

## XÁC ĐỊNH THÀNH PHẦN CHẤT SƠN KHUÔN HỢP LÝ CHO CÔNG NGHỆ KHUÔN CHÂN KHÔNG

Nguyễn Ngọc Hà

Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 29 tháng 12 năm 2006, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 02 tháng 09 năm 2007)

**TÓM TẮT:** Công nghệ đúc trong khuôn chân không (V-process) là một trong những phương pháp đúc tiên tiến nhất để chế tạo vật đúc có chất lượng cao. Tuy nhiên, trong công nghệ này, khuôn dễ bị sụp và vật đúc dễ bị cháy dính cát cơ học.

Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu về chất sơn khuôn để đúc các vật đúc bằng hợp kim nhôm trong khuôn chân không. Thành phần chất sơn khuôn được lựa chọn để nghiên cứu gồm bột thạch anh, côn, nhựa thông, sét bentonit, axit boric. Mục đích của công trình là lựa chọn được thành phần hợp lý của chất sơn khuôn để đạt được các tính chất công nghệ cần thiết (độ ổn định huyền phù, thời gian khô, độ bám dính của chất sơn khuôn trên màng) và chế tạo được vật đúc có chất lượng cao.

### 1. GIỚI THIỆU

Công nghệ đúc trong khuôn chân không có nhiều ưu điểm: vật đúc đạt độ chính xác cao, giảm đáng kể lượng dư gia công và công nghệ, giảm ô nhiễm môi trường, giảm lượng tiêu hao vật liệu làm khuôn ...

Các bước cơ bản của công nghệ đúc trong khuôn chân không:

1) Nung nóng màng chất dẻo và đặt lên trên tấm mẫu; 2) Hút chân không từ lòng tấm mẫu để màng chất dẻo ép sát lên mẫu; 3) Đặt hòm khuôn thứ nhất lên tấm mẫu, cho cát vào hòm, rung lên chặt cát khuôn; 4) Cho một màng chất dẻo khác lên mặt hòm khuôn và tạo chân không trong hòm; 5) Làm mát chân không ở tấm mẫu, rút nó khỏi hòm khuôn, sơn phủ lòng khuôn; 6) Chế tạo nửa khuôn thứ hai bằng cách tương tự; 7) Ráp hai nửa khuôn trong khi vẫn duy trì chân không. Rót kim loại lỏng vào khuôn, chờ vật đúc đông đặc và nguội, làm mát chân không để dỡ khuôn và lấy vật đúc ra.

Có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến quá trình chế tạo vật đúc bằng phương pháp chân không: loại màng và chế độ nung màng, cát làm khuôn và chế độ rung lên chặt, chất sơn màng và chế độ sơn, độ chân không ... Bài báo này chỉ trình bày các nghiên cứu của chúng tôi về chất sơn khuôn cho khuôn chân không.

### 2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

#### 2.1. Phương pháp nghiên cứu

Trong quá trình đúc trong khuôn cát, kim loại lỏng tiếp xúc với khuôn và tạo nên các tương tác cơ, nhiệt, nhiệt hóa làm ảnh hưởng đến chất lượng vật đúc. Trong các tương tác trên, tương tác cơ đóng vai trò rất quan trọng trong công nghệ đúc trong khuôn chân không.

Dưới tác dụng của một áp lực nào đó, kim loại lỏng sẽ thâm nhập vào các lỗ rỗng giữa các hạt cát trong khuôn và khi đông đặc, chúng nằm lại trong hỗn hợp làm khuôn nhưng vẫn nối liền với vật đúc tạo nên khuyết tật trên vật đúc, gọi là cháy dính cát cơ học.

Nếu xem các lỗ rỗng là các ống mao dẫn có bán kính  $r$ , để xảy ra cháy dính cát cơ học thì áp lực của kim loại lỏng  $p_k$  phải lớn hơn áp lực ngăn cản kim loại lỏng thâm nhập vào lỗ rỗng  $p_z$ :

$$p_k > p_z \Rightarrow (p_{ng} + p_{tt} + p_{ck}) > -(2\bar{i}\cos/r) \quad \text{hay} \quad (p_{ng} + \rho gh + p_{ck}) > -(2\bar{i}\cos/r) \quad (1)$$

trong đó:  $p_{ng}$  – áp lực bên ngoài tác động lên kim loại lỏng;  $p_{tt}$  – cột áp thủy tĩnh của kim loại lỏng;  $p_{ck}$  – áp lực âm ở cuối ống mao dẫn;  $\rho$  – khối lượng riêng của kim loại lỏng;  $h$  – cột áp thủy tĩnh lớn nhất trong khuôn đúc;  $\bar{i}$  – sức căng bề mặt của kim loại lỏng;  $\gamma$  – góc thấm ướt giữa kim loại lỏng và ống mao dẫn.

Khi đúc trong khuôn chân không,  $p_{ck} \gg p_{tt}$  nên khả năng chảy dính cát cơ học là lớn hơn nhiều so với các phương pháp đúc trong khuôn cát khác. Để ngăn ngừa chảy dính cát, thường phải sử dụng chất sơn khuôn. Riêng đối với khuôn chân không, chất sơn khuôn (màng) còn phải có tác dụng chống mất chân không trong quá trình rót kim loại lỏng vào khuôn.

Với mục đích chế tạo chất sơn khuôn để đúc các vật đúc bằng hợp kim nhôm trong khuôn chân không, Chúng tôi chọn thành phần chất sơn khuôn để nghiên cứu như sau: bột thạch anh (99,1%  $\text{SiO}_2$ , độ hạt tập trung ở khoảng  $10\mu\text{m}$ , đóng vai trò là nền chịu lửa), cồn (96%  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ , đóng vai trò là dung môi), nhựa thông (đóng vai trò là chất dính), sét bentonit natri (độ hạt tập trung ở khoảng  $12\mu\text{m}$ , đóng vai trò là chất chống sa lắng và chất dính), axit boric 99% (đóng vai trò là chất phụ gia để bong tách khỏi bề mặt vật đúc).

Để đánh giá chất sơn khuôn, chúng tôi tiến hành đo độ ổn định huyền phù (độ chống sa lắng), thời gian khô, độ bám dính của chất sơn khuôn trên màng; tối ưu hóa thành phần và sau đó thử nghiệm đúc các chi tiết trong khuôn chân không.

Để đánh giá độ ổn định huyền phù, cho chất sơn khuôn vào ống đong 10ml đến vạch 100. Quan sát sự lắng của các hạt, ghi nhận chiều cao của phần chất phân tán lắng được theo từng khoảng thời gian xác định.

$$\text{Độ huyền phù được đánh giá theo công thức: } k = (h_1/h_0) \times 100\% \quad (2)$$

trong đó:  $k$  – độ ổn định huyền phù;  $h_1$  – chiều cao của phần chất phân tán lắng được;  $h_0$ : chiều cao ban đầu của mẫu.

Thời gian khô của chất sơn khuôn chính là thời gian bay hơi của dung môi, tạo ra một lớp sơn đủ bền sau khi sơn. Thời gian khô có ý nghĩa quan trọng đến thời gian chu kỳ của công nghệ khuôn chân không. Sau khi chuẩn bị các tấm mẫu (màng căng lên tấm thủy tinh), dùng thiết bị phun sơn, sơn hỗn hợp chất sơn khuôn lên màng. Theo dõi tốc độ giảm khối lượng tổng tấm mẫu + sơn, xác định thời điểm mà khối lượng này gần như không đổi hoặc thay đổi rất ít. Khoảng thời gian này được xem là thời gian khô của chất sơn khuôn.

Để đo độ bám dính của chất sơn khuôn trên màng, chúng tôi tham khảo và sử dụng “Phương pháp cắt xác định độ bám dính của màng” theo TCVN 2097-1993 và có những điều chỉnh để phù hợp với đối tượng nghiên cứu.

Chúng tôi sử dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm với các yếu tố đầu vào:

- Thành phần chất sơn khuôn: nhựa thông  $x_1$ ; bentonit  $x_2$ ; axit boric  $x_3$ ; cồn  $x_4$ ; bột thạch anh  $x_5$  ( $x_5 = 100\% - x_1 - x_2 - x_3 - x_4$ )

- Chế độ khuấy trộn: tốc độ khuấy  $x_6 = \text{const}$  (60vòng/phút); thời gian khuấy  $x_7 = \text{const}$  (30phút)

- Chiều dày lớp sơn:  $x_8 = \text{const}$  (sơn phun 3 lớp)

Như vậy chỉ còn 4 biến độc lập:  $x_1, x_2, x_3, x_4$ . Qua loạt thí nghiệm thăm dò, khoảng thực nghiệm sau đây được chọn:  $x_1 = 1\text{-}4\%$ ;  $x_2 = 0,5\text{-}3\%$ ;  $x_3 = 0\text{-}2\%$ ;  $x_4 = 30\text{-}40\%$ .

*Các hàm mục tiêu:* độ ổn định huyền phù  $y$ ; thời gian khô  $z$ ; độ bám dính  $t$ .

Mô hình được chọn là đa thức bậc hai.

*Phương án thực hiện:* phương án trực giao bậc hai:  $k = 4$ ;  $n_0 = 1$ ;  $\alpha^2 = 2$  ( $\alpha = 1,414$ ). Ta cần tiến hành 28 thí nghiệm cho mỗi hàm mục tiêu:

- 1)  $2^k = 2^4 = 16$  thí nghiệm của nhân TYT  $2^k$ ; 2)  $2.k = 2.4 = 8$  thí nghiệm của các điểm sao;  
 3) 4 thí nghiệm ở tâm để bổ sung  $n_0 = 1$  thí nghiệm ở tâm và để tính  $s_{th}^2$

## 2.2. Kết quả nghiên cứu

Các kết quả thí nghiệm được trình bày ở bảng 1.

**Bảng 1.** Kết quả thực nghiệm

Mẫu	Thành phần, %				Độ huyền phù sau 120 phút, %	Thời gian khô, phút	Cấp độ bám dính trung bình
	Nhựa thông	Sét bentonit	Axit boric	Còn			
1	4	3	2	40	95,1	11	3,00
2	1	0,5	2	40	95,5	14	4,00
3	4	0,5	0	40	95,3	14	2,67
4	1	3	0	40	96,8	15	4,33
5	4	0,5	2	30	96,7	9,0	3,33
6	1	3	2	30	98,2	9,0	5,00
7	4	3	0	30	98	9,0	4,00
8	1	0,5	0	30	98,5	11	4,67
9	4	0,5	2	40	94,5	13	2,67
10	1	3	2	40	96,0	13	4,33
11	4	3	0	40	95,7	13	3,00
12	1	0,5	0	40	96,2	15	4,00
13	4	3	2	30	97,3	7,0	3,67
14	1	0,5	2	30	97,8	10	4,67
15	4	0,5	0	30	97,5	10	3,33
16	1	3	0	30	99	11	5,00
17	4,621	1,75	1	35	96,0	10	3,00
18	0,379	1,75	1	35	97,7	12	5,00
19	2,5	3,5175	1	35	97,0	14	4,00
20	2,5	0	1	35	96,7	12	3,67
21	2,5	1,75	2,414	35	96,2	10	4,00
22	2,5	1,75	0	35	96,3	14	3,67
23	2,5	1,75	1	42,07	95,1	15	3,33
24	2,5	1,75	1	27,93	98,3	8,0	4,67

25	2,5	1,75	1	35	96,7	11	3,67
26	2,5	1,75	1	35	96,8	12	4
27	2,5	1,75	1	35	97,0	10	3,67
28	2,5	1,75	1	35	96,8	11	3,67

Từ các bảng số liệu trên, đã xây dựng được các phương trình hồi quy thực nghiệm sau:

$$y = 97,81 - 0,09x_1 + 1,06x_2 - 0,10x_3 - 0,06x_4 - 0,20x_3^2 \quad (3)$$

$$z = 9,21 - 0,74x_1 - 0,88x_3 + 0,13x_4 \quad (4)$$

$$t = 4,69 - 0,36x_1 + 0,21x_2 - 0,02x_4 \quad (5)$$

Vì có tới ba hàm mục tiêu nên chúng tôi dùng *hàm suy rộng* để tìm nghiệm tối ưu, tức là nghiệm thỏa hiệp của ba hàm:

$$Q = \frac{y}{z+t} = \frac{97,81 - 0,09x_1 + 1,06x_2 - 0,10x_3 - 0,06x_4 - 0,20x_3^2}{(9,21 - 0,74x_1 - 0,88x_3 + 0,13x_4) + (4,69 - 0,36x_1 + 0,21x_2 - 0,02x_4)}$$

$$= \frac{97,81 - 0,09x_1 + 1,06x_2 - 0,10x_3 - 0,06x_4 - 0,20x_3^2}{13,9 - 1,1x_1 + 0,21x_2 - 0,88x_3 + 1,1x_4}$$

Điểm cực trị của hàm suy rộng Q có tọa độ (3,22; 0,91; 1,07; 36,29). Đây là nghiệm thỏa hiệp của ba hàm mục tiêu y, z và t.

### 2.3. Đúc thử nghiệm hợp kim nhôm

Đã tiến hành đúc thử hợp kim nhôm - kẽm. Bề mặt khuôn chỉ sơn một lớp, tại vài vị trí thì được sơn hai lớp. Kết quả:

- Chỉ cần một lớp sơn mỏng nhưng chất sơn khuôn chống mát chân không rất tốt, quá trình rót êm và cho phiê đúc đảm bảo hình dạng.

- Tại những vị trí sơn một lớp, vật đúc bị cháy cát cơ nghiêm trọng. Còn tại vị trí sơn hai lớp (trong hình khoanh tròn trên hình 1) vật đúc có bề mặt rất nhẵn, không bị cháy dính cát cơ học.

### 3. KẾT LUẬN

- Nhựa thông làm tăng bám dính của sơn lên màng, giảm thời gian bay hơi của cồn nhưng lại không tốt cho sự ổn định của hệ.

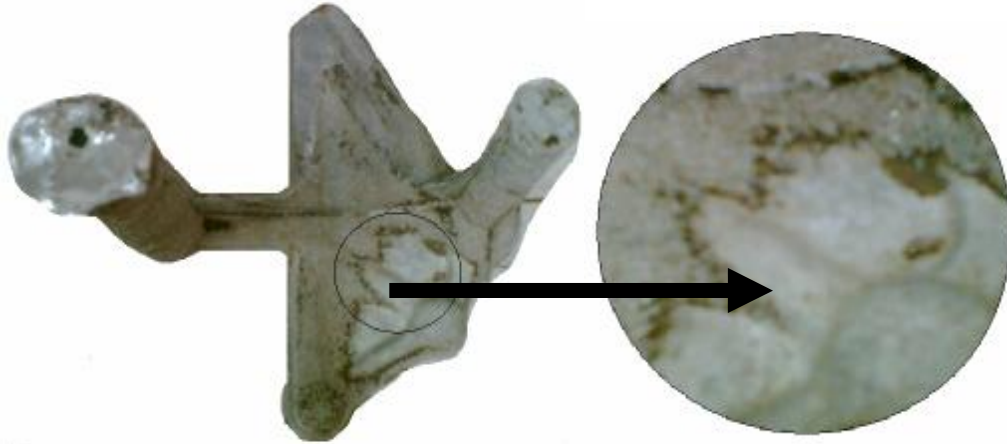
- Sét bentonit trương nở, chống sa lắng bột thạch anh. Nếu hàm lượng sét cao, tính bám dính của sơn giảm.

- Axit boric làm giảm thời gian khô nhưng lại giảm độ huyền phù.

- Dung môi cồn tăng, chất sơn khuôn khô chậm và dễ bị sa lắng nhưng lớp sơn bóng và bám dính tốt lên màng.

Để tìm thành phần chất sơn khuôn đáp ứng tốt cả ba thông số, đã dùng toán quy hoạch thực nghiệm trong khoảng: nhựa thông 1 – 4%; sét bentonit 0,5 – 3%; axit boric (99%) 0 – 2%; cồn (96<sup>o</sup>) 30 – 40%; còn lại là bột thạch anh.

*Thành phần chất sơn khuôn hợp lý để đúc trong khuôn chân không (%):* nhựa thông 3,22; sét bentonit 0,91; axit boric (99%) 1,07; cồn (96<sup>o</sup>) 36,29; bột thạch anh 58,51.



**Hình 1.** Vật đúc hợp kim nhôm đúc trong khuôn MMCK

## STYDY OF MOLD COATING FOR V – PROCESS TECHNOLOGY

**Nguyen Ngoc Ha**

Univercity of Technology, VNU-HCM

**ABSTRACT:** *V – process produces casting with a smooth surface and excellent detail. In V – process, however mold is inclined to collapse and liquid metal is easy to penetrate into mold.*

*The rearch project studied mold coating material for aluminum alloy casting in V – process. The composition of mold coating consists of quart powder, bentonite clay, colophony, boric acid and alcohol. The purpose of this project is to choose a reasonable composition of mold coating to achieve the necessnary technology properties (stability of suspension, adhesive capacity, drying time) and to receive castings with high quality.*

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Ngọc Hà, *Nghiên cứu công nghệ tạo phôi chính xác bằng phương pháp màng mỏng – chân không*, Đề tài nghiên cứu cấp Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh, (2005).
- [2]. Đinh Quảng Năng, *Vật liệu làm khuôn*, NXB Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, (2003).
- [3]. <http://www.acept.la.asu.edu>
- [4]. <http://www.harmonycastings.com/> v-process advantages
- [5]. <http://www.eng.uab.edu>