thể dâng hết chiều cao của mẫu và điền đầy tốt.

5.3.5. Yếu tố ảnh hưởng tới quá trình điền đầy

Công nghệ mẫu tự thiêu có tính chất khác biệt với các công nghệ khác, vì vậy các công thức thiết kế công nghệ thông thường không thể áp dụng được vào trong công nghệ mẫu tự thiêu. Trong công nghệ mẫu tự thiêu phải xét tới các yếu tố tác động có ảnh hưởng trực tiếp tới quá trình điền đầy. Khi dòng kim loại lỏng đi vào trong khuôn, nhiệt của nó sẽ làm mẫu chảy đi một phần, phần còn lại bị phân huỷ và hoá hơi. Toàn bộ lượng hơi thoát ra ngoài lớp sơn nhờ lực hút chân không và một phần bị đẩy lên phía trên. Như vậy, giữa phần kim loại đã đông đặc và mẫu xốp có tồn tại một khoảng khí đệm. Tốc độ rót sẽ quyết định chiều dày lớp khí đệm này và qua đó là ảnh hưởng đến tốc độ điền đầy của vật đúc.

Khi rót tương đối chậm, khí tạo ra nhanh chóng và thoát khí mạnh nhờ lực hút chân không nhưng dòng kim loại lỏng dâng chậm, khe hở giữa kim loại và mẫu xốp tăng, đồng thời với lực hút chân không mạnh, mẫu bị sập không thể điền đầy chi tiết.

Nếu tốc độ dâng của dòng kim loại nhanh, khe hở giữa khí và kim loại nhỏ, khí sinh ra không thoát kịp ra ngoài gây lên hiện tượng rỗ khí chi tiết không đảm bảo chất lượng bề mặt, vật đúc không điền đầy hoàn hảo. Nếu lượng khí sinh ra vì một lý do nào đó mà lại tạo một áp lực chống lại dòng kim loại lỏng điền đầy khuôn, nó sẽ đẩy dòng kim loại trào ngược trở lại khi chi tiết chưa điền đầy.

Ở giai đoạn đầu của quá trình rót, tốc độ bay hơi của mẫu tự thiêu khá lớn, sau đó giảm dần bằng tốc độ dâng của dòng kim loại lỏng. Khe hở khí giữa mẫu và dòng kim loại ổn định đến khi kim loại điền đầy chi tiết.

Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình điền đầy khuôn bao gồm: Tốc độ chảy và hoá hơi của mẫu khi tiếp xúc với dòng kim loại lỏng, áp lực hút chân không của thiết bị hút.

Lực hút chân không

Đây là phần khác biệt so với các công nghệ khác. Lực hút chân không có tác dụng như sau:

- Lực hút chân không tạo độ bền cho khuôn.
- Lực hút có tác dụng hút khí tạo ra từ mẫu, đẩy dòng kim loại điền đầy trong khuôn.
- Lực hút chân không nếu đủ mạnh sẽ hút hết lượng khí đã tạo ra và tổng chúng ra khỏi bề mặt khuôn, giảm chiều dày khe hở khí giữa kim loại lỏng và khí, làm tăng khả năng điền đầy trong khuôn, giảm áp lực khí tác động lên dòng kim loại trong khuôn.

Lượng khí thoát ra ngoài chủ yếu là nhờ áp lực hút chân không. Ngoài ra, chân không còn có tác dụng hút cả đồng kim loại vào các góc ngách khó điền đầy của hốc khuôn.

Nếu không có lực hút chân không, cát thạch anh là khối rời rạc không có độ bền, không thể đảm bảo cho quá trình kim loại điền đầy khuôn. Khí sinh ra từ mẫu không thoát kịp, chi tiết không điền đầy, mẫu biến dạng trước khi kim loại điền đầy khuôn.

Lực hút chân không không được quá mạnh vì khi đó khuôn tác động lên mẫu làm biến dạng mẫu dẫn đến chi tiết bị biến dạng. Áp lực hút chân không cần giữ khuôn có độ bền không làm biến dạng mẫu nhưng vẫn đảm bảo tính hút khí ra khỏi mẫu, áp suất hút chân không tốt nhất là nằm trong khoảng $P = 0,4 \div 0,7 \text{ atm}$.

Tốc độ dâng của kim loại

Mẫu xốp trong công nghệ mẫu tự thiêu có tỷ trọng $0,02 \div 0,025 \text{ g/cm}^3$. Với tỷ trọng như trên, lượng khí sinh ra đảm bảo vừa đủ để thoát ra ngoài qua lớp sơn và đảm bảo không cháy quá nhanh để khe hở giữa kim loại và khí sinh ra quá dày, ảnh hưởng tới chất lượng vật đúc. Tốc độ dâng của kim loại cần phải phù hợp với tốc độ hoá hơi của mẫu.

Việc hút chân không có mục đích là tạo ra trong khuôn, ruột áp suất sao cho khi kim loại lỏng đi từ thấp lên cao và thay thế vị trí của mẫu thì độ chân không được duy trì không đổi và kim loại tiếp tục dâng lên theo suốt chiều cao của mẫu.

Việc hút chân không là hết sức quan trọng vì sau khi rung và rải cát, khuôn không có độ bền, khi rót kim loại vào khuôn, mẫu sẽ bị sập. Khi hút chân không, lượng kim loại vào hệ thống rót Q sẽ cân bằng được với áp suất khí do mẫu tạo ra, đảm bảo cho mẫu đủ bền trong quá trình điền đầy. Về mặt lý thuyết, tốc độ dâng của kim loại trong khuôn phải đạt từ $0,05 - 0,10 \text{ m/s}$. Với những vật đúc nhỏ thì tốc độ dâng còn cao hơn nữa.

Bởi vậy, việc thiết kế hệ thống rót là rất quan trọng đối với mẫu tự thiêu. Nếu hệ thống quá nhỏ sẽ dẫn đến hiện tượng kim loại vào khuôn ít và sẽ đông đặc rất nhanh, vật đúc sẽ bị thiếu dẫn đến sai kích thước, hình dạng. Nếu hệ thống rót quá lớn thì lượng kim loại vào trong khuôn nhiều, lúc này $Q > P_k$ cho nên vật đúc sau khi hình thành sẽ có rỗ khí, không đạt yêu cầu. Mặt khác, khi lượng kim loại chảy vào khuôn quá lớn nhưng độ bền của mẫu lúc này không tốt gây ra đổ mẫu và dẫn đến hiện tượng rỗ cát.

Chú ý: Trong khi rót mẫu tự thiêu phải rót nhanh vì khi rót nhanh độ bền của khuôn mới được bảo đảm (nhưng không được rót thiếu). Nếu rót kéo dài thì lượng kim loại sẽ truyền nhiệt cho mẫu dẫn đến xập mẫu khuôn.

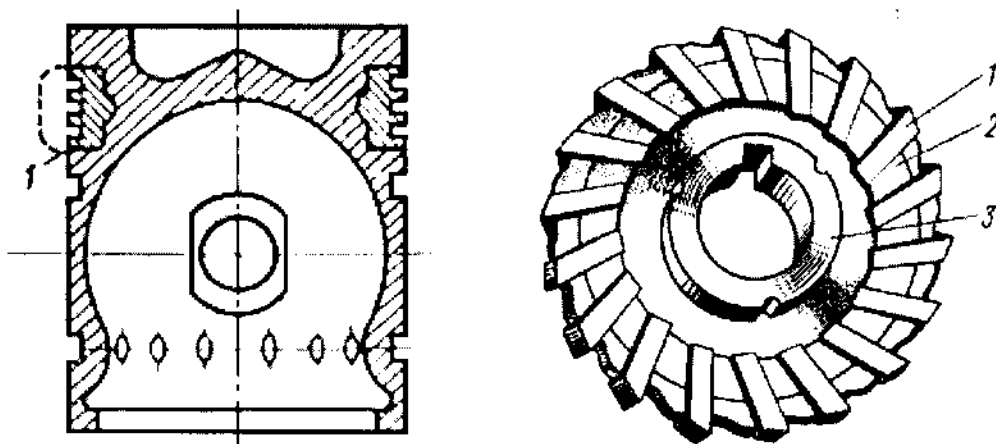
5.4. ĐÚC COMPOZIT

5.4.1. Đặc điểm và lĩnh vực sử dụng

Đúc composit là một thuật ngữ dùng để chỉ một phương pháp đúc trong đó dùng kim loại lỏng ghép nhiều phần riêng rẽ của một chi tiết thành một chi tiết hoàn chỉnh. Kim loại lỏng sau khi đông đặc sẽ tạo thành pha nền, các phần chi tiết ghép được coi là pha tăng cường. Bởi vậy phương pháp này có tên là đúc composit. Những phần riêng rẽ nối trên có thể là cùng chủng loại vật liệu với kim loại nền mà cũng có thể khác chủng loại với kim loại nền. Thí dụ, pittông nhôm có vòng nước làm nguội ở đỉnh làm bằng đồng, có miếng đệm để lắp xecmăng làm bằng thép, hoặc lưỡi dao phay kim loại (hình 5.12).

Cơ sở lý thuyết của phương pháp này chính là quá trình tăng cứng cho vật liệu và quá trình khuếch tán trong công nghệ đúc bimetal hai lớp. Bản chất của nó là sự tiếp xúc và tạo thành liên kết bền giữa pha rắn và kim loại nền. Tính chất vật đúc composit phụ thuộc rất nhiều vào đặc tính tiếp xúc giữa hai phần: rắn và kim loại nền. Chính vùng tiếp xúc đó, nơi xảy ra những quá trình hoá - lý phức tạp, sẽ quyết định việc hình thành các tính chất của vật đúc.

Đúc composit về bản chất, có đầy đủ các ưu điểm của vật liệu tổ hợp composit nhưng nó lại mang ưu điểm riêng của phương pháp đúc, đó là đúc được những chi tiết có hình dạng phức tạp, chiều dày thành nhỏ mà các phương pháp khác không thể nào chế tạo được.



Hình 5.12. Chi tiết đúc composit

1. Phần tử rắn (pha cứng); 2. Pha nền kim loại

Công nghệ đúc composit thường dùng cho các chi tiết làm việc trong những điều kiện đặc biệt, thí dụ:

- Gạch gang trong lò cao: ống nước làm nguội chạy bên trong vật đúc.
- Pittông nhôm cho động cơ cỡ lớn: có vòng làm nguội cùng miếng đệm đặc biệt.
- Xilanh hai lớp, lớp trong bằng gang chịu mòn, phía ngoài là gang thường có cánh tản nhiệt.
- Trục cán mía, giấy: lớp vỏ làm việc chịu mài mòn, trục chính là thép thường.

5.4.2. Quá trình hình thành vùng tiếp xúc

Liên kết cơ học

Liên kết cơ học chỉ xảy ra trong trường hợp kim loại lỏng không thấm ướt bề mặt các phần tử rắn và giữa chúng không xảy ra các phản ứng hoá học. Khi đông đặc, kim loại co lại cả về thể tích lẫn chiều dài, co ngót sẽ tạo ra một áp lực theo hướng vuông góc tới bề mặt pha rắn và hình thành liên kết cơ học. Liên kết cơ học trong nhiều trường hợp cũng khá lớn và đủ bền để chi tiết làm việc. Nếu chỉ cần tạo liên kết cơ thuần tuý, trên bề mặt chi tiết dạng trụ được tạo ren. Liên kết tạo ra cũng khá bền chặt nhờ liên kết cơ và lực co ngót bao chặt.

Khi dòng kim loại lỏng chảy trong khuôn đúc là chảy tầng và kim loại lỏng không thấm ướt bề mặt phần tử rắn, bề mặt vật đúc có dạng sóng nhấp nhô và mặt tiếp xúc đôi khi còn có khe hở khí. Điều này làm giảm chất lượng liên kết cơ học giữa hai phần chi tiết đúc.

Liên kết dính bám

Liên kết dính bám xảy ra trong trường hợp kim loại lỏng thấm ướt bề mặt phần tử rắn. Mức độ dính bám phụ thuộc vào góc thấm ướt và sức căng bề mặt giữa các pha trong hệ composit. Công liên kết phụ thuộc vào góc thấm ướt thể hiện như sau:

$$W = \sigma (1 + \cos \theta) \quad (5.3)$$

trong đó: σ - sức căng bề mặt lỏng - khí; θ - góc thấm ướt.

Sự dính bám giữa pha lỏng và phần tử rắn trong đúc composit có thể thay đổi bằng hai cách: thay đổi tính chất của vật thể rắn hoặc sử dụng tính chất của hiệu ứng hấp phụ (sử dụng chất hoạt động bề mặt).

Khi sử dụng nguyên tắc nâng cao tính thấm ướt bằng chất hấp phụ, cần chú ý đến các nguyên tố hoạt động làm thay đổi tính chất ở bề mặt giữa các pha. Thí dụ, để hợp kim thấm ướt oxit thì thành phần cần có thêm các nguyên tố có ái lực với oxy hoặc có ái lực với kim loại có trong thành phần oxit. Những nguyên tố tạo cacbit sẽ làm tăng tính thấm ướt của kim loại với cacbit hoặc graphit.

Đối với hệ tiếp xúc có góc thấm ướt $\theta < 90^\circ$, có thể nâng cao tính thấm ướt bằng cách: nâng cao nhiệt độ kim loại lỏng; sử dụng trợ dung; hợp kim hoá, tạo môi trường khí thuận lợi; thay đổi độ nhám bề mặt pha rắn...

Quá trình hình thành vật đúc chịu ảnh hưởng rất nhiều của điều kiện điền đầy khuôn và điều kiện nguội của vật đúc, nói cách khác chính là chế độ nhiệt của vật đúc – khuôn. Thí dụ, kim loại lỏng sạch không chứa oxit (trong chân không) thì không thấm ướt vật liệu phi kim. Bởi vậy, tùy thuộc từng trường hợp cụ thể như: cặp tiếp xúc, môi trường xung quanh, góc thấm ướt... mà điều chỉnh được sự dính bám trong vật liệu đúc composit.

Liên kết khuếch tán

Một số cặp vật liệu có thể xảy ra hiện tượng khuếch tán ở nhiệt độ cao khi tiếp xúc với nhau. Một trong những điều kiện để khuếch tán xảy ra là biên độ dao động của các nguyên tử phải vượt quá độ lớn khe hở giữa hai chỉ tiết. Thí dụ, chỉ tiết có độ nhám $R_a = 0,05 \mu\text{m}$, khe hở giữa hai bề mặt sẽ là 100 nm trong khi đó các nguyên tử chỉ dao động với biên độ khoảng 1,5 nm. Để khuếch tán có thể xảy ra, cần phải ép chặt hai bề mặt lại với nhau hoặc tăng cường khả năng thấm ướt giữa hai pha rắn lỏng. Tiếp theo là quá trình khuếch tán các nguyên tử từ phần này sang phần khác. Chất lượng lớp khuếch tán phụ thuộc vào hệ số khuếch tán D và tốc độ phát triển của vùng khuếch tán. Nếu có sự chênh lệch nồng độ, quá trình khuếch tán xảy ra theo phương trình Fick II. Nếu không có sự chênh lệch nồng độ, quá trình xảy ra theo cơ chế tự khuếch tán.

Quá trình tiếp xúc và hình thành liên kết đối với hệ kim loại có thể phân thành 2 nhóm:

- Nền và pha cứng hoà tan lẫn nhau nhưng không tạo thành sản phẩm tương tác.
- Trên bề mặt phân cách có tạo thành những sản phẩm mới.

Kiểu liên kết thứ nhất rất đặc trưng cho hệ Fe-C vì giữa cacbon và sắt có quá trình khuếch tán tốt. Kiểu liên kết thứ hai thường xảy ra đối với hệ hợp kim màu, thí dụ các vật liệu composit nền nhôm.

Một trong những yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng của liên kết khuếch tán là chất lượng bề mặt chi tiết rắn trước khi đúc. Thông thường người ta dùng trợ dung để cải thiện chất lượng bề mặt vật cấy trong đúc composit. Chất trợ dung ngoài nhiệm vụ ngăn cách vật cấy với môi trường, chống oxy hoá bề mặt, còn có tác dụng tinh luyện, làm sạch bề mặt khỏi các oxit. Thành phần cơ bản của chất trợ dung là borax $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ và axit boric $\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7$ với các thành phần hoạt hoá khác. Loại trợ dung này có thể chịu nhiệt độ khoảng $1000 - 1100^\circ\text{C}$ và có khả năng hoà tan các oxit khá tốt.

Quan hệ giữa nhiệt độ nung vật cấy và nhiệt độ quá nhiệt kim loại lỏng có ảnh hưởng rất mạnh đến việc hình thành và chất lượng vùng tiếp xúc. Nếu nhiệt độ bề mặt vật cấy được nâng cao xấp xỉ nhiệt độ nóng chảy thì quá trình khuếch tán xảy ra vô cùng thuận lợi. Tuy nhiên rất khó nâng được nhiệt độ vật cấy lên đến nhiệt độ gần nóng chảy, nhất là với hệ gang-thép. Bởi vậy, người ta cố gắng nâng nhiệt cho vật cấy lên cao nhất có thể để giảm nhiệt độ quá nhiệt kim loại lỏng.

5.5. ĐÚC TRONG KHUÔN VỎ MỎNG (SHELL CASTING)

5.5.1. Đặc điểm và lĩnh vực sử dụng

Phương pháp làm khuôn, ruột vỏ mỏng cùng với công nghệ mới ra đời đã phần nào khắc phục một số nhược điểm của công nghệ khuôn cát sét. Công nghệ sản xuất của phương pháp này là: dùng hỗn hợp làm khuôn là hỗn hợp cát nhựa đông rắn bằng nhiệt, bộ mẫu và hộp ruột bằng kim loại có thể gia nhiệt được. Trước hết, mẫu kim loại được nung nóng đến nhiệt độ $200 \div 300^\circ\text{C}$, đổ hỗn hợp trùm lên mẫu và giữ trong khoảng $10 \div 30$ giây. Dưới tác dụng của nhiệt, nhựa chảy mềm, liên kết các hạt cát và tạo lên một lớp vỏ dày khoảng $6 \div 20$ mm. Loại bỏ phần cát rời chưa liên kết. Dem mẫu có lớp vỏ mỏng nung trong lò ở $300 \div 400^\circ\text{C}$ trong khoảng $1 \div 3$ phút. Vỏ trở nên cứng và có độ bền hàng chục kg/cm^2 sẽ được đẩy ra khỏi mẫu. Dán hai nửa khuôn, chèn cát khô xung quanh khuôn và tiến hành rót kim loại. Hỗn hợp được tái sinh ở nhiệt độ trên 700°C .

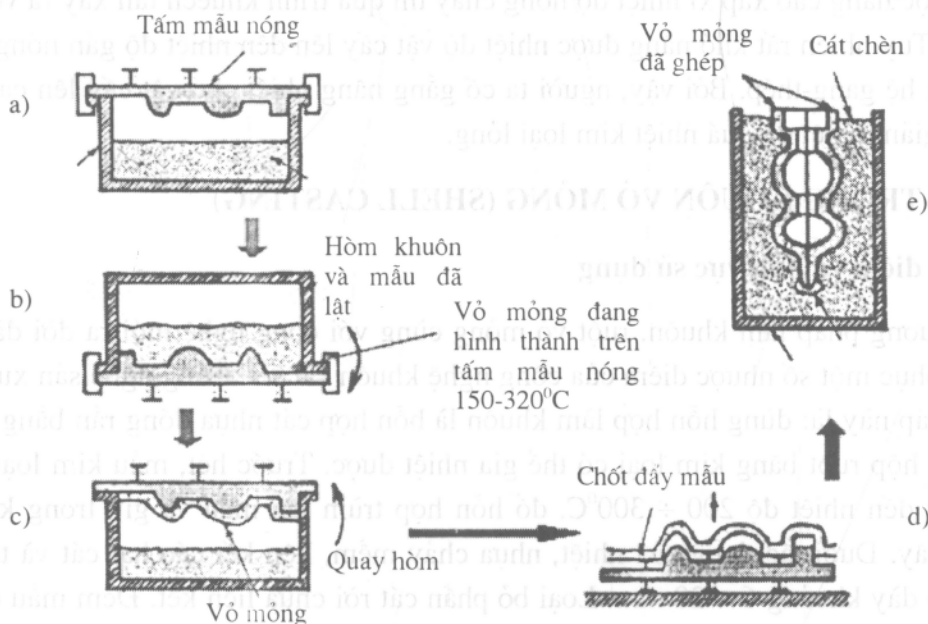
Công nghệ chế tạo khuôn, ruột cát- nhựa vỏ mỏng có những ưu điểm sau:

- 1) Tạo được khuôn, ruột thành mỏng nhẹ;
- 2) Độ thông khí tốt đảm bảo vật đúc ít bị rỗ khí;
- 3) Độ bền hỗn hợp cao;
- 4) Đảm bảo bề mặt vật đúc nhẵn, đẹp;
- 5) Ít hao phí kim loại cho hệ thống rót;
- 6) Năng suất cao do có khả năng cơ khí hoá;

7) Dễ bảo quản, dễ phá dỡ.

Song bên cạnh đó, nó cũng có một số nhược điểm là:

- a) Giá thành sản phẩm cao do phải sử dụng tấm mẫu kim loại và giá nhựa đắt;
- b) Độ tạo khí cao khi rót kim loại;
- c) Tuổi thọ thiết bị kém;
- d) Kích thước vật đúc bị giới hạn;
- e) Lấy ruột ra lúc nóng dễ bị biến dạng.



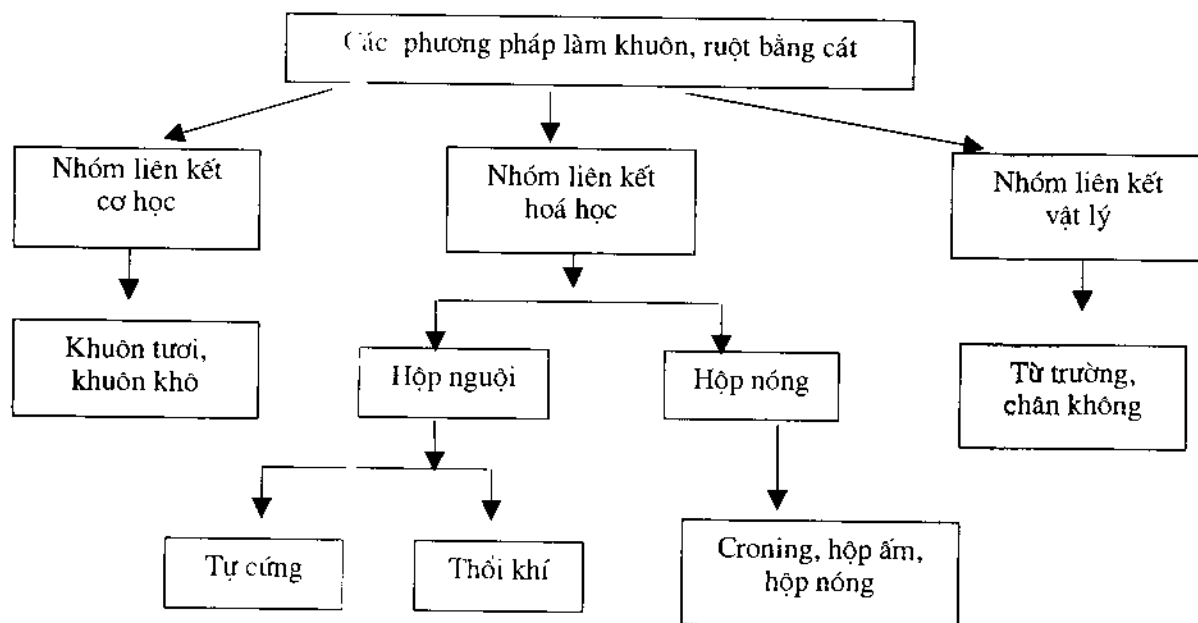
Hình 5.13. Sơ đồ nguyên lý đúc trong khuôn vỏ mỏng

Do vậy, công nghệ khuôn, ruột vỏ mỏng cát- nhựa thường áp dụng cho sản xuất hàng loạt, sản xuất những chi tiết vừa và nhỏ; trong quá trình làm khuôn, ruột và đúc rót cần sử dụng thiết bị hút khí tốt.

Hiện nay, ở Việt Nam việc áp dụng công nghệ khuôn, ruột vỏ mỏng cát-nhựa hộp nóng chưa được triển khai rộng rãi vì những lý do sau:

- + Hỗn hợp làm khuôn vỏ mỏng chưa có nơi chuyên sản xuất;
- + Giá thành nhựa cao;
- + Thiết bị chế tạo khuôn, ruột phức tạp, đắt.

5.5.2. Tổng quan về cát- nhựa



Hiện nay, các phương pháp chế tạo hỗn hợp từ cát để làm khuôn, ruột được chia thành ba nhóm chính sau:

- 1) Nhóm liên kết hỗn hợp nhờ tác dụng vật lý (từ trường, chân không...);
- 2) Nhóm liên kết hỗn hợp nhờ tác dụng cơ học (khuôn tươi);
- 3) Nhóm liên kết hỗn hợp nhờ tác dụng hoá học (hộp nóng, hộp nguội).

Các phương pháp đúc tiên tiến hiện nay phổ biến ở nhóm 3.

Trong các phương pháp chế tạo hỗn hợp làm khuôn, ruột nhờ tác dụng hoá học tùy thuộc vào phương pháp xử lý nhiệt cho hộp ruột, vỏ khuôn mà người ta đã chia thành hai nhóm sau:

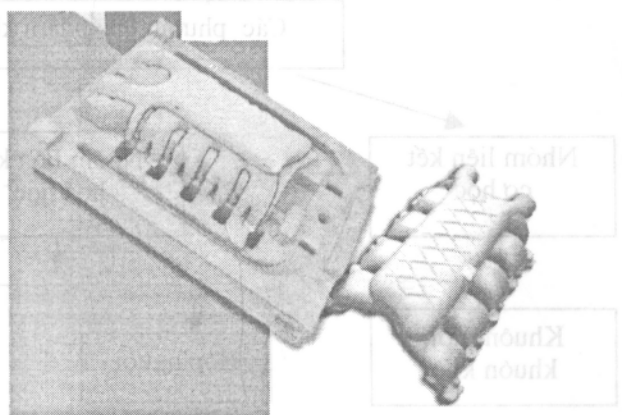
- Phương pháp xử lý nóng;
- Phương pháp xử lý nguội.

5.5.2.1. Phương pháp xử lý nóng

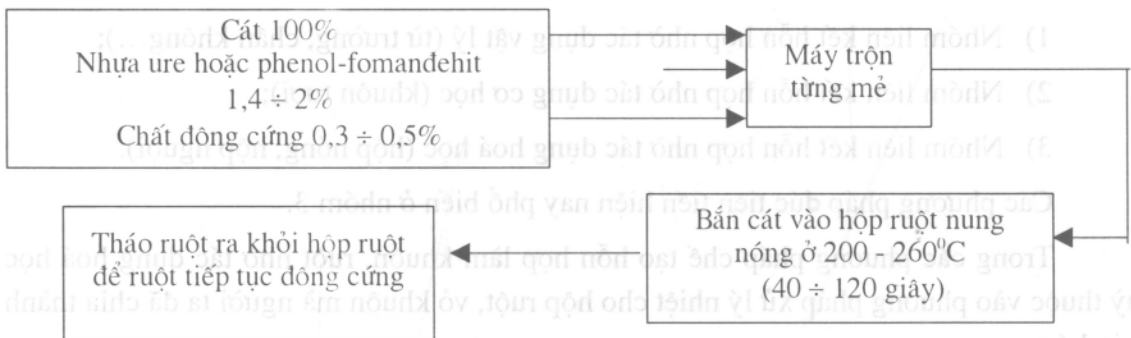
Đặc điểm quan trọng nhất của phương pháp này là cần "nhiệt". Nhiệt được cung cấp từ bên ngoài cho vỏ khuôn, hộp ruột và làm cho các phản ứng hoá học xảy ra trong khối hỗn hợp làm khuôn và tạo ra độ bền cho khuôn ruột. Nếu không cung cấp nhiệt, trong hỗn hợp cát không thể xảy ra các phản ứng hoá học và hỗn hợp không thể dùng làm khuôn ruột được.

a) Công nghệ hộp nóng (hot box)

Vật liệu ban đầu để chế tạo hỗn hợp là cát sạch, nhựa, dung môi và chất xúc tác. Trộn hỗn hợp cát - nhựa ở thiết bị trộn thông thường rồi thổi hỗn hợp vừa trộn xong vào hộp ruột kim loại hoặc mẫu đã được nung nóng sẵn đến $200 \div 260^{\circ}\text{C}$. Dưới tác dụng của nhiệt nung và chất xúc tác, nhựa sẽ đông cứng và liên kết các hạt cát, tạo nên lớp vỏ mỏng. Đặc điểm của phương pháp hộp nóng là: có thể dùng bất kỳ loại máy trộn nào để trộn hỗn hợp nhưng phải đảm bảo không phát nhiệt khi trộn, thời gian trộn ngắn; tuổi thọ của hỗn hợp ngắn nên các thao tác phải nhịp nhàng, tốt nhất là chế tạo khuôn theo dây chuyền; chỉ có thể chế tạo những khuôn, ruột đặc.

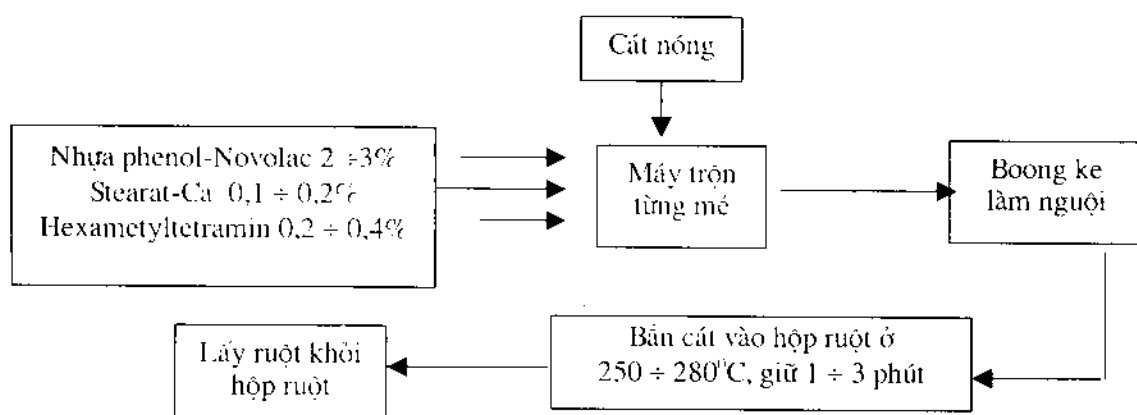


Hình 5.14. Khuôn ruột mỏng vỏ theo phương pháp hộp nóng và vật đúc



b) Công nghệ Cròning

Trước hết tiến hành bọc nhựa cho cát làm khuôn. Hỗn hợp cát - nhựa được trộn ở máy trộn nóng ($200 \div 280^{\circ}\text{C}$) để tạo ra lớp vỏ nhựa bao bọc xung quanh hạt cát. Hỗn hợp này có thể để lâu trong kho mà không bị đông rắn. Khi làm khuôn, hỗn hợp được đổ đầy trên mẫu đã nung nóng tới $200 \div 250^{\circ}\text{C}$ sau đó sẽ có một lớp hỗn hợp đông rắn dày khoảng $6 \div 9$ mm. Sấy tiếp tục nhựa sẽ đông rắn hoàn toàn.



c) Công nghệ hộp ấm (Warm-box)

Cũng tương tự như công nghệ hộp nóng, chỉ khác là nhiệt độ nung mẫu, hộp ruột chỉ ở nhiệt độ $140 \div 180^\circ\text{C}$.

d) Điểm khác biệt giữa công nghệ hộp nóng và công nghệ Croning

- Công nghệ Croning do ông Croning người Đức phát minh năm 1943 và được đưa vào sản xuất trong những năm sau đó. Theo công nghệ này, việc chế tạo khuôn ruột mỏng vỏ sử dụng nhựa phenol-fomandehit, sản xuất ruột rỗng hoặc ruột vỏ mỏng từ một loại hỗn hợp rời và khô được chế tạo từ cát thạch anh và nhựa có khả năng biến mềm, chảy lỏng tốt. Lớp vỏ được hình thành dần dần nhờ nhiệt của hộp ruột kim loại đã được nung nóng đến nhiệt độ $240 \div 280^\circ\text{C}$. Lớp vỏ sẽ tiếp tục được đóng rắn nhờ nhiệt độ của mẫu kim loại khi tiếp tục gia nhiệt. Hình dáng hình học cuối cùng của khuôn ruột có độ chính xác rất cao.

Công nghệ hộp nóng ra đời năm 1959-1960. Do nhu cầu sản xuất hàng loạt lớn nhờ dây truyền tự động hoá toàn bộ và nhằm tránh phải lật thùng, lật hộp ruột nhiều lần. Theo công nghệ này, ruột có kích thước và hình dáng chính xác bởi hộp ruột bằng kim loại và hỗn hợp được bắn vào trong hộp ruột và được đóng rắn nhờ nhiệt. Sau khi tháo khỏi hộp ruột, ruột tiếp tục được đóng cứng do nó vẫn được tích nhiệt. Như vậy cần thiết phải sử dụng ruột đặc, do đó tiêu tốn hỗn hợp làm khuôn nhiều hơn, tính kinh tế kém hơn công nghệ Croning. Ưu điểm của phương pháp này là chế tạo được ruột bền hơn. Nhựa sử dụng là các loại nhựa ure-fomandehit, phenol-fomandehit, furan... đã được biến tính (tức là thay nhóm cầu nối CH_2 bởi các cầu nối khác) nên sự đóng rắn thường xảy ra ngay tức thời khi cho hỗn hợp vào mẫu hoặc hộp ruột kim loại. Hỗn hợp để trong kho thời gian dài sẽ tự đóng rắn cho nên thường phải sử dụng ngay sau khi chế tạo.

Điều khác biệt giữa hai công nghệ này là, công nghệ Croning dùng cát đã bọc nhựa từ trước còn công nghệ hộp nóng phải trộn cát với nhựa rồi mới phun vào hộp ruột.

Điều giống nhau của hai công nghệ là quá trình đông rắn đều nhờ nhiệt của hộp ruột được nung nóng từ trước.

e) Ưu nhược điểm của phương pháp xử lý nóng

* Ưu điểm:

- 1) Tạo khuôn ruột thành mỏng nhẹ;
- 2) Độ bền hỗn hợp cao;
- 3) Đảm bảo vật đúc chính xác, bề mặt nhẵn đẹp;
- 4) Năng suất cao;
- 5) Thông khí tốt;
- 6) Bảo quản dễ;
- 7) Dễ phá dỡ.

* Nhược điểm:

- 1) Giá thành cao, do cần nhiệt để nung nóng các thiết bị và giá nhựa đắt;
- 2) Độ tạo khí cao khi rót kim loại;
- 3) Tuổi thọ thiết bị kém;
- 4) Kích thước vật đúc bị giới hạn;
- 5) Lấy ruột ra lúc nóng dễ bị biến dạng.

5.5.2.2. Phương pháp xử lý nguội (Công nghệ hộp nguội)

Theo phương pháp này không cần dùng nhiệt cũng như các thiết bị cung cấp nhiệt do đó có thể dùng mẫu gỗ.

Công nghệ hộp nguội xử lý ở nhiệt độ phòng mà thời gian xử lý vẫn ngắn, đảm bảo các đặc tính công nghệ và có thể sản xuất hàng loạt. Hiện nay công nghệ hộp nguội đã và đang phát triển mạnh.

Ở công nghệ hộp nguội, hỗn hợp được chế tạo bằng cách trộn cát, chất dính và chất xúc tác lỏng hoặc khí, nhờ chất xúc tác, hỗn hợp được đông rắn ở nhiệt độ thường. Thời gian đông rắn từ vài giây đến hàng giờ (phụ thuộc vào lượng chất xúc tác).

Chất dính hay được sử dụng trong công nghệ hộp ngụy là chất dính nhựa hữu cơ.

Trong công nghệ hộp ngụy có các công nghệ sau:

a) Công nghệ hộp ngụy tự cứng

Hộp ngụy tự cứng có nghĩa là: hỗn hợp làm khuôn, ruột được chế tạo bằng cách trộn cát với chất dính và chất xúc tác dạng lỏng. Nhờ tác dụng của chất xúc tác với chất dính mà hỗn hợp tự động cứng trong không khí ở nhiệt độ bình thường trong vài phút tới vài giờ (phụ thuộc vào chất xúc tác).

* Ưu điểm: Đảm bảo vật đúc chính xác, bề mặt nhẵn đẹp; Bộ mẫu, hộp ruột có thể làm bằng gỗ nên rẻ; Có thể cơ khí hoá; Độ bền hỗn hợp cao; Dễ phá dỡ sau khi đúc rót.

* Nhược điểm: Tuổi bền của hỗn hợp kém, có thể chỉ là vài phút do đó không sản xuất được vật đúc có kích thước lớn, chỉ sử dụng cho sản xuất vật đúc nhỏ.

b) Công nghệ hộp ngụy thổi khí

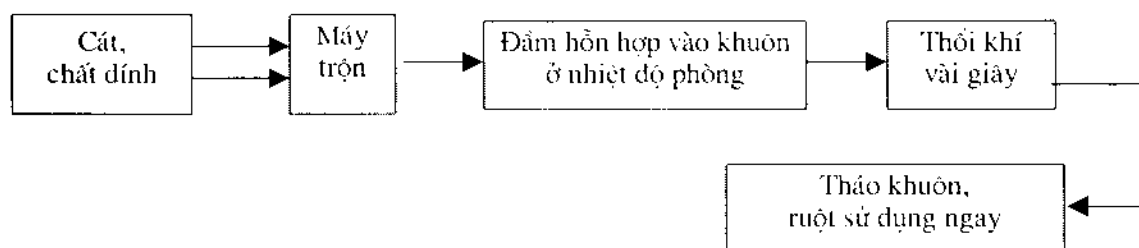
Chất dính sử dụng là nhựa hữu cơ hoặc thuỷ tinh lỏng. Theo công nghệ này hỗn hợp chỉ bao gồm hai phần tử là cát và chất dính, quá trình đông cứng xảy ra chỉ khi có xúc tác hoặc khí thổi trong hỗn hợp. Công nghệ này có nhiều ưu việt so với phương pháp tự cứng là tuổi bền của máy trộn khá cao, thời gian đông cứng nhanh (vài giây). Tuổi bền sẽ kéo dài nếu hỗn hợp không được thổi khí, bởi vậy hỗn hợp có thể được giữ nhiều giờ trước khi dùng. Nếu dây chuyền sản xuất dùng thì cát ruột đã trộn không bị bỏ đi. Công nghệ này còn có lợi nữa là khí đi tới tất cả các phần của khuôn, ruột nên sự đông cứng đều, dễ cơ khí hoá, tự động hoá.

* Ưu điểm:

- a) Đảm bảo vật đúc chính xác, bề mặt nhẵn đẹp;
- b) Bộ mẫu hộp ruột có thể làm bằng gỗ;
- c) Có thể cơ khí hoá, tự động hoá;
- d) Thời gian đông cứng nhanh nên năng suất cao;
- e) Không có “tuổi bền” của hỗn hợp.

* Nhược điểm: Giá thành cao; Cát phải sạch, không ẩm.

Quy trình công nghệ này theo hình sau:



5.5.3. Thành phần hỗn hợp làm khuôn trong công nghệ hộp nóng

a) Cát làm khuôn

Cát làm khuôn vỏ mỏng cần thỏa mãn những yêu cầu nhiều mặt như: trơ đối với tác dụng hoá học, chịu nóng tốt, dẫn nhiệt ít... Cát có hình dạng tròn thì diện tích bề mặt nhỏ nhất nên cần lượng chất dính bao bọc ít nhất. Nếu cát góc cạnh thì diện tích bề mặt lớn nên cần lượng chất dính bao bọc nhiều hơn. Cát có độ hạt nhỏ thì độ bóng, độ nhẵn của vật đúc cao, nhưng tốn chất dính, cần nhiều chất xúc tác, thời gian đông cứng lâu.

Cần hạn chế hàm lượng bụi trong cát để đỡ tổn thất chất dính và đảm bảo độ bền của hỗn hợp. Vì thế cát thạch anh dùng làm khuôn vỏ mỏng phải sạch: hàm lượng SiO_2 cao trên 97% (thuộc loại 1K), chứa ít oxit sắt ($< 0,5\%$), ít tạp chất có hại ($< 1\%$) và ít chất bùn ($< 1\%$).

Oxit kim loại kiềm ảnh hưởng xấu tới chất lượng bề mặt vật đúc. Đất sét trong cát làm giảm độ linh động của hỗn hợp và độ bền của vỏ. Thí dụ: cát chứa 3% đất sét làm giảm 50% độ bền của vỏ.

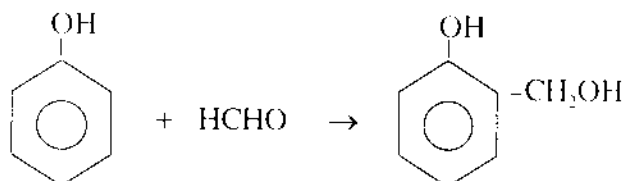
Khuôn vỏ mỏng cho khí đi qua dễ dàng, thường sử dụng các loại cát có độ hạt: 1K0315, 1K021, 1K016, 1K01.

Trong một số trường hợp đòi hỏi vật đúc có chất lượng cao người ta sử dụng các loại cát zircon, cát olivin...

b) Chất dính nhựa

Chất dính nhựa quen thuộc là nhựa phenol-fomandehit. Nhựa phenol-fomandehit là sản phẩm của phản ứng giữa phenol và fomandehit, có nhiệt độ nóng chảy là $70 \div 80^\circ\text{C}$.

Trong cấu tạo phân tử phenol những gốc hydro 2, 4, 6 là những nơi hoạt tính dễ dàng tham gia phản ứng với fomandehit tạo ra rượu phenol. Trong cấu trúc nhựa phenol – fomandehit các mạch vòng gốc của phenol được liên kết với nhau bởi các cầu nối CH_2 .



Tùy thuộc vào môi trường phản ứng và chất xúc tác mà thu được nhựa nhiệt rắn hay nhựa nhiệt dẻo. Trong môi trường axit dư phenol sẽ thu được nhựa nhiệt dẻo. Trong môi trường bazơ dư fomandehit sẽ thu được nhựa nhiệt rắn. Nhựa nhiệt dẻo có tính thuận nghịch, khi gia nhiệt nhựa sẽ đông rắn nhưng khi hạ nhiệt nhựa lại trở về trạng thái lỏng. Muốn đông rắn phải dùng chất xúc tác, thường là urotropin. Nhựa thường dùng làm chất dính trong sản xuất khuôn mỏng vỏ.

* Tính chất của nhựa nhiệt dẻo:

Ở thể lỏng khi nhiệt độ tăng, nhựa sẽ trở nên loãng hơn, khi làm nguội độ nhớt lại tăng lên tới mức ban đầu. Ở thể đặc khi nhiệt độ tăng, nhựa sẽ biến mềm rồi chảy lỏng, độ nhớt của nhựa lỏng giảm dần, khi làm nguội nhựa trở nên nhớt hơn rồi mềm sau đó trở về trạng thái rắn như ban đầu.

Những quá trình này xảy ra dưới tác dụng của nhiệt mang tính thuận nghịch. Bản thân nhựa này không thể làm chất dính được. Muốn biến nhựa này thành chất dính phải cho vào hỗn hợp làm khuôn cùng với nhựa một lượng chất đóng cứng nhất định. Khi có chất đóng cứng, nhựa nhiệt dẻo trở thành nhựa nhiệt rắn.

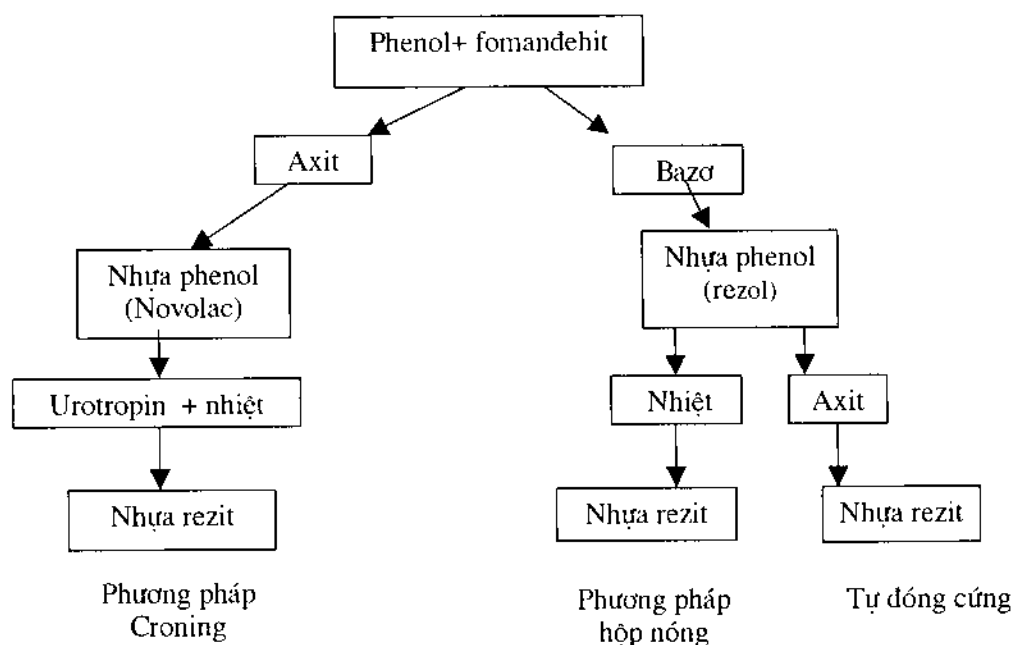
* Tính chất của nhựa nhiệt rắn:

Khi nhiệt độ tăng nhựa trở nên lỏng rồi chuyển thành trạng thái rắn. Khi nhiệt độ giảm, nhựa vẫn ở thể đặc. Lại tăng nhiệt độ nhựa vẫn ở thể đặc. Nhiệt tăng quá một mức nhất định nhựa sẽ bị phân huỷ thành khí và tro.

Bản thân nhựa này có thể làm chất dính được vì chịu tác dụng của nhiệt, sự biến đổi trạng thái của nhựa xảy ra theo các quá trình không thuận nghịch.

Khi phản ứng đa tụ nhựa xảy ra trong môi trường axit và dư phenol, nhựa có tên gọi là novolac. Nhựa này là nhựa nhiệt dẻo. Khi cho thêm fomandehit trong môi trường kiềm, novolac trở thành nhựa nhiệt rắn. Những gốc OH của phenol tiếp tục tham gia

phản ứng với fomandehit và phản ứng trùng hợp tiếp tục xảy ra tạo nên một trạng thái rắn không bị nóng chảy trong đó mỗi mạch vòng gốc phenol được liên kết với 2 hay 3 mạch vòng gốc phenol khác bởi cầu CH_2 .



Phục vụ mục đích này người ta sử dụng urotropin như là một chất đóng cứng cho novolac. Urotropin có công thức $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$ (còn được gọi là hexametyl tetramin). Ở nhiệt độ cao nó phân huỷ thành fomandehit và amoniac, fomandehit này lại tiếp tục tác dụng với phenol.

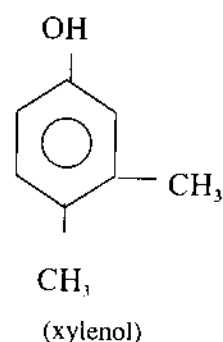
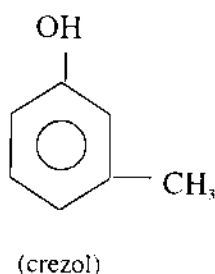
Khi phản ứng xảy ra trong môi trường kiềm và dư fomandehit sẽ xuất hiện nhựa rezol. Nhựa rezol là nhựa nhiệt rắn. Quá trình đóng cứng của nhựa rezol xảy ra theo từng giai đoạn, ở mỗi giai đoạn nhựa có trạng thái: ban đầu là trạng thái rezol (A), sau đó là trạng thái rezitol (B) và cuối cùng là trạng thái rezit (C), ứng với mỗi trạng thái là một mức độ trùng hợp của rượu phenol. Nhựa rezol có thể đông cứng nhờ nhiệt không cần chất đóng cứng.

Nhựa rezol mới điều chế (ở trạng thái A) phần lớn còn ở thể lỏng, đôi khi ở thể đặc. Chúng có khả năng dễ nóng chảy và hoà tan trong các dung môi hữu cơ. Khi bị nung nóng hay để lâu các phân tử rượu phenol liên kết với nhau, xuất hiện cầu nối CH_2 giữa chúng, nhựa chuyển sang trạng thái B. Ở trạng thái B nhựa lỏng mất tính chảy loãng và trở thành gel, nhựa rắn không thể nóng chảy mà chỉ có thể biến mềm, ở trạng thái này nhựa cũng không hoà tan trong dung môi hữu cơ nhưng trương nở trong chúng.

Khi nung nhựa trạng thái B ở nhiệt độ cao hơn, các phân tử rượu phenol tiếp tục trùng hợp, nhựa chuyển sang trạng thái C có cấu trúc không gian ba chiều. Nhựa ở trạng thái C không thể mềm khi bị nung cũng như không thể hoà tan trong dung môi hữu cơ, có độ bền cơ học và bền nhiệt cao.

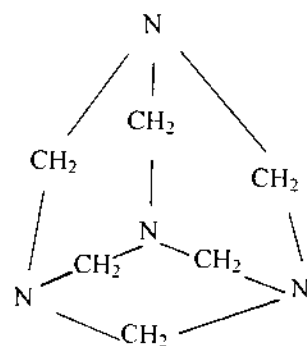
Nhựa phenol-fomandehyt được sử dụng để chế tạo khuôn vỏ mỏng. Nhựa có thể lỏng hay rắn tùy theo phản ứng đa tụ nhựa dừng lại ở giai đoạn nào. Nhựa rắn được nghiền để có cỡ hạt $< 0,63 \div 0,1 \text{ mm}$

Nhựa thường được dùng là punvebakelit, có cấu trúc ứng với trạng thái A. Trong punvebakelit lượng phenol tự do không quá 5,5%. Lượng dùng nhựa này trong hỗn hợp làm khuôn khoảng $4 \div 6\%$. Độ bền của vỏ tăng theo lượng nhựa chứa trong hỗn hợp tạo vỏ.



Chất đóng cứng được sử dụng là urotropin với tỷ lệ $7 \div 15\%$ lượng nhựa.

Để tránh hiện tượng thiên tích cát-bột nhựa trong hỗn hợp, người ta thường tạo một lớp nhựa bao quanh hạt cát trước khi đổ cát lên mẫu bằng phương pháp nóng (sử dụng nhiệt) hay phương pháp nguội (sử dụng dung môi hay chất thấm ướt). Những chất dung môi hay chất thấm ướt có thể được sử dụng là furfurol (dầu vỏ hạt hướng dương), axeton, glycol, dầu hỏa... với lượng dùng $0,7 \div 1,2\%$.



Công thức cấu tạo của urotropin

Khi hỗn hợp cát - nhựa - chất đóng cứng - chất thấm ướt được nung nóng trên tấm mẫu tới khoảng 200°C , nhựa sẽ chuyển từ trạng thái A sang B. Sau một thời gian

(vài giây) sẽ hình thành một lớp vỏ bao quanh mặt mẫu. Nung vỏ ở nhiệt độ 400°C nhựa sẽ chuyển từ trạng thái B sang C. Lúc này vỏ có độ bền cao, bền kéo có thể đạt $35 \div 40 \text{ kg/cm}^2$, không bị chảy hay mềm ở nhiệt độ cao và chỉ bị phân huỷ thành tro và khí khi nhiệt độ trên 700°C . Độ bền này cho phép chỉ cần một lớp vỏ khuôn vỏ mỏng cũng chống được tác dụng cơ học, nhiệt khi rút mẫu, vận chuyển, lắp ráp và rót kim loại.

Phenol là những chất quý và đắt tiền và cũng độc hại, nên trong thời gian gần đây người ta tìm các chất khác rẻ hơn để chế tạo nhựa dùng trong hỗn hợp làm khuôn vỏ mỏng. Ở Liên Xô (cũ) sử dụng ure thay phenol để chế tạo ra nhựa ure - NH_2CONH_2 fomandehit (ký hiệu M17 nhóm I); cũng có thể thay thế phenol bởi các chất có họ với phenol là crezol và xylenol.

Mặt khác nhựa phenol-fomandehit, cũng được thay thế một phần bởi các chất dính khác, thí dụ nhựa gỗ. Chất dính TCI chỉ chứa 40 - 45% nhựa phenol-fomandehit, còn lại 55 - 60% nhựa gỗ.

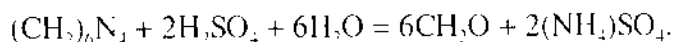
c) Dung môi

Dung môi là chất lỏng hữu cơ dùng để hoà tan chất dính tạo ra dung dịch, dung dịch này trộn với cát để tạo thành màng mỏng bao quanh các hạt cát. Khi dung môi hữu cơ bay đi để lại xung quanh bề mặt hạt cát chỉ còn lại màng chất dính mỏng, rắn. Một hỗn hợp bao phủ được hình thành. Dung môi hữu cơ cần có khả năng hoà tan nhựa, ít tạo khí và có nhiệt độ sôi thấp. Những dung môi hữu cơ thường dùng là: axeton, cồn etyl, cồn metyl, furfurool, dầu hoá.. với lượng dùng $0,7 \div 1,2\%$ so với hỗn hợp.

d) Chất xúc tác

Như đã nói ở trên, nhựa novolac là nhựa nhiệt dẻo. Để làm chất dính được thì cần phải có chất đóng cứng nhựa, chất đóng cứng nhựa thường dùng là urotropin có tên khoa học là hexametyltetramin, gọi tắt là hexa có công thức hoá học là $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$. Nhựa punvebakelit là hỗn hợp nhựa novolac dạng bột có chứa 7 - 15% urotropin.

Urotropin là tinh thể trắng sáng hình cạnh, có mùi khai, urotropin dễ tan trong nước: 81 phần vào 100 phần nước, tan rất ít trong rượu, cồn, etc... Dung dịch urotropin trong nước có phản ứng kiềm yếu, khi đun nóng với axit sẽ bị phân huỷ tạo ra fomandehit:



e) Chất cách mẫu

Chất cách mẫu được đưa vào dưới dạng hạt tinh thể nhỏ mịn, trộn đồng đều trong

hỗn hợp nhằm mục đích dễ tách khuôn, ruột ra khỏi bộ mẫu trong quá trình chế tạo. Chất cách mẫu cần thoả mãn yêu cầu: bền nhiệt, không cháy, không phân huỷ ở nhiệt độ trùng hợp nhựa (nhiệt độ đóng cứng vỏ), dễ bao phủ lên bề mặt bộ mẫu.

Chất cách mẫu sử dụng ở đây là chất muối hữu cơ stearat canxi ở dạng tinh thể nhỏ mịn, có công thức hoá học $(C_{17}H_{35}COO)_2Ca$, có nhiệt độ nóng chảy $179^{\circ}C$, không tan trong nước, tan được trong rượu nóng, etc, khuếch tán được trong dầu mỡ. Nó được điều chế bằng cách cho muối $CaCl_2$ tác dụng với stearat natri. Ngoài ra, stearat canxi là chất ổn định và khuếch tán nhiệt rất tốt. Ở nhiệt độ cao nó nóng chảy, bốc hơi phân tán nhiệt tốt. Nó khuếch tán và len lỏi từ nơi có nhiệt độ cao sang nơi có nhiệt độ thấp. Tác dụng khuếch tán nhiệt có tác dụng làm tăng hiệu quả của các phản ứng đóng rắn cần nhiệt ở những vùng có nhiệt độ thấp hơn của vỏ khuôn ruột, do đó làm tăng độ đồng đều về độ bền cho vỏ khuôn, ruột.

5.5.4. Các phương pháp bọc nhựa

Quá trình chuẩn bị và sử dụng hỗn hợp phải đảm bảo vỏ khuôn có độ bền và độ thông khí cao với lượng chất dính tiêu hao nhỏ. Dựa vào cấu trúc của hỗn hợp người ta phân biệt hai loại hỗn hợp cát nhựa: hỗn hợp cơ học và hỗn hợp bao phủ.

a. Hỗn hợp cơ học

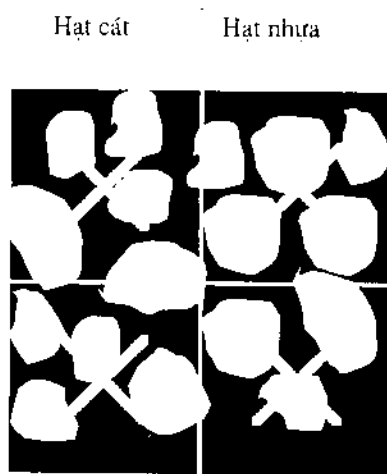
Hỗn hợp cơ học gồm những hạt cát nằm bên cạnh những hạt nhựa. Việc chế tạo hỗn hợp này rất đơn giản: trộn cát và bột bakelit trong máy trộn cánh để tạo ra sự phân bố đều giữa cát và chất dính. Hỗn hợp cơ học có nhiều nhược điểm:

+ Dễ thiên tích: Do trọng lượng riêng của cát và nhựa khác nhau ($\gamma_{nhựa} = 0,6 \text{ g/cm}^3$, bột nhựa mịn hơn cát), sau nhiều lần lật thùng hay mẫu, nhựa sẽ tách ra khỏi cát, làm giảm độ bền của hỗn hợp làm khuôn.

+ Dễ tạo thành bụi nhựa, ảnh hưởng xấu đến điều kiện lao động, mất mát nhựa lớn.

Bột nhựa dễ bị mất qua khe hở của hệ thống dẫn hỗn hợp bằng khí nén, qua hệ thống hơi ở hộp ruột hay mẫu. Máy thổi cát hầu như không sử dụng được để chế tạo vỏ khuôn, ruột từ hỗn hợp này.

Loại hỗn hợp này chỉ được sử dụng trong những năm đầu khi phương pháp đúc trong khuôn vỏ



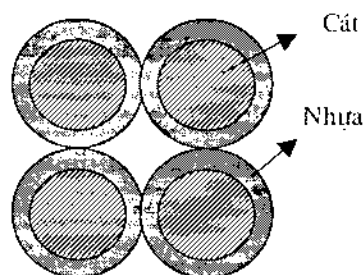
Hình 5.15. Hỗn hợp cơ học

mỏng mới ra đời. Để khắc phục phần nào những nhược điểm trên, khi chuẩn bị hỗn hợp cơ học người ta sử dụng chất thấm ướt. Những chất thấm ướt thường dùng là: dầu hoá, parafin, stearin, furfurol, axeton... lượng chất thấm ướt thường dùng là $0,2 \div 0,5\%$. Để không làm giảm độ bền của vỏ và vỏ tạo ít khí, chất thấm ướt được đưa vào trộn trước với cát để làm thấm ướt bề mặt hạt cát, tạo điều kiện giữ các hạt bột chất dính trên bề mặt các hạt cát.

b. Hỗn hợp bao phủ

Hỗn hợp bao phủ gồm những hạt hỗn hợp rời nhau, những hạt cát được bao bọc bởi một màng chất dính. Hỗn hợp loại này có nhiều ưu điểm:

- + Không thiên tích, không tạo bụi, lượng mất mát nhựa thấp.
- + Độ bền và độ thông khí cao, cho phép sử dụng ít nhựa (tới 3%).
- + Độ linh động cao.
- + Không dính mẫu.
- + Giữ được tính chất lâu dài ở nhiệt độ thường (40°C).



Hình 5.16. Hỗn hợp bao phủ

Để tạo lớp nhựa mỏng bao quanh bề mặt hạt cát có thể sử dụng các phương pháp bọc nhựa dưới đây.

1. Phương pháp bọc ngoài

Đây là phương pháp tạo một lớp nhựa mỏng trên bề mặt hạt cát mà không cần đến nhiệt. Nội dung như sau:

- Cho cát vào trong máy trộn cùng với nhựa dạng bột và một lượng nhỏ parafin và tiến hành trộn khô.
- Cho một lượng chất dung môi (cồn etyl hoặc cồn metyl), trộn tiếp.
- Tiếp tục trộn hỗn hợp, dung môi sẽ hoà tan nhựa và bao bọc lên bề mặt các hạt cát.
- Chất hexametyltetramin chứa trong nhựa thực tế không hoà tan trong dung môi nhưng được phủ lên trên lớp màng nhựa bên trên bề mặt hạt cát.
- Khi tiếp tục trộn hỗn hợp thì dung môi bay hơi dần dần, nhựa chuyển dần sang trạng thái rắn, hỗn hợp sẽ vón lại thành từng cục. Do trong hỗn hợp vẫn còn dung môi

nên khi trộn tiếp những cục này lại tiếp tục vụn thành những cục nhỏ hơn, dung môi bay hơi tiếp và làm cho những cục hỗn hợp này càng nhỏ ra, cát hầu như trở về trạng thái nguyên thủy ban đầu nhưng đã được bọc nhựa.

- Đem hỗn hợp đi sàng phân loại và rãi ra hong khô, sau đó đem sử dụng. Việc chuẩn bị hỗn hợp cát theo công nghệ này đòi hỏi thời gian kéo dài tối thiểu phải từ 30 phút trở lên, do chất dung môi bay hơi rất chậm. Để làm giảm thời gian trộn, người ta cung cấp gió thúc đẩy quá trình bay hơi dung môi.

* *Ưu điểm* của phương pháp này là:

- Không đòi hỏi bất cứ cho sự đầu tư mới nào.
- Bọc nhựa theo phương pháp này có thể tiến hành trong bất kỳ máy trộn con lăn nào.

* *Nhược điểm*:

- Không có độ bền tối ưu.
- Rất khó loại bỏ lượng dung môi dư trong hỗn hợp.
- Thời gian trộn kéo dài. Việc kéo dài thời gian trộn này có thể dẫn đến rạn nứt màng chất dính trên bề mặt hạt cát làm cho độ bền giảm và giảm tính công nghệ sản xuất (thời kém).
- Nếu giảm thời gian trộn, lúc đó hỗn hợp còn chứa khá nhiều lượng dung môi làm ảnh hưởng xấu đến tính chất của hỗn hợp khi làm khuôn, ruột.

Nói chung, ngày nay phương pháp bọc nguội này ít dùng.

2. *Phương pháp bọc nhựa bằng nhiệt*

Phương pháp bọc nhựa bằng nhiệt cũng tương tự như phương pháp bọc đã nói ở trên, điểm khác biệt ở đây là ở chỗ, trước hết trộn các thành phần khô khoảng 2 đến 3 phút các chất: nhựa, hexa, chất cách mẫu (stearat-canxi). Sau đó trộn tiếp với dung môi khoảng 1 phút, đồng thời tiến hành thổi khí nóng có nhiệt độ 100 - 150°C vào máy trộn. Dòng không khí nóng sẽ làm tăng tốc độ loại bỏ dung môi ra khỏi hỗn hợp và thời gian trộn sẽ giảm xuống chỉ còn 10 đến 15 phút. Trong phương pháp này, không thể khử được toàn bộ lượng dung môi trong hỗn hợp. Nếu cố gắng loại bỏ hoàn toàn dung môi bằng cách tiếp tục trộn sẽ dẫn đến hiện tượng màng chất dính bị nứt và do đó độ bền sẽ giảm. Như vậy trong xưởng làm khuôn đặc biệt (chuyên dùng) đòi hỏi phải có bộ phận phụ để làm khô, làm tươi hỗn hợp và do đó làm giảm đáng kể lượng dư dung môi trong hỗn hợp.

Thiết bị phụ này bao gồm: Sàng rung hai hoặc nhiều lớp, kích thước lỗ mắt sàng xếp theo thứ tự từ cao xuống thấp (12 - 1 mm). Sau khi sàng phân loại và làm toi, những cục hỗn hợp ẩm cuối cùng sẽ được đưa đến một cái sàng tiếp theo để làm toi lại và phân loại.

Ở cả hai phương pháp bọc nguội và bọc bằng nhiệt có một vài điểm giống nhau:

Có thể dùng nhựa ở cả dạng bột và dạng lỏng, không chứa urotropin. Trong dung dịch nhựa lỏng, hexa không tan trong dung môi cồn mà lắng xuống. Bởi vậy khi sử dụng cần khuấy đảo cẩn thận. Lượng dung hexa vào khoảng $12 \div 14\%$ theo khối lượng nhựa. Trong quá trình đóng rắn, hexa đóng vai trò quan trọng là tạo cầu nối CH_2 trong mạng không gian ba chiều của chất dính nhựa, đồng thời, nó cùng với parafin làm giảm sự tạo cục của hỗn hợp. Khi bọc nhựa cho cát, nếu dùng nhựa lỏng thì nên trộn các thành phần khô trước sau đó cho nhựa lỏng vào trộn cho đến khi nhựa đã bọc đều xung quanh hạt cát.

3. Phương pháp bọc nóng

Bản chất của phương pháp này là hình thành một màng nhựa trên bề mặt hạt cát và quá trình được thực hiện bằng việc làm nóng chảy hoàn toàn nhựa novolac trực tiếp trong máy trộn, nhờ có nhiệt hoặc do cát nóng mang vào ở nhiệt độ $130 \div 200^\circ\text{C}$, trong khi nhiệt độ nóng chảy của nhựa novolac là $70 \div 80^\circ\text{C}$.

Trong phương pháp này, nhựa novolac được nghiền nhỏ, không cần dung môi cho nên không phải loại bỏ lượng dung môi dư trong hỗn hợp và do đó giảm công đoạn bọc vỏ. Cát được nung sơ bộ ở ngoài máy trộn trong một thiết bị thích hợp, với thiết bị nung này cát đạt nhiệt độ $150 \div 200^\circ\text{C}$. Sau đó, đổ cát nóng vào máy trộn; tiến hành cho nhựa novolac ở dạng vụn vào trộn. Trong quá trình trộn, nhựa nóng chảy và bọc lên bề mặt hạt cát. Khi nhiệt độ hỗn hợp giảm đi còn khoảng $100 \div 120^\circ\text{C}$ thì tiến hành cho hexa ở dạng dung dịch nước cùng chất cách màu vào trộn tiếp cho đến khi hỗn hợp nguội xuống nhiệt độ phòng. Lấy hỗn hợp ra khỏi máy trộn, sàng phân loại và đưa vào sản xuất.

Theo quan điểm về kinh tế và kỹ thuật thì phương pháp bọc nóng thể hiện là phương pháp có nhiều ưu việt hơn cả. Việc bọc vỏ xảy ra ở nhiệt độ khá cao, tại nhiệt độ đó, các phản ứng hoá học của nhựa novolac cùng với chất đóng cứng xảy ra rất thuận lợi. Ở nhiệt độ làm việc cao, để quá trình bọc nhựa xảy ra thuận lợi (nhựa chảy tốt) nên thường dùng loại nhựa novolac có nhiệt độ chảy thấp $70 \div 80^\circ\text{C}$. Chất lượng của hỗn hợp cát nhựa hoàn toàn phụ thuộc vào nhiệt độ và thời gian trộn. Trong quá trình bọc nhựa này nếu nhiệt độ và thời gian trộn không đạt được giá trị tối ưu thì lượng nhựa trong hỗn

hộp làm khuôn phân bố không đồng đều, độ bền cuối cùng giảm đi.

Phương pháp bọc nóng nói chung cũng rất khó khăn, đòi hỏi những thiết bị hoàn hảo, các thông số nhiệt độ thời gian... cần được khống chế chặt chẽ. Ở Tiệp Khắc cũ người ta chỉ bọc nhựa bằng phương pháp nhiệt.

5.5.5. Các phương pháp đánh giá chất lượng hỗn hợp làm khuôn vỏ mỏng

a. Mục đích đánh giá chất lượng

Để nhận được những vật đúc hợp cách, phù hợp yêu cầu thì vật liệu làm khuôn phải có các tính chất đáp ứng yêu cầu về các mặt:

- + Điều kiện chuẩn bị hỗn hợp.
- + Công nghệ làm khuôn, làm ruột.
- + Những điều kiện tác dụng qua lại giữa khuôn ruột với kim loại lỏng khi rót và khi vật đúc đông nguội.
- + Điều kiện phá dỡ khuôn ruột.

Cũng như các loại vật liệu làm khuôn (ruột), trong công nghệ hộp nóng khi chế tạo khuôn (ruột) người ta thường quan tâm đến các đặc tính công nghệ của nó như: độ bền, độ thông khí, độ tạo khí, tính dễ chế tạo, tính dễ phá ...

Các đặc tính công nghệ trên có ảnh hưởng trực tiếp hoặc gián tiếp đến sự tạo ra các khuyết tật đúc ví dụ: các khuyết tật rỗ cát, cháy cát liên quan đến độ bền bề mặt khuôn ruột. Nếu độ bền khuôn thấp khuôn có thể bị nứt gãy khi vận chuyển, ráp rọt; nếu khuôn có độ thông khí thấp độ tạo khí cao thì dễ có khả năng gây rỗ khí cho vật đúc...

Như vậy đánh giá hỗn hợp thực chất là quá trình kiểm tra các thông số công nghệ của hỗn hợp mà đặc biệt là các thông số độ bền, độ thông khí, độ tạo khí của khuôn ruột. Ngoài ra cũng phải để ý đến các tính chất công nghệ khác như: tính dễ chế tạo, tính dễ phá, khả năng tái sinh cát, vấn đề độc hại, tính kinh tế...

Hỗn hợp có chất lượng tốt khi dễ chế tạo, độ bền cao, độ thông khí tốt, không tác dụng với kim loại lỏng, dễ phá dỡ, ít độc hại, giá thành rẻ.

b. Các phương pháp đánh giá chất lượng hỗn hợp

Đánh giá độ bền

Độ bền của khuôn ruột trong công nghệ hộp nóng phụ thuộc vào hàm lượng nhựa, chất lượng nhựa, dạng hỗn hợp (các bọc nhựa hay hỗn hợp rời rạc), độ sạch cát, độ

hạt cát, nhiệt độ trộn, thời gian trộn, nhiệt độ đông rắn và thời gian đông rắn. Ngoài ra độ bền hỗn hợp còn phụ thuộc vào hàm lượng chất xúc tác, nhưng các nghiên cứu người ta hay chọn một lượng xúc tác không đổi tính theo lượng nhựa có trong hỗn hợp.

Ngày nay, với sự phát triển mạnh về khoa học kỹ thuật, trong đó có ngành toán học, việc lợi dụng các quy luật toán học có khả năng tính toán và xây dựng các mối quan hệ giữa các thông số công nghệ của quá trình đã đem lại nhiều triển vọng trong nghiên cứu khoa học. Ở đây khi đánh giá độ bền chúng ta có thể dựa theo hai cách:

* Một là dựa trên mối quan hệ của độ bền với các yếu tố như: thành phần hỗn hợp, nhiệt độ mẫu, thời gian nung mẫu... có thể tiến hành giải bài toán trực giao mà khoảng thay đổi của các thông số được lựa chọn dựa theo các kết quả đã công bố và tổng kết thành quy luật. Thông qua các giá trị độ bền đo được tại các điểm, dùng phương pháp trực giao để xây dựng phương trình quan hệ giữa độ bền với các yếu tố khác gọi là biến. Như vậy để cần một độ bền nhất định người ta có thể tính toán và lựa chọn giá trị các thông số một cách gần đúng thông qua phương trình quan hệ đã được thiết lập.

* Hai là cũng dựa trên mối quan hệ giữa độ bền với các thông số đó, người ta chỉ xét sự phụ thuộc của độ bền với một thông số còn các thông số khác và các điều kiện khác được giữ nguyên. Từ các kết quả độ bền nhận được người ta có thể xây dựng được các đồ thị biểu diễn quan hệ giữa độ bền với các thông số nghiên cứu.

Như vậy trong phương pháp thứ hai này khi cần một độ bền nhất định người ta có thể tổ hợp các giá trị của các thông số trong thành phần hỗn hợp và các điều kiện khác theo nguyên lý thoả hiệp.

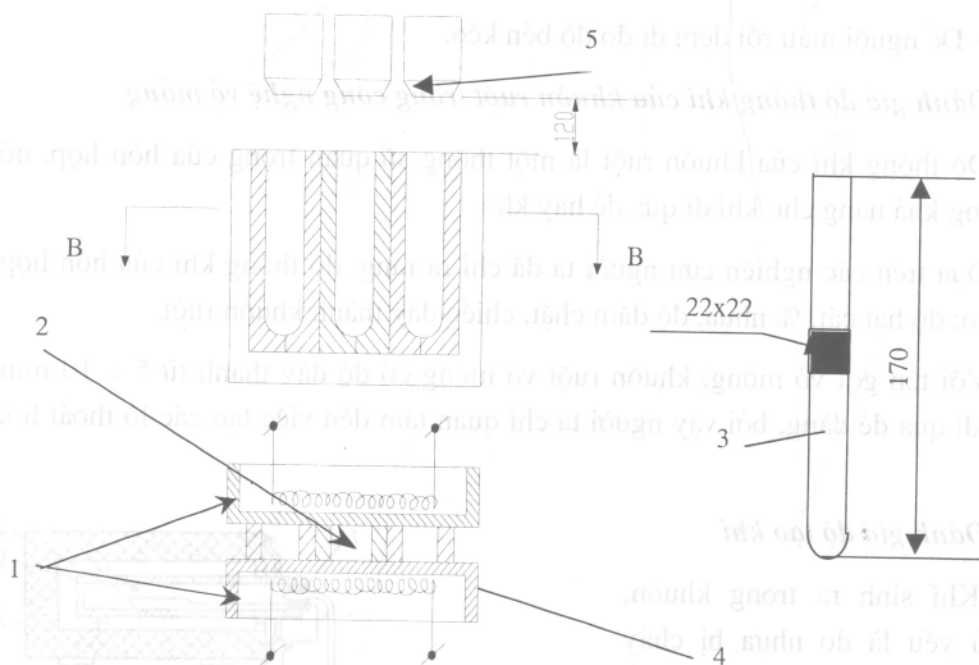
Thiết bị và quy trình chế tạo mẫu đo độ bền uốn

Mẫu đo độ bền uốn dùng cho hỗn hợp cát nhựa là mẫu dạng thanh có chiều dài 170 mm, thiết diện ngang 22 x 22 mm và được chế tạo theo một bộ mẫu chuyên dùng. Thiết bị chế tạo mẫu thanh để đo độ bền uốn là hai nửa hộp kim loại ghép bản lề với nhau (hình 5.17). Trên hai nửa hộp kim loại này có gắn các thanh thép giống nhau tạo nên các hốc khuôn. Kích thước các hốc khuôn dạng thẳng đứng này có kích thước đúng bằng kích thước mẫu thanh. Phía trong hai hộp kim loại có hệ thống thanh đốt để gia nhiệt cho hốc khuôn. Phía trên các hốc khuôn này có các phễu định lượng 5 dùng để chứa hỗn hợp. Phía dưới các phễu định lượng có cần gạt phân phối hỗn hợp.

Quy trình chế tạo mẫu thanh (hình 5.17):

+ Ghép chặt hai nửa khuôn.

- + Đổ hỗn hợp tơ vào các phễu, tay gạt đã ở vị trí thẳng đứng.
- + Bật công tắc ON đóng mạch cho dòng điện đi vào các thanh đốt, thanh đốt nóng lên làm tăng nhiệt độ hốc khuôn.
- + Cắm đầu đo của cặp nhiệt vào hốc khuôn.
- + Khi hốc khuôn đạt đến nhiệt độ cần thiết thì rút nhanh đầu đo nhiệt ra đồng thời chuyển tay gạt về vị trí cho hỗn hợp rơi tự do vào trong hốc khuôn.
- + Giữ hỗn hợp trong hốc khuôn trong khoảng thời gian gian yêu cầu. Ngắt mạch nung, rồi mở hai nửa khuôn ra tách mẫu một cách nhanh chóng.
- + Để mẫu nguội rồi đem đo độ bền uốn.



Hình 5.17. Khuôn chế tạo mẫu thử dạng thanh

1. Hai nửa hộp kim loại; 2. Các thanh thép lắp ghép tạo mẫu;
3. Mẫu thanh; 4. Sợi đốt; 5. Phễu định lượng.

Quy trình chế tạo mẫu số 8

Có thể chế tạo mẫu đo độ bền kéo của hỗn hợp bằng mẫu số 8 thông thường:

- Nung hộp mẫu số 8 chuẩn của Liên Xô (cũ) nung trong lò đến nhiệt độ 200°C , quá nhiệt so với nhiệt độ thí nghiệm $15 \div 10^{\circ}\text{C}$. Lò điều chỉnh được nhiệt độ.

- Đặt phễu cấp liệu cách mặt trên hộp mẫu khi đặt hộp mẫu lên tấm đế là 12 cm.

Quy trình chế tạo mẫu số 8

- + Đặt nhiệt độ lò cao hơn yêu cầu 10°C.
- + Nung hộp mẫu trong lò khoảng 10 phút cho hộp mẫu đồng đều nhiệt.
- + Giảm nhiệt độ lò xuống nhiệt độ yêu cầu, sau đó lấy hộp mẫu hơ ra khỏi lò.
- + Đặt hộp mẫu dưới miệng phễu đã đổ đầy hỗn hợp, cho hỗn hợp rơi vào trong hộp mẫu.
- + Gạt bằng mặt hộp mẫu và cho vào trong lò nung tiếp trong thời gian yêu cầu.
- + Lấy nhanh hộp mẫu ra khỏi lò, nhanh chóng tách mẫu ra khỏi hộp mẫu.
- + Để nguội mẫu rồi đem đi đo độ bền kéo.

Đánh giá độ thông khí của khuôn ruột trong công nghệ vỏ mỏng

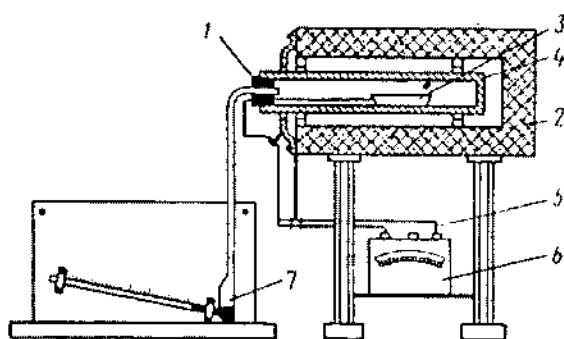
Độ thông khí của khuôn ruột là một thông số quan trọng của hỗn hợp, nó đặc trưng bằng khả năng cho khí đi qua dễ hay khó.

Dựa trên các nghiên cứu người ta đã chỉ ra rằng, độ thông khí của hỗn hợp phụ thuộc vào: độ hạt cát, % nhựa, độ đầm chặt, chiều dày thành khuôn ruột.

Với tên gọi vỏ mỏng, khuôn ruột vỏ mỏng có độ dày thành từ 5 ÷ 10 mm nên cho khí đi qua dễ dàng, bởi vậy người ta chỉ quan tâm đến việc tạo các lỗ thoát hơi cho ruột.

Đánh giá độ tạo khí

Khí sinh ra trong khuôn, ruột chủ yếu là do nhựa bị cháy dưới tác dụng của nhiệt độ kim loại lỏng khi rót và sau khi rót. Độ tạo khí càng lớn khi thành phần nhựa trong hỗn hợp càng lớn. Xét trong quá trình đông đặc, tốc độ tạo khí càng lớn khi kim loại lỏng có nhiệt độ càng cao, điều này làm tăng khả năng gây rỗ khí cho vật đúc.



Hình 5.18. Sơ đồ thiết bị đo độ tạo khí

- 1- Nút cao su; 2- Vỏ lò; 3- Thuyền sứ chứa hỗn hợp;
4- Ống sứ; 5- Dây dẫn; 6- Biên thế; 7- Áp kế

Trong công nghệ hộp nóng, khí sinh ra do sự cháy của các thành phần hữu cơ có trong hỗn hợp mà chủ yếu là của nhựa tạo ra các khí CO_2 , CO , NH_3 , H_2O . Khí tạo ra do nhựa cháy khi rót và sau khi rót khá nhiều, do đó khi thiết kế chế tạo ruột người ta chú ý đến sự thoát hơi của ruột một cách đặc biệt.

Đánh giá độ tạo khí của hỗn hợp bằng cách nung một lượng hỗn hợp nhất định trong hệ thống ống kín hình chữ U chứa nước, khí sinh ra sẽ tạo áp suất đẩy cột nước tạo ra độ chênh áp, đơn vị đo độ tạo khí là cm^3/gam .

Công thức tính áp suất :

$$P = H \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \rho / 4 \quad (5.4)$$

trong đó: H - độ chênh chiều cao của cột nước (cm); d - đường kính trong ống chữ U (cm); ρ - tỷ trọng của nước (g/cm^3).

Tác động của độ độc hại

Các thành phần hữu cơ trong hỗn hợp (mà chủ yếu là nhựa) khi ở nhiệt độ trên 700°C bắt đầu cháy sinh ra các khí CO_2 , CO , H_2O , NH_3 , các khí này đều độc hại đối với con người. Ngoài ra trong quá trình chế tạo hỗn hợp bằng nhựa bột hay nhựa lỏng đều có bốc hơi phenol, cồn. Các tác nhân này thường gây bỏng phổi nếu hít phải một lượng quá nhiều. Phenol còn là chất ăn da tay. Vì vậy trong sản xuất phải đặc biệt chú ý trang bị các dụng cụ bảo hộ lao động như: găng tay cao su, mặt nạ phòng độc, trang bị hệ thống thông gió hút khí cho nhà xưởng.

Đánh giá hiệu quả kinh tế

Để đánh giá tính kinh tế của bất kỳ vật liệu làm khuôn nào, người ta thường so sánh các chỉ tiêu về chi phí lương, chi phí vật liệu, chi phí gia công cơ khí, chi phí phá dỡ giữa các loại vật liệu làm khuôn khác nhau cho cùng một đơn vị sản phẩm.

Ngoài ra tính kinh tế của công nghệ đúc trong khuôn vỏ mỏng cũng có thể kể đến các ưu, nhược điểm của nó. Chính những nhân tố đó cũng tạo nên hiệu quả kinh tế cho công nghệ này:

+ Hỗn hợp cát nhựa là hỗn hợp khô, độ linh động cao, độ bền sau đông rắn cao có thể chế tạo được những vỏ khuôn, ruột thành mỏng, phức tạp nhất, độ chính xác cao nên giảm được chi phí vật liệu, giảm chi phí gia công cơ khí.

+ Lượng tiêu hao hỗn hợp thấp từ $0,5 \div 0,8$ tấn cát nhựa / 1 tấn phối đúc.

+ Quá trình tạo khuôn, ruột nhanh chỉ mất khoảng 1 đến 3 phút, năng suất lao động cao gấp 3 đến 5 lần so với chế tạo khuôn cát- đất sét hay khuôn cát- thủy tinh lỏng- CO_2 .

+ Phạm vi ứng dụng rộng: có thể đúc được phôi đúc từ 0,5 đến 60 kg; đúc các loại hợp kim: gang, thép, hợp kim màu... khuôn ruột vỏ mỏng có thể sử dụng kết hợp với các công nghệ đúc khác.

+ Thời gian cất giữ bảo quản hỗn hợp được lâu đến một năm.

Sau đây là một số bảng so sánh các chỉ tiêu kinh tế của công nghệ làm khuôn vỏ mỏng một số công nghệ khác.

Bảng 5.3. So sánh chi phí sản xuất của các phương pháp làm khuôn

Mối tương quan giá thành sản phẩm				
	Vỏ mỏng	Hộp nóng	Hộp nguội	Rượu phenol hoá hơi
Khối lượng ruột	3 kg	10 kg	10 kg	10 kg
Hàm lượng chất dính	3% nhựa	2% nhựa 4% xúc tác	0.75% Pt.1 0.75% Pt.2	1,5% nhựa 0.75% ete
Giá nguyên liệu ban đầu (bảng Anh)	0.27	0.17	0.41	0.44
Công sản xuất và năng lượng (bảng Anh)	0.17	0.48	0.12	0.10
Tổng giá thành ruột (bảng Anh)	0.44	0.48	0.53	0.54

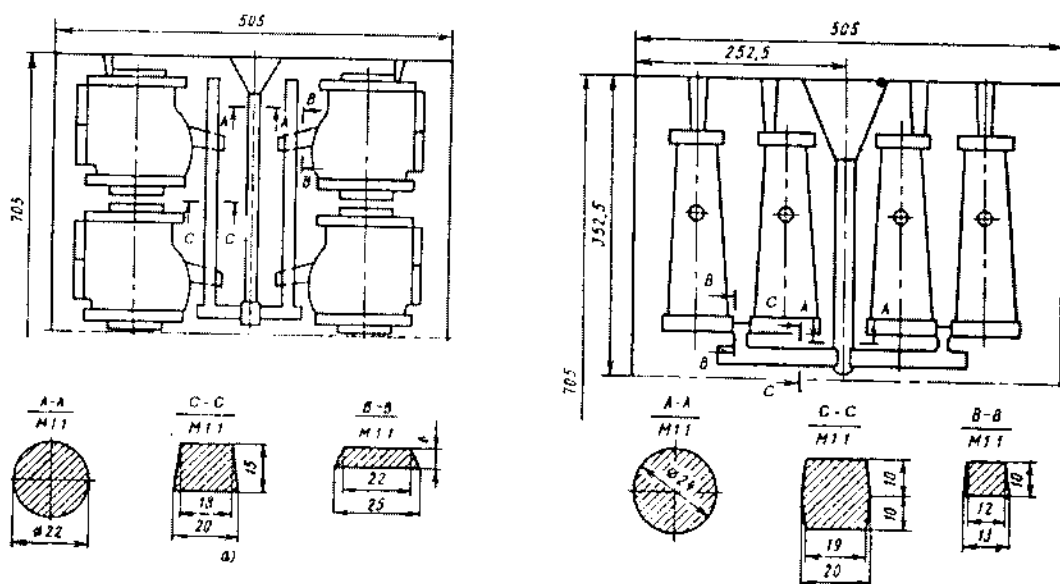
5.5.6. Thiết kế hệ thống rót

Việc thiết kế hệ thống rót trong khuôn mỏng vỏ cũng phải đảm bảo các nguyên tắc chung của hệ thống rót đã đề cập đến trong giáo trình Thiết kế công nghệ đúc, thí dụ: kết cấu vật đúc phải hợp lý để thoát mẫu dễ dàng, tránh các vấu lỗi và chuyển tiếp thành đột ngột. Vị trí vật đúc trong khuôn phải thuận lợi cho việc di chuyển khuôn, thuận lợi cho việc chế tạo khuôn, ruột và bổ ngót. Hệ thống rót phải đảm bảo tốc độ rót cao, nhiệt độ rót thấp do khuôn phẳng và ít trở lực, tốc độ nguội của vật đúc chậm. Những yếu tố trên đảm bảo rằng, trong trường hợp phải sử dụng đậu ngót thì có thể sử dụng được đậu ngót ngầm.

Hệ thống rót từ trên xuống đảm bảo cho việc di chuyển cho những vật đúc có chiều dày thành nhỏ và trung bình, tạo điều kiện thuận lợi nhất cho việc bổ ngót, hạn chế đến mức thấp nhất sự phát triển quá nhiệt cục bộ dễ gây ra các khuyết tật đúc, tổn thất kim loại nhất. Nhưng rót từ trên xuống cũng có những nhược điểm như: kim loại lỏng dễ xói mòn thành khuôn, tạo rỗ tạp chất, kim loại lỏng dễ bị oxy hoá, không giữ được xỉ.

Hệ thống rót bên sườn (hình 5.19a), có chiều cao rơi thấp hơn so với hệ thống rót trên xuống cho nên hạn chế được phần nào các nhược điểm của rót trên xuống, nhưng điều kiện điền đầy khuôn sẽ kém hơn và tốn nhiều kim loại hơn. Trong trường hợp, chi tiết có khối lượng trung bình, chiều cao không lớn nhưng kích thước đường bao khá lớn thì nên sử dụng hệ thống rót hỗn hợp: vừa dẫn bên sườn vừa dẫn dưới lên.

Rót đùn (hay còn gọi là rót xiphông (hình 5.19b) thường hay dùng cho vật đúc gang. Nó đảm bảo cho quá trình điền đầy khuôn thuận lợi, êm, không xáo trộn và có thể loại được xỉ trong quá trình rót. Tuy nhiên, rót xiphông không thuận lợi cho vật đúc mỏng thành, dễ tạo nút nhiệt cục bộ và nứt nóng, tốn nhiều kim loại.



Hình 5.19. Hệ thống rót bên sườn a) và hệ thống rót xiphông b) cho vật đúc trong khuôn mỏng vỏ

Nguyên lý tính toán hệ thống rót

Diện tích thiết diện ngang F của rãnh dẫn:

$$F = \frac{G}{v \cdot \rho \cdot \tau} \quad (5.5)$$

trong đó: G - khối lượng vật đúc, g; v - tốc độ chảy của kim loại, cm/s; ρ - khối lượng riêng kim loại, g/cm³; τ - thời gian rót khuôn, s.

Tốc độ chảy của kim loại tính theo:

$$\text{Rót trên xuống: } v = \mu \sqrt{2g \cdot 1,48 \sqrt[5]{G}} \quad (5.6)$$

$$\text{Rót ngang: } v = \mu \sqrt{2g \cdot 1,91 \sqrt[5]{G}} \quad (5.7)$$

$$\text{Rót xiphông: } v = \mu \sqrt{2g \cdot 2,01 \sqrt[5]{G}} \quad (5.8)$$

$$\text{Hệ số tổn hao: } \mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum \xi_i}} \quad (5.9)$$

trong đó: $\sum \xi_i$ - tổng các tổn thất cục bộ, lấy 0,7 với hệ thống rót có hai chi tiết, lấy giá trị 2,5 với hệ thống rót có ba chi tiết, lấy 3,4 với hệ thống có 4 chi tiết.

Để đơn giản hoá, có thể lấy công thức của Gulaiep để tính toán tốc độ chảy: $v = 45 \sqrt[5]{G}$. Để khử các khuyết tật vấu lỗi hoặc không liên đối với vật đúc thép, thời gian điền đầy khuôn cần chọn sao cho kim loại lỏng không dừng chảy do đông đặc trước khi kết thúc điền đầy khuôn. Đối với vật đúc thép mỏng thành, lấy $\tau = 1,35 G^{5/12}$, với vật đúc thành dày lấy $\tau = G^{5/12}$.

Sau khi thay thế các giá trị tốc độ chảy và thời gian rót, giá trị diện tích rãnh dẫn:

$$F = (2 \div 3) G^{5/12}.$$

Trong công thức trên, vật đúc có thành dày lấy giá trị 2, thành mỏng lấy giá trị 3.

Tỷ lệ ống rót: rãnh xỉ : rãnh dẫn nên lấy theo tỷ lệ $F_r : F_x : F_d = 1,4 : 1,2 : 1,1$.

Độ côn của ống rót nên lấy theo quan hệ:

$$\frac{d_1}{d_2} = \sqrt[4]{\frac{H-h}{h}} \quad (5.10)$$

trong đó: H - chiều cao ống rót, cm; h- chiều cao cốc rót, cm; d_1 và d_2 - đường kính trên và dưới của ống rót, cm.

5.6. ĐÚC MẪU CHẢY (INVESTMENT, LOST WAX CASTING)

5.6.1. Đặc điểm và lĩnh vực sử dụng

Đúc mẫu chảy là một phương pháp đúc tiên tiến, theo đúng tên gọi của nó, là làm cho mẫu bằng sáp chảy lỏng ra như một chất lỏng và thoát khỏi khuôn. Mẫu chảy thoát ra khỏi khuôn và để lại một hốc khuôn có hình dáng tương tự như hình dáng vật

đúc. Rót kim loại lỏng vào khuôn, kim loại đông đặc và tạo thành vật đúc.

Các công đoạn bao gồm:

- Chế tạo (ép hoặc cắt gọt) mẫu và hệ thống rót bằng các loại vật liệu dễ chảy, thí dụ, parafin, sáp ong... Mẫu này có hình dáng và kích thước của vật đúc đã thiết kế.

- Gắn mẫu và hệ thống rót thành chùm mẫu.

- Chế tạo huyền phù và chuẩn bị cát rắc chịu nhiệt.

- Chế tạo lớp vỏ mỏng từ huyền phù và cát chịu nhiệt bằng cách nhúng mẫu vào huyền phù, nhấc ra khỏi huyền phù, rắc cát khô lên bề mặt mẫu, sấy khô, lại nhúng mẫu vào huyền phù. Lặp lại quy trình này nhiều lần để tạo được một lớp vỏ rắn có chiều dày 3 - 10 mm. Lưu ý là, độ hạt của cát rắc lên bề mặt càng về sau càng lớn.

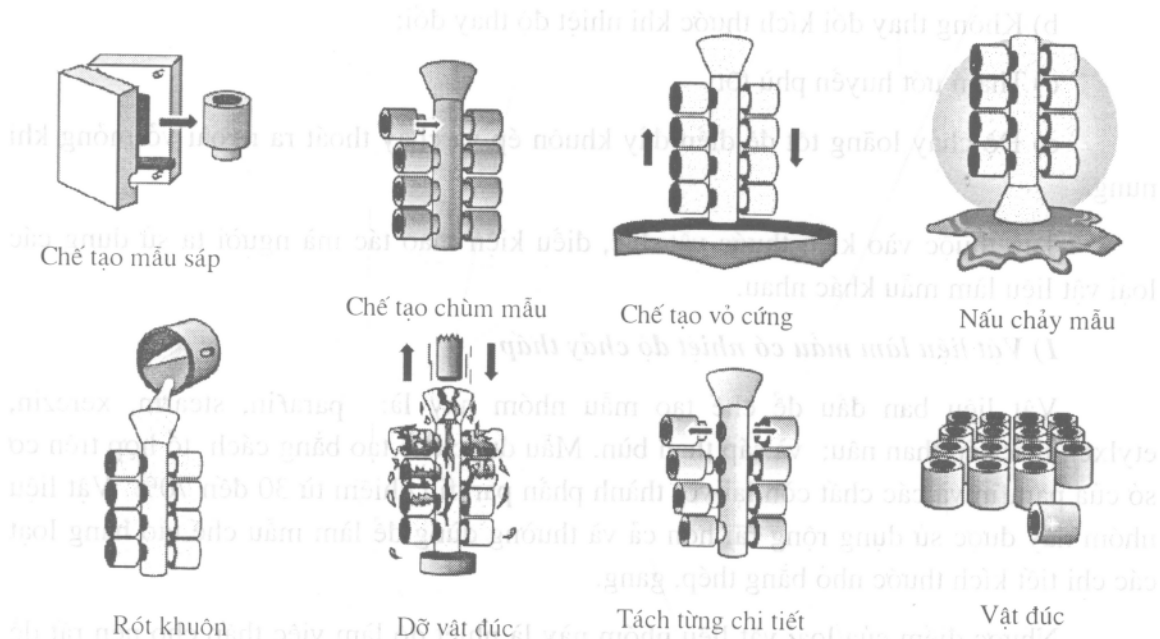
- Loại bỏ mẫu ra khỏi khuôn mỏng vỏ.

- Nung khuôn lên nhiệt độ 900 - 1000°C.

- Rót kim loại lỏng vào khuôn.

- Làm nguội và tháo dỡ vật đúc.

Quá trình đúc có thể hình dung như mô tả trên hình 5.20.



Hình 5.20. Sơ đồ nguyên lý đúc mẫu chảy

Với quy trình công nghệ mô tả như trên, đúc mẫu chảy có những đặc điểm sau:

1) Mẫu chỉ dùng một lần, mỗi vật đúc phải có một mẫu riêng;

2) Không có mặt phân khuôn, không dùng ruột;

3) Vật đúc có bề mặt nhẵn bóng và chính xác;

4) Đúc được vật đúc hình dáng phức tạp khi đã tạo được mẫu bằng parafin, thí dụ như tượng Phật nghìn mắt, nghìn tay.

Đúc mẫu chảy thường dùng trong đúc mỹ thuật, các chi tiết máy có kích thước nhỏ, hình dáng phức tạp, có độ chính xác cao mà không cần gia công cơ khí, những chi tiết cần có bề mặt đẹp về thẩm mỹ, các vật liệu khó gia công.

5.6.2. Vật liệu làm mẫu

Đặc điểm của công nghệ đúc mẫu chảy là lớp huyền phù đầu tiên tiếp xúc với mẫu để tạo thành bề mặt của khuôn đúc. Bởi vậy, bản chất của huyền phù và vật liệu làm mẫu phải có những tính chất phù hợp để tạo thành bề mặt khuôn nhẵn đẹp và kết quả là bề mặt vật đúc cũng sẽ được cải thiện nhiều.

Vật liệu làm mẫu phải có những tính chất sau:

a) Nhiệt độ biến mềm cao để cho kích thước mẫu ổn định;

b) Không thay đổi kích thước khi nhiệt độ thay đổi;

c) Thẩm ướt huyền phù tốt;

d) Độ chảy loãng tốt để điền đầy khuôn ép và chảy thoát ra ngoài vỏ mỏng khi nung.

Tùy thuộc vào kích thước vật đúc, điều kiện thao tác mà người ta sử dụng các loại vật liệu làm mẫu khác nhau.

1) Vật liệu làm mẫu có nhiệt độ chảy thấp

Vật liệu ban đầu để chế tạo mẫu nhóm này là: parafin, stearin, xerezin, etylxenlulo; sáp than nâu; và sáp than bùn. Mẫu được chế tạo bằng cách tổ hợp trên cơ sở của parafin và các chất còn lại với thành phần parafin chiếm từ 30 đến 70%. Vật liệu nhóm này được sử dụng rộng rãi hơn cả và thường dùng để làm mẫu chế tạo hàng loạt các chi tiết kích thước nhỏ bằng thép, gang.

Nhược điểm của loại vật liệu nhóm này là nhiệt độ làm việc thấp cho nên rất dễ bị biến dạng ngay ở nhiệt độ xương đúc. Trong điều kiện khí hậu nhiệt đới như ở Việt Nam, cần nghiên cứu cho thêm một số hoá chất hoặc chất dẻo khác để nâng cao nhiệt độ

biến mềm và nhiệt độ làm việc cho mẫu, thí dụ nhựa PVC...

Bảng 5.4. Thành phần một số vật liệu làm mẫu chảy

	Thành phần các cấu tử, %					T ^o làm việc	T ^o nóng chảy	T _{lv} /T _{nc}
	Parafin	Sáp than nâu	Sáp than bùn	Stearin	Xerezin	°C		
1	50	-	-	50	-	42	51	1,40
2	50	-	50	-	-	52	67	0,78
3	50	30	-	20	-	49	64	0,76
4	70	-	20	-	10	49	61	0,81
5	30	30	30	-	10	55	-	-

2) Vật liệu làm mẫu hoà tan

Loại vật liệu này chỉ cần thả vào trong nước là chúng tự hoà tan. Thành phần cơ bản là cacbamit (ure kỹ thuật) với khoảng 1 - 2% axit boric. Thí dụ, 98% cacbamit + 2% axit boric; 90% cacbamit + 10% nitrat kali... Vật liệu này không bị co, không biến mềm, độ chính xác của mẫu khá cao nhưng dễ hút ẩm và khó hàn để tạo chùm mẫu.

3) Vật liệu làm mẫu khó chảy

Mẫu được chế tạo trên cơ sở tổ hợp của các loại nhựa cây như tùng, bách, thông... (hay còn gọi là kanifol; kolophony), polystyrol và xerezin trong đó nhựa thông là thành phần cơ bản chiếm từ 50-70%. Vật liệu này có nhiệt độ nóng chảy khá cao, khoảng 180 - 200°C, thấm ướt huyền phù tốt, bề mặt mẫu đẹp, nhẵn nhưng chế tạo phức tạp, độ chảy loãng thấp, khó đúc mẫu. Trong các loại vật liệu làm mẫu khó chảy, phải kể thêm các loại nhựa ở dạng bột. Mẫu được chế tạo theo phương pháp tạo mẫu nhanh (prototyping).

5.6.3. Các phương pháp chế tạo mẫu

Đối với các loại vật liệu làm mẫu như đã miêu tả ở trên, có thể dùng các phương pháp sau đây để chế tạo thành mẫu:

1) Rót tự do: Nấu chảy vật liệu làm mẫu rồi rót vào khuôn. Vật liệu tạo mẫu chảy trong khuôn nhờ trọng lượng của bản thân nó cho nên khả năng điền đầy và chất lượng bề mặt mẫu kém. Phương pháp này chỉ áp dụng cho những loại vật liệu có độ chảy loãng tốt, co ngót ít, thí dụ parafin và hỗn hợp của parafin và các chất khác.

2) Ép chất lỏng tạo mẫu hoặc bột nhão vào trong khuôn dưới tác dụng của pittông hoặc khí nén.

3) Dùng máy ép đùn đẩy hỗn hợp tạo mẫu và các chất phụ vào trong khuôn.

4) Thiêu kết bằng laze đối với vật liệu nhựa dạng bột làm mẫu.

Mẫu sau khi chế tạo được đem làm nguội hoặc ngâm trong nước lạnh để ổn định kích thước rồi tiến hành sửa chữa và ghép mẫu thành chùm với hệ thống rót.

Để tạo chùm mẫu có thể dùng keo dán. Keo dán là vật liệu dính kết và cũng phải có tính năng tương tự như vật liệu làm mẫu, tức là phải thoát ra khỏi hốc khuôn cùng vật liệu tạo mẫu khi loại bỏ mẫu trước khi rót. Cũng có thể dùng phương pháp hàn để gắn mẫu thành chùm. Nguyên lý hàn là dùng nhiệt làm nóng chảy bề mặt tiếp xúc giữa hai phần chi tiết sau đó ép chúng lại với nhau để tạo liên kết. Nói chung, các loại vật liệu làm mẫu đều có thể ghép bằng phương pháp hàn được.

5.6.4. Chế tạo khuôn gồm

a) Vật liệu chịu lửa

Vật liệu chịu lửa chủ yếu hay dùng là cát thạch anh. Cát dùng trong đúc mẫu chảy lại gồm hai loại: vật liệu dạng bụi dùng cho huyền phù và vật liệu dạng hạt dùng là cát rắc. Vật liệu dạng bụi có kích thước nhỏ hơn 0,05 mm để tạo ra một dung dịch huyền phù mịn và ổn định. Khi đúc thép hợp kim đặc biệt, có thể dùng bột manhezit hoặc zirconit trong thành phần của huyền phù. Vật liệu làm cát rắc có kích thước từ 0,1 - 1,0 mm và được phân loại thành từng nhóm, chứa trong từng thùng khác nhau để thuận tiện sử dụng.

b) **Chất dính:** Thường hay dùng là etylsilicat hoặc thủy tinh lỏng.

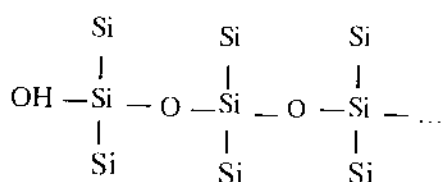
1. *Etylsilicat* là chất dính hữu cơ khá đắt tiền và được dùng rất phổ biến trong đúc mẫu chảy và đúc trong khuôn gồm theo công nghệ Shaw. Về cấu tạo, etylsilicat bao gồm nhóm etyl $(C_2H_5O)_n$ và nhóm silicat, có công thức chung là: $(C_2H_5O)_{2n+2}Si_nO_{n+1}$, thí dụ:

Monoete: $(C_2H_5O)_4Si$; diete: $(C_2H_5O)_6Si_2O$;

triete: $(C_2H_5O)_8Si_3O_2$; tetracte: $(C_2H_5O)_{10}Si_4O_3 \dots$

Khi gặp nước, etylsilicat bị thủy phân, nghĩa là mỗi nhóm etyl sẽ bị thay thế bằng một nhóm hydroxyl OH . Quá trình thủy phân phụ thuộc vào lượng nước có trong dung dịch, tức là phụ thuộc vào tỷ lệ etylsilicat/nước mà sản phẩm thủy phân cuối cùng có thể là axit silisic $Si(OH)_4$ hoặc các polyete.

Khi thủy phân hoàn toàn, sản phẩm tạo thành là axit silisic. Các phân tử axit này sẽ trùng hợp lại với nhau tạo thành một mạng trong không gian:



Sản phẩm thủy phân không hoàn toàn là các polyete, các polyete cũng trùng hợp, rồi lại tiếp tục thủy phân rồi lại trùng hợp... Quá trình cứ tiếp tục cho đến khi các phần tử cũng tạo được mạng lưới không gian như trên.

Như vậy, điều kiện tiên quyết để etylsilicat thủy phân đến mức độ nào, thủy phân hoàn toàn hay thủy phân một phần, hoàn toàn phụ thuộc vào lượng nước cho vào dung dịch khi thủy phân. Tất nhiên, chất lượng lớp vỏ khuôn tạo ra từ huyền phù do quá trình thủy phân này cũng sẽ thay đổi tùy thuộc vào hàm lượng nước đó.

Lượng nước cho vào để thủy phân có thể tính theo công thức:

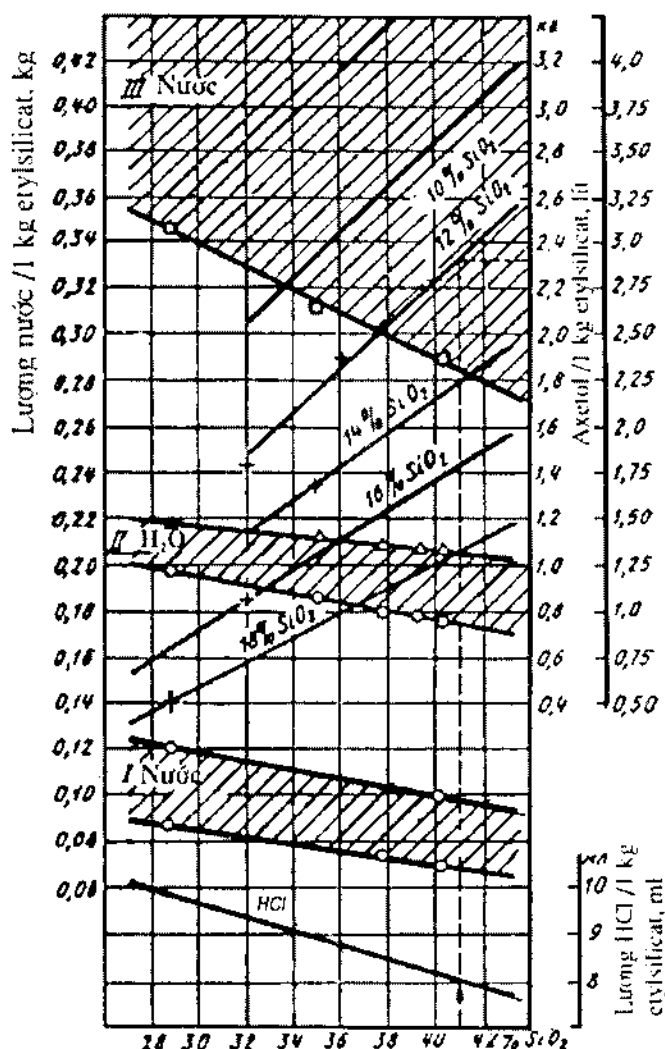
$$X = \frac{18M.a.m}{45.100} = 0,004M.a.m \quad (5.11)$$

trong đó: a - hàm lượng nhóm etyl trong etylsilicat thủy phân, %; m - khối lượng etylsilicat, kg; M - hệ số thực nghiệm lấy tùy thuộc vào lượng nhóm etyl trong etylsilicat, dạng dung dịch thủy phân và phương pháp sấy vỏ mỏng (bảng 5.5).

Bảng 5. 5. Giá trị hệ số M trong công thức tính lượng nước thủy phân 5.11

Phương pháp sấy	Giá trị M khi khối lượng nhóm etyl trong etylsilicat.	
	69 - 65%	trên 65%
Hơi amoniac ẩm có không khí	0,2 - 0,3	0,3 - 0,4
Trong buồng sấy có ít amoniac	0,4 - 0,5	0,5 - 0,6
Trong không khí lưu thông không có amoniac	0,5 - 0,6	0,6 - 0,7
Trong lò kín không chứa amoniac	0,7 - 0,8	0,8 - 1,0

Trong sản xuất nên chọn các thành phần thủy phân etylsilicat theo giản đồ trên hình 5.21. Thí dụ, xác định lượng nước và dung môi để thủy phân etylsilicat chứa 41% SiO₂ và 0,1% HCl. Dung dịch chất dính cần chứa 12% SiO₂, dung môi là axeton. Phương pháp sấy là dùng không khí ẩm.



Hình 5.21. Giản đồ xác định lượng nước và HCl dùng cho thủy phân etylsilicat.

- I. Sấy trong không khí-amoniac
- II. Sấy trong không khí ẩm
- III. Sấy trong không khí khô

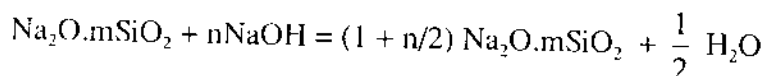
Giải:

Từ trục hoành, xác định thành phần 41% SiO_2 , dóng theo đường thẳng đứng vào trong vùng II sấy trong không khí ẩm, cắt đường H_2O , theo thang tỷ lệ sẽ xác định được lượng nước cần để thủy phân 1 kg etylsilicat. Lượng dùng axeton xác định bằng cách dóng thẳng lên gặp đường 12% SiO_2 .

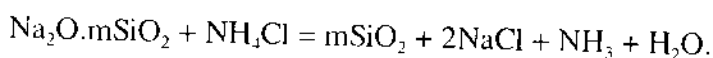
2. Thủy tinh lỏng

Thủy tinh lỏng là vật liệu nhóm silicat, tan trong nước và có khả năng tham gia chuyển biến sol-gel-rắn để làm chất dính trong đúc mẫu chảy. Công thức chung của thủy tinh lỏng là: $\text{Na}_2\text{O} \cdot m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Sử dụng thủy tinh lỏng trong đúc mẫu chảy cần phải lưu ý đến các thông số sau đây:

1. Môđun M: môđun thủy tinh lỏng là tỷ số giữa số mole SiO_2 và số mole Na_2O . Môđun của thủy tinh lỏng có thể thay đổi được nhờ các chất có tham gia phản ứng với các cấu tử có trong thành phần. Muốn giảm môđun, cho NaOH vào thủy tinh lỏng:



Tăng môđun bằng cách cho thêm NH_4Cl :



2. Tỷ trọng của thủy tinh lỏng: Tỷ trọng của dung dịch phụ thuộc vào môđun và lượng nước có trong thành phần nhưng về cơ bản, thay đổi tỷ trọng bằng cách pha thêm nước.

3. Độ nhớt: Khi môđun càng cao, thủy tinh lỏng càng sệt, độ nhớt càng cao.

Khi dùng thủy tinh lỏng trong đúc mẫu chảy, cần phối hợp cả ba tính chất trên để đảm bảo huyền phù dính mẫu tốt, độ bền lớp vỏ cao, không nứt; bề mặt khuôn và vật đúc nhẵn đẹp. Trong các chỉ tiêu trên, môđun là thông số quan trọng nhất. Tốt hơn cả là dùng thủy tinh lỏng có tỷ trọng $1,5 - 1,55 \text{ g/cm}^3$; $32 - 34\% \text{ SiO}_2 + 11 - 13\% \text{ Na}_2\text{O}$ và khoảng $55 - 57\% \text{ H}_2\text{O}$.

c. Chế tạo dung dịch huyền phù

Huyền phù trên cơ sở etylsilicat

Có hai phương pháp thủy phân: thủy phân riêng biệt và thủy phân kết hợp.

Thủy phân riêng biệt. Nội dung của phương pháp này là thủy phân trước, khuấy trộn sau. Sau khi kết thúc các quá trình thủy phân, có thể là thủy phân hoàn toàn hoặc thủy phân một phần, cho vật liệu dạng bụi vào dung dịch thủy phân và khuấy đều. Thông thường huyền phù có chứa $40 - 45\%$ etylsilicat thủy phân và $60 - 55\%$ bụi thạch anh.

Thủy phân kết hợp: Cho bụi thạch anh cùng etylsilicat vào thùng và khuấy đều. Cho thêm lượng nước theo tính toán. Quá trình thủy phân xảy ra trên bề mặt các hạt cát do vậy tốc độ thủy phân tăng nhanh. Độ bền của vỏ chế tạo theo phương pháp thủy phân kết hợp bền hơn rất nhiều, gấp 2 đến 3 lần so với thủy phân riêng biệt nhưng hỗn hợp lại có tuổi bền ngắn hơn.

Huyền phù trên cơ sở thủy tinh lỏng

Dùng khoảng 50% thủy tinh lỏng có thành phần đã nêu trên cùng với 50% bụi

thạch anh khuấy đều để chế tạo huyền phù. Tuy nhiên, ít khi sử dụng đơn thuần huyền phù trên cơ sở thủy tinh lỏng vì huyền phù thủy tinh lỏng làm cho vật đúc có bề mặt xấu. Người ta hay dùng kết hợp hai loại huyền phù: hai lớp đầu dùng huyền phù etylsilicat, các lớp còn lại dùng huyền phù thủy tinh lỏng. Cần lưu ý rằng, độ co của huyền phù thủy tinh lỏng lớn hơn nhiều so với huyền phù etylsilicat nên chỉ được áp dụng huyền phù kết hợp cho những vật đúc nhỏ, đơn giản.

d. Chế tạo vỏ mỏng

Đối với huyền phù thủy tinh lỏng, trước khi tạo lớp vỏ cần phải làm sạch dầu bôi trơn còn dính trên bề mặt mẫu bằng rượu hoặc axeton hoặc nước xà phòng loãng vì huyền phù thủy tinh lỏng có tính thấm ướt rất kém.

Có thể phủ lớp huyền phù lên mặt mẫu bằng các cách:

- i) nhúng trực tiếp chum mẫu vào bể chứa huyền phù;
- ii) tưới huyền phù lên khắp mặt mẫu;
- iii) dùng súng phun huyền phù lên mặt mẫu.

Khi nhúng chum mẫu vào trong bể chứa, nên nhấc lên, nhấn xuống vài lần hoặc xoay đi xoay lại xung quanh trục ống rót vài lần để huyền phù dính bám hoàn toàn lên mặt mẫu. Nhấc chum mẫu ra khỏi thùng và rắc lên mặt mẫu một lớp cát dày khoảng 1 mm. Treo mẫu ngoài không khí hoặc trong luồng gió có amoniac để lớp vỏ đông cứng. Thời gian sấy mẫu trong môi trường có amoniac kéo dài khoảng 15 - 20 phút, trong không khí thì lâu hơn, có thể 1 giờ hoặc hơn nữa. Lại nhúng mẫu vào huyền phù và lặp lại quy trình trên khoảng 4 đến 8 lần theo nguyên tắc, càng về sau, độ hạt cát rắc càng lớn. Việc tạo vỏ cứng dừng lại khi đã tạo được lớp vỏ dày chừng 5-10mm tùy thuộc vào kích thước vật đúc.

e. Nấu chảy mẫu

Để làm cho mẫu chảy tháo khỏi khuôn mỏng vỏ, có thể dùng các cách sau đây:

- 1) lược mẫu trong nước sôi đối với mẫu bằng vật liệu có nhiệt độ nóng chảy thấp;
- 2) thổi dòng khí nóng vào mẫu với loại vật liệu có nhiệt độ nóng chảy cao;
- 3) ngâm mẫu trong nước với loại vật liệu tan trong nước.

Phương pháp lược mẫu trong nước sôi có ưu điểm là, mẫu nóng chảy nhanh và đều; các bộ phận khác của mẫu không bị nung quá nhiệt cho nên không giãn nở thể tích; mất mát mẫu ít và vật liệu làm mẫu có thể thu hồi và dùng lại được. Tuy nhiên, phương

pháp này dễ lẫn tạp chất do khuôn rơi rụng ra. Nếu khuôn chế tạo từ huyền phù thủy tinh lỏng thì không nên sử dụng phương pháp lược mẫu mà chỉ nên dùng phương pháp thổi hơi nóng.

Phương pháp thổi hơi nóng thường dùng hơi có nhiệt độ rất cao, cao hơn nhiệt độ nóng chảy của mẫu. Khi nung chậm, mẫu bắt đầu chảy ngay khi đạt nhiệt độ và phần lớn khối mẫu đều tăng thể tích do quá nhiệt, bởi vậy vỏ mỏng rất dễ bị nứt. Trong phương pháp này, lượng mất mát vật liệu làm mẫu khá lớn và khó thu hồi lại vật liệu.

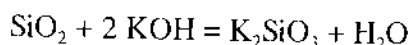
f. Nung khuôn

Sau khi loại mẫu ra khỏi khuôn, khuôn được nung đến $900 - 1000^{\circ}\text{C}$ để cho chất tạo mẫu còn dính bám trong khuôn cháy hết và hình thành một lớp láng trên bề mặt khuôn. Mặt khác, dưới tác dụng của nhiệt độ cao, các cấu tử của khuôn thiêu kết lại và tạo độ bền cho vỏ. Để tăng bền cho khuôn trong khi rót, có thể chèn khuôn trong hòm bằng vật liệu cát không chất dính. Tuy nhiên, khi dùng lớp đệm thì thời gian nung khuôn sẽ tăng lên nhiều, kéo dài khoảng 19 - 20 giờ do cát rời có hệ số dẫn nhiệt kém. Tốc độ nung khuôn phải đảm bảo hợp lý để không hình thành ứng suất và nứt khuôn. Thông thường tốc độ nung $100 - 150^{\circ}\text{C/h}$. Giữ ở nhiệt độ cao nhất trong khoảng 2 đến 3 giờ là đủ.

g. Rót khuôn và làm sạch vật đúc

Rót khuôn ngay sau khi lấy khuôn ra khỏi lò nung có nhiệt độ cao. Do đặc điểm của đúc mẫu chảy là chi tiết nhỏ, thành mỏng nên kim loại lỏng phải được nâng nhiệt cao, gạt xỉ triệt để. Gầu rót được đắp, nện và sấy tốt để chống tạo xỉ và tạo hơi trong quá trình rót.

Sau khi dỡ khuôn và đập bỏ hệ thống rót, làm sạch vật đúc bằng tang quay hoặc phun bi. Nếu chi tiết phải nhiệt luyện thì cần làm sạch lớp vỏ ôxit dính bám trên bề mặt. Làm sạch các loại vật liệu gốm còn dính bám trên bề mặt chi tiết bằng cách nhúng toàn bộ chi tiết vào dung dịch kiềm hoặc kiềm nung chảy. Thông thường hay dùng dung dịch 50% KOH ở trạng thái sôi. Khi đó sẽ có phản ứng của các hạt cát SiO_2 với kiềm nóng để tạo thành hợp chất K_2SiO_3 tách khỏi bề mặt vật đúc:



và chi tiết sẽ có bề mặt sạch.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phạm Quang Lộc và tập thể, **Công nghệ đúc**, ĐHBK Hà Nội, 1989.
2. **Các phương pháp đúc đặc biệt**, Bản tiếng Nga; 1991
3. Phạm Quang Lộc, **Tiến bộ kỹ thuật đúc**, NXB KHKT, 1977
4. **Die casting**, video về các phương pháp đúc đặc biệt, Australia, 2000
5. Dương Trọng Hải và tập thể, **Cơ sở lý thuyết các quá trình đúc**, NXB KHKT, 2003
6. Vejnhik, **Nhiệt động học khuôn đúc**, (bản tiếng Nga), Moskva, 1968
7. **Slévarenství**, (bản tiếng Tiệp), số 11, 1985.
8. Nebogatov, **Các phương pháp đúc đặc biệt**, (bản tiếng Nga) SN 11921
9. Morozov, **Đúc áp lực**, (bản tiếng Nga) SN 3639, SV 9436
10. Lipniski, **Đúc trong khuôn kim loại**, bản tiếng Nga, SN 3625, SN 8211
11. **Đúc liên tục**, bản tiếng Nga, SN 1661.
12. Nguyễn Văn Khánh, **Hỗn hợp cát-thủy tinh lỏng đóng rắn bằng este**; Đồ án tốt nghiệp Đại học, 2002
13. Nguyễn Văn Tân; Nguyễn Văn Thọ, **Chế tạo hỗn hợp khuôn vỏ mỏng**, Đồ án tốt nghiệp Đại học, ĐHBK Hà Nội, 2002
14. Nguyễn Văn Lương, **Góp phần hoàn chỉnh công nghệ đúc bằng phương pháp mẫu tự thiêu**. Luận án tốt nghiệp Đại học. ĐHBK Hà Nội, 2003.
15. John. L. **High Integrity Die Casting Process Variation**, International Conference on Strutral Aluminium Casting, 2003. Orlando, FL
16. Michael Bess, **The Unseen Benefits of Zinc Die Casting**. www.zincworld.org
17. M. R. Barone. **Analisis of Liquid Metal Flow in the Die Casting**. R&D center. Michigan 48090.9055
18. B. G. Thomas. **Continuous Cassting of Steel**. www.google.com
19. C. Bernhard. **Numerical Simulation of Solidification in Continuous Casting of Rounds**. www.google.com
20. **Fluid Dynamics of Continuous Casting**. www.google.com

21. S. K. Das. **Evaluation of Solid-Liquid Interface Profile during Continuous Casting by a Spline Based Formalism.** Bull.Mater.Sci.; Vol. 4; August. 2001
22. A. M. Joshi. **Cetrifugal Casting.** Indian Institute of Technology-Bombay.
23. **Roving for Centrifugal Casting.** . www.google.com
24. T. Basner. **Rheocasting of Semi-Solid A357 Aluminium.** SAE 2000 World Congress, Michigan; March 6-9, 2000.
25. H. Kaufmann. **High Quality Magnesium Castings by the New Rheocasting (NRC) Approach.** www.google.com
26. D. Rollez **Ultra Thin Wall Zinc Die Casting.** www.google.com
27. G. L. Wilson. **Impovment in the Hot Chamber Die Casting Process Through Hot Sprue Technology.** www.google.com
28. D. T. Fraser. **The Mechanism of Soldering in High Pressure Die Casting of Aluminium Alloy.** www.google.com
29. Hoon Cho. **Fabrication of Copper Clad Steel Wire by Continuous Casting Process.** Proceeding of the 9th Asian Foundry Congress _ Hanoi, Vietnam 2005
30. S. K. Das. **Evaluation of solid-liquid interface profile during continuous casting by sa spline based formalism.** Bull. Master. Sci., Vol.24. August 2001. Indian Academia of Science.
31. J. L. Jorstad. **High Integrity Die Casting Process Variation.** Richmond, VA. www.google.com
32. E. Flender. **New Developments for Process Modeling of Thixotropic Forming Process.** MAGMA Gießereitechnologie GmbH, Aachen, Germany. www.google.com

CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐÚC ĐẶC BIỆT

Tác giả : Nguyễn Hữu Dũng

Chịu trách nhiệm xuất bản : PGS. TS. TÔ ĐĂNG HẢI

Biên tập và sửa bài : ThS. NGUYỄN HUY TIẾN

NGỌC LINH – PHẠM VĂN

Trình bày bìa : TRIỆU THẾ HÙNG

**NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
70 TRẦN HUNG ĐẠO – HÀ NỘI**

In 700 cuốn, khổ 19x27cm, tại Xưởng in NXB Văn hoá Dân tộc

Quyết định xuất bản số: 136-2006/CXB/378-06/KHKT-10/8/2006

In xong và nộp lưu chiểu quý IV năm 2006

206323



Giá: 45.000đ