

**TRƯỜNG CAO ĐẲNG NGHỀ CÔNG NGHIỆP HÀ NỘI**

Tác giả: Vũ Văn Giang



**GIÁO TRÌNH**  
**CÔNG NGHỆ VÀ THIẾT BỊ**  
**LUYỆN THÉP**  
*(Lưu hành nội bộ)*

*Hà Nội năm 2012*

### **Tuyên bố bản quyền**

Giáo trình này sử dụng làm tài liệu giảng dạy nội bộ trong trường Cao đẳng nghề Công nghiệp Hà Nội

Trường Cao đẳng nghề Công nghiệp Hà Nội không sử dụng và không cho phép bất kỳ cá nhân hay tổ chức nào sử dụng giáo trình này với mục đích kinh doanh.

Mọi trích dẫn, sử dụng giáo trình này với mục đích khác hay ở nơi khác đều phải được sự đồng ý bằng văn bản của trường Cao đẳng nghề Công nghiệp Hà Nội

# Lời nói đầu

Cùng với sự tiến bộ vượt bậc trong khoa học và công nghệ, đặc biệt là trong lĩnh vực vật liệu, nhiều loại vật liệu mới đã được nghiên cứu và ứng dụng trong sản xuất. Tuy nhiên, cho đến nay thép vẫn được coi là một trong những vật liệu chủ yếu dùng trong chế tạo máy móc, thiết bị cũng như trong nhiều kết cấu và công trình chịu lực khác. Hàng năm, nước ta sử dụng một lượng lớn thép xây dựng trong các công trình xây dựng, công trình giao thông vận tải và một lượng không nhỏ thép chế tạo để chế tạo máy móc, thiết bị phục vụ ngành cơ khí, ngành chế tạo ô tô, ngành hóa chất và nhiều ngành khác mà một phần lớn trong số đó vẫn phải nhập ngoại. Trong những năm tới, để đáp ứng nhu cầu xây dựng và sản xuất trong nước, một nhiệm vụ cấp bách là nhanh chóng phát triển ngành thép, trong đó vấn đề luyện và đúc phôi đóng một vai trò hết sức quan trọng. Để phát triển ngành thép, song song với việc đầu tư đổi mới thiết bị, đổi mới công nghệ thì một vấn đề hết sức cần thiết là phát triển đội ngũ cán bộ kỹ thuật chuyên ngành có kiến thức chuyên môn và có năng lực thực tế vững.

Giáo trình Công nghệ và thiết bị luyện thép được biên soạn gồm 8 chương, trình bày những kiến thức cơ bản về thiết bị và công nghệ luyện thép như cơ sở lý thuyết quá trình luyện thép; nguyên, nhiên vật liệu dùng trong luyện thép; thiết bị và công nghệ luyện thép trong các loại lò khác nhau; thiết bị và công nghệ đúc phôi cán... Giáo trình được dùng làm tài học tập cho sinh viên chuyên ngành Cơ khí với nội dung liên quan đến nhiều vấn đề thực tế sản xuất, giáo trình cũng có thể dùng làm tài liệu tham khảo bổ ích cho các cán bộ kỹ thuật đang làm việc trong lĩnh vực sản xuất thép.

Do giáo trình được biên soạn lần đầu, nội dung bao quát rộng, tài liệu tham khảo hạn chế, chắc chắn còn nhiều sai sót. Để giáo trình được hoàn thiện hơn, rất mong sự góp ý của bạn bè đồng nghiệp, mọi ý kiến đóng góp xin gửi về khoa Cơ khí, trường Cao Đẳng Nghề Công Nghiệp Hà Nội.

**Ban biên soạn**

# Chương I

## KHÁI QUÁT CHUNG

### 1.1. Khái niệm và phân loại thép

#### 1.1.1. Khái niệm

Thép là hợp kim của sắt với cacbon và một số nguyên tố kim loại hay phi kim khác, trong đó hàm lượng cacbon không vượt quá một giới hạn nhất định.

Sắt là nguyên tố cơ bản và cacbon là nguyên tố tạp chất chính ảnh hưởng quyết định đến tổ chức và tính chất của thép. Các nguyên tố khác được đưa vào thép do đặc điểm của công nghệ nấu luyện hoặc do hợp kim hóa có thể là tạp chất có lợi cũng có thể là tạp chất có hại. Trong thép cacbon, ngoài sắt và cacbon, thường chứa một lượng nhất định các nguyên tố khác như Si, Mn, P, S trong đó Si, Mn là tạp chất có lợi còn P, S là tạp chất có hại cần hạn chế.

Chất lượng của thép được đánh giá qua các chỉ tiêu:

- + Độ bền  $\sigma_b$  (kG/mm<sup>2</sup>);
- + Giới hạn chảy  $\sigma_s$  (kG/mm<sup>2</sup>);
- + Độ giãn dài  $\delta$  (%);
- + Độ co thắt  $\varphi$  (%);
- + Độ dai va đập  $a_k$  (kJ/mm<sup>2</sup>).

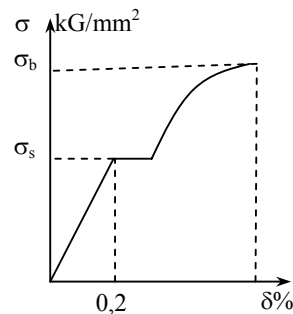
Ngoài ra còn có những tính năng đặc biệt khác như:

- + Tính dẫn từ;
- + Tính chống mài mòn;
- + Tính chịu nhiệt;
- + Tính chống rỉ.

#### 1.1.2. Phân loại thép

##### a) Phân loại theo thành phần hóa học

Theo thành phần hóa học, thép được chia ra: thép cacbon và thép hợp kim.



Hình 1.1 Giản đồ kéo của thép

Thép cacbon: hàm lượng cacbon  $< 2,0\%$ , ngoài ra còn có:  $0,1 \div 0,8 \% \text{Mn}$ ;  $0,5 \div 1,0 \% \text{Si}$ ;  $< 0,06\% \text{P}$ ;  $< 0,02\% \text{S}$ .

Theo hàm lượng cacbon trong thép, thép cacbon lại được chia ra:

- + Thép cacbon thấp :  $C < 0,25\%$ ;
- + Thép cacbon trung bình :  $C = 0,25 \div 0,5\%$ ;
- + Thép cacbon trung bình:  $C = 0,5 \div 2,0 \%$ .

Thép hợp kim: ngoài sắt, cacbon và các nguyên tố thường có, trong thành phần của thép còn được đưa vào một hoặc đồng thời một số nguyên tố khác (gọi là nguyên tố hợp kim hóa) với hàm lượng đủ lớn để làm thay đổi tổ chức của thép do đó thay đổi tính chất của thép.

Theo tổng lượng các nguyên tố hợp kim có trong thép, người ta chia ra:

- + Thép hợp kim thấp:  $\Sigma_{\text{hợp kim}} < 5\%$ ;
- + Thép hợp kim trung bình:  $\Sigma_{\text{hợp kim}} = 5 \div 10\%$ ;
- + Thép hợp kim cao:  $\Sigma_{\text{hợp kim}} \geq 10\%$ ;

#### **b) Phân loại theo tổ chức tế vi**

Theo tổ chức tế vi, thép được phân ra:

- + Thép peclit;
- + Thép mactenxit;
- + Thép austenit;
- + Thép cacbit.

#### **c) Phân loại theo công dụng**

Theo công dụng, thép được chia ra:

+ Thép thông thường: hay còn gọi là thép chất lượng thường, chủ yếu dùng trong các công trình xây dựng, giao thông vận tải... thường là thép cacbon thấp. Yêu cầu cơ bản là độ bền và độ dẻo của thép.

+ Thép kết cấu: dùng để chế tạo các chi tiết máy, thường là thép cacbon thấp và trung bình, thép hợp kim thấp. Yêu cầu cơ bản là cơ tính tổng hợp tốt, thành phần hóa học không chế chính xác.

+ Thép dụng cụ: dùng để chế tạo các loại dụng cụ cắt, dụng cụ đo, khuôn dập ... thường là thép cacbon cao hoặc thép hợp kim. Yêu cầu cơ bản của thép là độ cứng cao, độ bền tương đối tốt, chịu mài mòn.

+ Thép đặc biệt: là thép có tính chất lý hóa đặc biệt như: chịu ăn mòn (không gỉ), chịu nóng, chịu mài mòn, chịu axit...

#### **d) Phân loại theo công nghệ nấu luyện**

Theo thiết bị nấu luyện, thép được chia ra:

+ Thép lò mactanh;

+ Thép lò thổi;

+ Thép lò điện ...

Theo mức độ khử oxy khi nấu luyện, thép được chia ra:

+ Thép sôi: khử oxy chưa triệt để;

+ Thép lắng: khử oxy triệt để;

+ Thép nửa lắng: mức độ khử oxy nằm giữa thép lắng và thép sôi.

#### **1.1.3. Ký hiệu của thép**

Theo TCVN, thép được ký hiệu như sau:

+ Thép cacbon thông dụng: CT31; CT34; ...;CT51, trong đó CT chỉ loại thép cacbon thông dụng, con số tiếp theo chỉ độ bền kéo của thép tính bằng kG/mm<sup>2</sup>.

+ Thép cacbon kết cấu: C08; C12; ...;C20; C15; ...; C50, trong đó C chỉ loại thép cacbon kết cấu, con số tiếp theo chỉ phần vạn cacbon trong thép.

+ Thép dụng cụ: CD70; CD80; ...; CD130, trong đó CD chỉ loại thép cacbon dụng cụ, con số tiếp theo chỉ phần vạn cacbon trong thép.

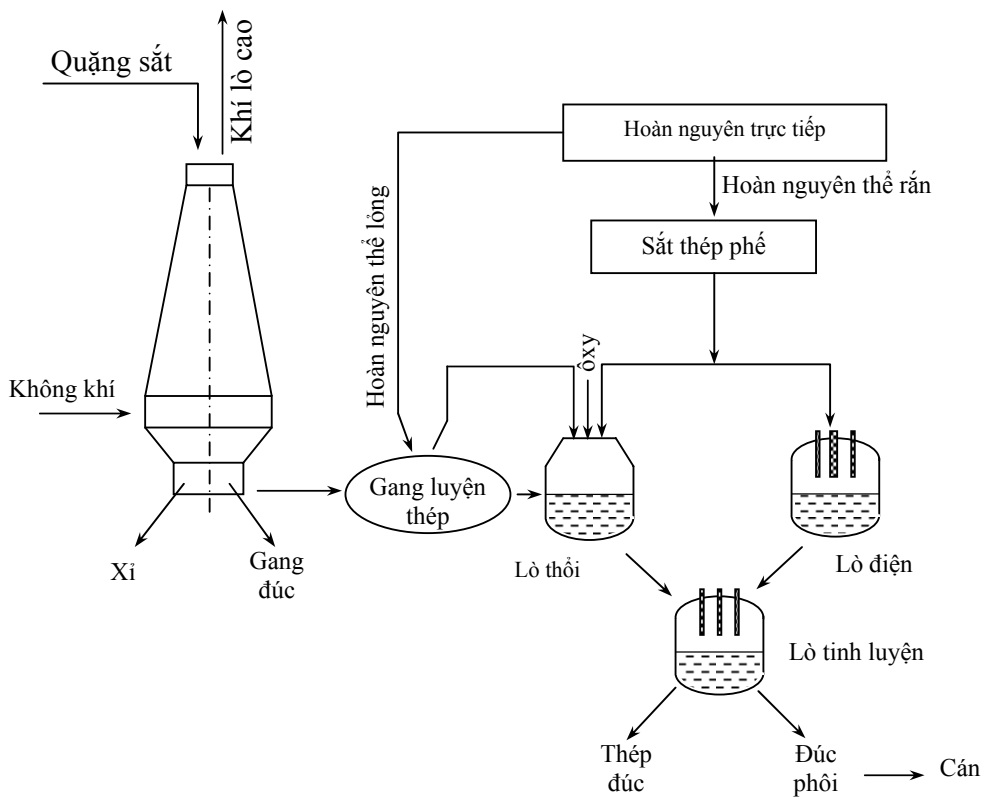
+ Thép hợp kim: 60Si2; 55Mn; 110Mn13; 30CrNiW; 20Cr18Ni12Mo3Ti ... trong đó con số đầu tiên chỉ phần vạn cacbon có trong thép; các ký hiệu tiếp theo là ký hiệu tên nguyên tố hợp kim và ngay sau ký hiệu là con số chỉ phần trăm nguyên tố đó có trong thép, trường hợp nguyên tố hợp kim có hàm lượng xấp xỉ 1% thì không ghi con số.

## 1.2. Lưu trình sản xuất thép

Tùy thuộc nguyên liệu dùng để sản xuất thép, có thể sử dụng hai lưu trình khác nhau:

- + Lưu trình dùng nguyên liệu quặng;
- + Lưu trình dùng sắt thép phế;

Hình 1.1 trình bày sơ đồ lưu trình luyện thép.



Hình 1.1 Sơ đồ lưu trình sản xuất thép

Theo quy trình phổ biến hiện nay, nguyên liệu quặng cùng với nhiên liệu và chất trợ dung được đưa vào lò cao để sản xuất ra gang luyện thép. Gang luyện thép được đúc thành thỏi hoặc chuyển trực tiếp ở thể lỏng vào các lò luyện để luyện thành thép và đúc phôi để cán.

Quặng sắt: quặng luyện thép gồm quặng sắt nguyên khai hàm lượng sắt  $\geq 66\%$  hoặc quặng thiêu kết dạng cục.

Nhiên liệu: để luyện gang dùng nhiên liệu chính là than cốc là nhiên liệu nhân tạo có độ bền cơ và độ bền nhiệt cao, hàm lượng tro ít.

Chất trợ dung: để tạo xỉ khi luyện gang, thường dùng đá vôi.

Sản phẩm chính của lò cao là gang luyện thép chứa  $<1,5\%Si$  (chiếm  $\sim 90\%$ ) và gang đúc chứa  $\geq 1,5\%Si$  (chiếm  $\sim 10\%$ ).

Sản phẩm phụ gồm: xỉ và khí lò cao.

Xỉ có thành phần chủ yếu là  $Al_2O_3$  và  $SiO_2$ , thường được tận dụng trong công nghiệp sản xuất xi măng.

Khí lò cao chứa  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $N_2$ ,  $SO_2$ ... với  $CO$  là thành phần cháy, được dùng làm nhiên liệu khí.

Để luyện thép có thể dùng lò thổi hoặc lò điện. Lò thổi chủ yếu dùng cho quá trình luyện từ quặng, nguyên liệu là gang lỏng luyện thép được chuyển đến từ lò cao. Lò điện chủ yếu dùng nguyên liệu sắt thép phế.

### 1.3. Phân loại lò luyện thép

Theo kết cấu, lò luyện thép được chia ra:

- + Lò mactanh;
- + Lò thổi;
- + Lò điện hồ quang;
- + Lò điện cảm ứng;
- + Lò điện xỉ ...

Theo năng lượng sử dụng, lò luyện thép được chia ra:

- + Lò dùng nhiên liệu: sử dụng nhiệt do đốt cháy nhiên liệu (lò mactanh);
- + Lò dùng năng lượng điện: biến đổi điện năng thành nhiệt năng (lò điện hồ quang, lò điện cảm ứng);
- + Lò tự phát nhiệt: sử dụng nhiệt của các phản ứng hóa học sinh ra trong quá trình luyện thép (lò thổi);

Theo tính chất của vật liệu xây lò, lò luyện thép được chia ra:

- + Lò axit: lớp làm việc của tường lò có tính axit;
- + Lò bazơ: lớp làm việc của tường lò có tính bazơ.



## Chương II

### NGUYÊN VẬT LIỆU DÙNG ĐỂ LUYỆN THÉP

#### 2.1. Nguyên vật liệu

##### 2.1.1. Nguyên vật liệu kim loại

Nguyên vật liệu kim loại dùng trong sản xuất thép gồm các loại: gang thổi (hoặc gang lỏng) luyện thép; thép vụn, hồi liệu và các hợp kim ferô.

a) **Gang thổi luyện thép:** gang thổi luyện thép được sản xuất từ lò cao, thành phần phụ thuộc vào loại lò sử dụng. Bảng 2.1 và 2.2 cho thành phần của một số loại gang thổi luyện thép của Nga (Liên Xô cũ) và Việt Nam. Gang thổi M1, M2 (hoặc GM1, GM2) dùng cho lò mactanh, gang thổi Б1, Б2 dùng cho lò Betsme, gang thổi T dùng cho lò Tômat

Bảng 2.1 Thành phần gang thổi luyện thép (Liên Xô cũ)

Mác gang	Thành phần hóa học (%)								
	Si	Mn		P			S		
		Nhóm I	Nhóm II	Loại A	Loại Б	Loại B	Loại I	Loại II	Loại III
M1	0,76÷1,25	≤1,0	1,01÷1,75	0,15	0,20	0,30	0,03	0,05	0,07
M2	≤0,75	≤1,0	1,01÷1,75	0,15	0,20	0,30	0,03	0,05	0,07
Б1	1,26÷1,75	0,60 ÷ 1,20		-	0,07	-	-	0,04	-
Б2	0,07÷1,25	0,5 ÷ 0,80		-	0,07	-	-	0,06	-
T	0,20÷0,60	0,8 0 ÷ 1,30		-	1,5÷2,0			0,08	

Bảng 2.2 Thành phần gang thổi luyện thép (Công ty gang thép Thái Nguyên)

Mác gang	Thành phần hóa học (%)									
	Si	Mn			P			S		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
GM1	≤ 0,75		1,01	1,76						
GM2	0,76÷1,25	1,0	đến 1,75	đến 2,50	0,03	0,05	0,07	0,15	0,20	0,30

b) **Thép vụn:** thép vụn (hay còn gọi là thép phế) là các chi tiết máy bằng thép hỏng, các rẻo vụn, đầu thừa trong quá trình gia công cơ khí, rèn dập... được thu mua từ ngoài về. Thép phế thường được chia thành hai loại là thép vụn cacbon và thép vụn hợp kim.

Thép vụn cacbon (các rẻo vụn từ thép cacbon) được dùng để nấu thép cacbon và thép hợp kim. Thép vụn nên chọn dạng cục, dạng tấm kích thước nhỏ hơn kích thước lò (chiều dày nên  $\geq 10$  mm), không nên chọn dạng ống bịt kín, thép vụn rết rỉ nhiều, dính dầu mỡ, axit, kiềm ...

Thép vụn hợp kim (các rẻo vụn từ thép hợp kim) được tận dụng để nấu các mác thép hợp kim. Thép vụn hợp kim được phân loại theo nhóm nguyên tố hợp kim phù hợp với thành phần thép cần nấu, với các rẻo vụn thép hợp kim chứa nguyên tố dễ bị oxy hóa chỉ nên dùng khi nấu không có giai đoạn oxy hóa.

c) **Hồi liệu:** là thép hệ thống rót, ngót, thép rơi vãi trong quá trình đúc... được thu hồi để nấu lại. Hồi liệu yêu cầu phải sạch, ít dính đất cát.

d) **Hợp kim ferô:** hợp kim của sắt với một hoặc một số nguyên tố hợp kim như Si, Mn, Cr ... được dùng để điều chỉnh thành phần, hợp kim hóa và khử oxy. Thành phần một số mác ferô phổ biến cho ở các bảng 2.3 đến bảng 2.7.

Bảng 2.3 Thành phần hợp kim ferômangan (Việt Nam)

Loại ferômangan	Ký hiệu	Thành phần hóa học (%)				
		Mn $\geq$	C	Si	P $\leq$	S $\leq$
Các bon thấp	Mn 0	80	0,50	2,0	0,30	0,03
Các bon trung bình	Mn 1	78	1,0	2,5	0,30	0,03
	Mn 2	75	1,5	2,5	0,35	0,03
Các bon cao	Mn 3	78	7,0	2,5	0,38	0,03
	Mn 4	75	7,0	2,5	0,45	0,03
	Mn 5	70	7,0	3,0	0,45	0,03
	Mn 6	65	7,0	4,0	0,45	0,03

Bảng 2.4 Thành phần hợp kim ferôsilic (Thái Nguyên)

Loại ferô	Ký hiệu	Thành phần hóa học (%)				
		Si	Mn ≤	Cr ≤	P ≤	S ≤
Ferôsilic 45	Si 45	40 ÷ 47	0,80	0,50	0,05	0,04
Ferôsilic 75	Si 75	70 ÷ 80	0,70	0,50	0,05	0,04
Ferôsilic 90	Si 90	87 ÷ 95	0,50	0,20	0,04	0,03

Bảng 2.5 Thành phần hợp kim silicômangan (Thái Nguyên)

Loại ferô	Ký hiệu	Thành phần hóa học (%)			
		Si ≤	Mn ≥	C ≤	P ≤
Silicômangan 20	SiMn20	20	65	1,0	0,1
Silicômangan 17	SiMn17	17	65	1,7	0,1
Silicômangan 14	SiMn14	14	60	2,5	0,2

Bảng 2.6 Thành phần silicôcanxi (Liên Xô cũ)

Loại ferô	Ký hiệu	Thành phần hóa học (%)				
		Ca ≥	CaSi ≥	Al ≤	P ≤	S ≤
Silicôcanxi	KaCu0	31	90	1,5	0,05	0,04
	KaCu1	28	90	2,0	0,05	0,04
	KaCu2	23	85	3,0	0,05	0,07

Bảng 2.7 Thành phần ferôcrôm (Liên Xô cũ)

Loại ferô	Ký hiệu	Thành phần hóa học (%)				
		C	Si	P ≤	Cr ≥	S ≤
Ferôcrôm	Xp 0000	≤0,06	≤1,5	0,06	65	0,03
	Xp 000	0,07 ÷ 1,0	≤1,5	0,06	65	0,04
	Xp 00	0,11 ÷ 0,15	≤1,5	0,06	60	0,04
	Xp 0	0,16 ÷ 0,25	≤0,2	0,06	60	0,04

Ferôcrôm	Xp 01	0,26÷0,50	≤2,0	0,1	60	0,04
	Xp 1	0,50÷1,0	2,5÷3,0	0,10	60	0,04
	Xp 2	1,1÷2,0	2,5÷3,0	0,10	60	0,04
	Xp 3	2,1÷4,0	2,5÷3,0	0,10	65	0,04
	Xp 4	4,1÷6,5	2,0÷5,0	0,07	65	0,04
	Xp 5	6,6÷8,0	2,0÷5,0	0,07	65	0,04

Ngoài các nguyên liệu trên, hiện nay người ta còn dùng sắt xốp làm nguyên liệu luyện thép, đó là sản phẩm của quá trình hoàn nguyên trực tiếp quặng sắt bằng khí thiên nhiên hoặc bằng than gầy, hàm lượng sắt trên 90%.

### 2.1.2. Chất oxy hóa

Thường dùng là quặng sắt và oxy.

Quặng sắt: thường dùng loại có hàm lượng oxyt sắt cao và các oxyt khác thấp. Yêu cầu kỹ thuật đối với quặng sắt dùng làm chất oxy hóa khi luyện thép nêu ở bảng 2.8.

Bảng 2.8 Yêu cầu kỹ thuật đối với quặng sắt dùng làm chất oxy hóa

Loại lò	Thành phần hóa học (%)				Độ ẩm (%)	Cỡ cục (mm)
	Fe ≥	SiO <sub>2</sub> ≤	S ≤	P		
Lò Mactanh	50	10	0,2	-	-	30÷250
Lò thổi đỉnh	50	10	0,2	-	-	10÷50
Lò điện	55	8	0,1	0,1	<0,5	3÷100

Ngoài quặng sắt có thể tận dụng vảy oxyt sắt để làm chất oxy hóa, yêu cầu đối với vảy oxyt sắt dùng làm chất oxy hóa khi luyện thép nêu ở bảng 2.9.

Bảng 2.9 Yêu cầu kỹ thuật đối với vảy sắt dùng làm chất oxy hóa

Tên gọi	Thành phần hóa học (%)				Độ ẩm (%)
	Fe	SiO <sub>2</sub>	S	P	
Vảy oxyt sắt	>70	<3	<0,04	0,05	<4

Oxy: dùng oxy trong không khí hoặc oxy kỹ thuật hàm lượng oxy  $\geq 98\%$ . Yêu cầu đối với oxy kỹ thuật dùng trong luyện thép nêu ở bảng 2.10.

Bảng 2.10 Yêu cầu đối với oxy kỹ thuật dùng trong luyện thép

Loại lò	Hàm lượng O <sub>2</sub> (%)	Độ ẩm (g/m <sup>3</sup> )	Áp suất sử dụng (kG/cm <sup>2</sup> )
Lò điện	> 98	<3	5 ÷ 10
Lò thổi đỉnh	$\geq 99,5$	Khử hết ẩm	6 ÷ 12
Lò thổi sừng	95 ÷ 96	-	3

### 2.1.3. Chất tạo xỉ

Được sử dụng nhiều là vôi, cát thạch anh, vụn samôt, ngoài ra còn dùng huỳnh thạch, bôxít ...

Vôi: thành phần chính là CaO, lượng dùng càng lớn thì độ bazơ của xỉ càng cao. Yêu cầu đối với vôi dùng làm chất tạo xỉ khi luyện thép nêu ở bảng 2.11.

Bảng 2.11 Yêu cầu đối với vôi dùng làm chất tạo xỉ khi luyện thép

Loại lò	Thành phần hóa học (%)					Độ ẩm (%)	Cỡ cục (mm)
	CaO $\geq$	SiO <sub>2</sub> $\leq$	MgO $\leq$	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> $\leq$	S <		
Lò Mactanh	85	3,5	5		0,2		30÷150
Lò thổi	85	3,5	5		0,2		5÷50
Lò điện	85	2	52	3	0,15	<0,3	20÷60

Huỳnh thạch: thành phần chính là CaF<sub>2</sub>, khi đưa huỳnh thạch vào xỉ sẽ tạo thành các phức chất có nhiệt độ nóng chảy thấp (xAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.yCaO, xSiO<sub>2</sub>.yCaO, xFeO.yCaO...) làm giảm mạnh nhiệt độ chảy của xỉ (nhiệt độ nóng chảy vào khoảng 1100 ÷ 1300°C).

Bảng 2.12 Yêu cầu đối với huỳnh thạch dùng làm chất tạo xỉ khi luyện thép

Loại lò	Thành phần hóa học (%)				Độ ẩm (%)	Cỡ cục (mm)
	CaF <sub>2</sub> ≥	SiO <sub>2</sub> ≤	CaO <	S <		
Lò mactanh	85	5	-	0,2	-	20÷50
Lò thổi	85	5	-	0,2	-	5÷50
Lò điện	85	4	5	0,2	0,5	5÷50

Sa thạch: thành phần chính là SiO<sub>2</sub>, bảng 2.13 nêu thành phần một số loại sa thạch hay dùng tạo xỉ trong luyện thép ở nước ta.

Bảng 2.13 Thành phần một số loại sa thạch dùng tạo xỉ khi luyện thép

Địa danh khai thác	Thành phần hóa học (%)					
	Fe	S	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO
Thái Nguyên	1	0,08	93	4	0,2	0,1
Tĩnh Gia	1,2	-	88	10	0,1	0,2
Phà Cẩm Nghệ An	1,8	-	93	4	0,7	0,1

#### 2.1.4. Chất tăng cacbon

Để tăng hàm lượng cacbon trong thép người ta sử dụng: vụn than cốc, vụn điện cực hoặc rót thêm gang lỏng vào. Yêu cầu đối với một số loại chất tăng cacbon cho ở bảng 2.14.

Bảng 2.14 Yêu cầu đối với một số loại chất tăng cacbon dùng khi luyện thép

Vật liệu	Thành phần hóa học (%)		Độ tro (%)	Độ ẩm (%)	Độ hạt (%)
	C ≥	S <			
Vụn than	95	0,1	2	0,5	0,5÷1,0
Vụn điện cực	80	0,1	15	0,5	0,5÷1,0

### 2.1.5. Vật liệu chịu lửa

Trong luyện thép, để xây lò và các thiết bị làm việc ở nhiệt độ cao, ngoài các vật liệu thông dụng như sắt thép, bê tông ... người ta thường sử dụng một lượng lớn gạch chịu lửa, gạch cách nhiệt và các vật liệu chịu lửa ở dạng bột. Dưới đây giới thiệu một số loại vật phẩm chịu lửa thông dụng dùng trong xây dựng thiết bị luyện thép.

a) **Vật phẩm đinat:** là vật phẩm chịu lửa chứa khoáng chất thạch anh  $\text{SiO}_2 > 93\%$ .

- + Độ chịu nóng từ  $1690 \div 1710^\circ\text{C}$ ;
- + Nhiệt độ biến mềm dưới tải trọng  $2 \text{ kG/cm}^2$  là  $1650^\circ\text{C}$ ;
- + Bền với môi trường axit;
- + Giảm nở nhiệt lớn;
- + Độ bền nhiệt thấp.

b) **Vật phẩm samôt:** là vật phẩm chịu lửa chứa từ  $30 \div 45\%$   $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

- + Độ chịu nóng  $1610 \div 1730^\circ\text{C}$ ;
- + Có tính axit yếu;
- + Độ bền nhiệt tương đối lớn ( $10 \div 50$  lần);
- + Giảm nở nhiệt lớn.

c) **Vật phẩm alumin cao:** là vật phẩm chịu lửa có hàm lượng  $\text{Al}_2\text{O}_3$  từ  $46 \div 100\%$ .

- + Độ chịu nóng cao và phụ thuộc hàm lượng  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;
- + Bền với cả môi trường kiềm và môi trường axit;
- + Độ bền cơ và độ bền nhiệt cao (trên 100 lần).

d) **Vật phẩm bán axit:** là vật phẩm chịu lửa chứa  $15 \div 30\%$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  và  $> 65\%$   $\text{SiO}_2$ .

- + Độ chịu nóng  $1610 \div 1700^\circ\text{C}$ ;
- + Bền với môi trường axit;
- + Bền nhiệt thấp.

e) **Vật phẩm manhêdit:** là vật phẩm chịu lửa chứa  $90 \div 96\%$   $\text{MgO}$ .

- + Độ chịu nóng cao, trên  $2000^\circ\text{C}$ ;

- + Bền với môi trường kiềm;
- + Bền nhiệt thấp;
- + Giảm nở nhiệt lớn;
- + Giảm chất lượng mạnh khi bị ẩm.

f) **Vật phẩm crômít:** là vật phẩm chịu lửa chứa 80 ÷ 90 % crômít, 10 ÷ 12 % manhêdit và 7 ÷ 10 % dumit.

- + Độ chịu nóng 1900°C;
- + Có tính trung hoà, bền với cả môi trường axit và môi trường kiềm;
- + Bền nhiệt thấp (3 ÷ 5 lần).

g) **Vật phẩm crômít - ma nhêdit:** là vật phẩm chịu lửa chứa 30 ÷ 70 % crômít và 70 ÷ 30 % manhêdit. Tính chất tương tự manhêdit nhưng chất lượng cao hơn.

h) **Vật phẩm cacbon:** Gồm các loại: cacbôrun, graphit, cacbon.

Vật phẩm cacbôrun: vật phẩm sản xuất từ bột SiC có chất dính kết là đất sét chịu lửa và silicat sắt.

- + Độ chịu nóng cao, trên 2000°C;
- + Độ bền nhiệt cao;
- + Tính chống mài mòn và độ bền cơ học tốt;
- + Dẫn điện, dẫn nhiệt tốt;
- + Khi nhiệt độ trên 1300°C dễ bị oxy hóa và bị kiềm ăn mòn.

Vật phẩm graphit: được sản xuất từ hỗn hợp 20 ÷ 60 % graphit, 30 ÷ 40 % đất sét chịu lửa và 10 ÷ 40 % bột samôt.

- + Độ chịu nóng > 2000°C;
- + Độ bền nhiệt tốt;
- + Hệ số giãn nở nhiệt nhỏ;
- + Dẫn nhiệt tốt;
- + Bền với môi trường xỉ và kim loại lỏng.

Vật phẩm cacbon: thành phần chủ yếu là cac bon, chứa 80 ÷ 90 %C.

- + Độ chịu nóng cao > 2500°C;



- + Độ bền nhiệt tốt;
- + Dẫn điện và dẫn nhiệt tốt;
- + Hệ số giãn nở nhiệt nhỏ.

i) **Vật liệu cách nhiệt:** Vật liệu cách nhiệt dùng trong lò luyện thép gồm hai nhóm:

- + Vật liệu cách nhiệt thiên nhiên: điatômit, inphudôrit, amiăng.
- + Vật liệu cách nhiệt nhân tạo: vật phẩm chịu lửa nhẹ, xỉ bông ...

Diatômit, inphudôrit có thành phần chủ yếu là  $\text{SiO}_2$  nhưng có độ xốp rất lớn do đó dẫn nhiệt kém, hệ số dẫn nhiệt  $\sim 0,014 \div 0,06 \text{ W/m.độ}$ .

Amiăng có thành phần chính là silicat manhê ngâm nước, hệ số dẫn nhiệt khoảng  $0,15 \text{ W/m.độ}$ .

Vật phẩm chịu lửa nhẹ có thành phần tương tự các vật phẩm chịu lửa cùng loại nhưng có độ xốp lớn (  $50 \div 80 \%$  ), do đó khối lượng thể tích bé ( $0,27 \div 1,3 \text{ kg/m}^3$ ) và dẫn nhiệt kém, hệ số dẫn nhiệt  $\sim 0,11 \div 0,81 \text{ W/m.độ}$ . Độ chịu nóng của vật phẩm cách nhiệt thấp hơn độ chịu nóng của vật phẩm chịu lửa cùng loại. Xỉ bông được sản xuất từ xỉ luyện kim ở dạng sợi, có độ xốp lớn, cách nhiệt và chịu nóng tốt.

#### **j) Các thể gạch xây**

Để xây các thiết bị luyện thép, người ta sử dụng các thể gạch chịu lửa và cách nhiệt sản xuất theo hình dạng và kích thước tiêu chuẩn hóa. Trên hình 2.1 giới thiệu một số thể gạch xây thông dụng.

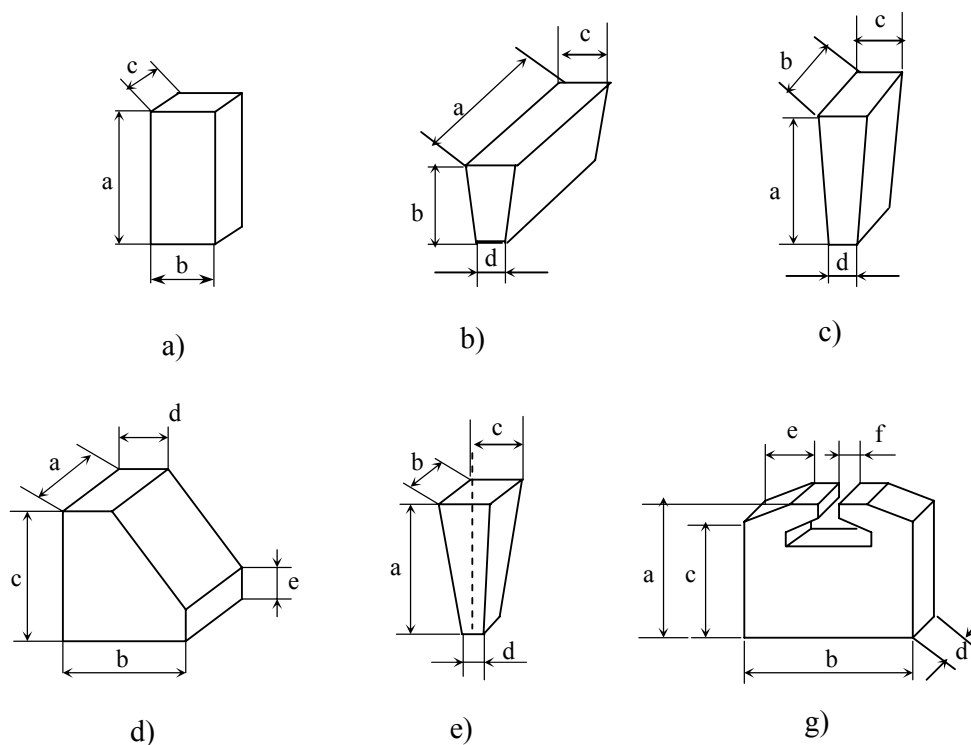
Gạch thẳng: dùng để xây tường thẳng, đáy lò hoặc phối hợp với gạch vát xây vòm và tường cong, kích thước phổ biến là  $230 \times 113 \times 65$ .

Gạch vát nằm: dùng để xây tường cong hoặc vòm lò có chiều dày mỏng, kích thước phổ biến là  $230 \times 113 \times 65/55$  hoặc  $230 \times 113 \times 65/45$

Gạch vát đứng: dùng để xây tường cong hoặc vòm lò có chiều dày lớn, kích thước phổ biến là  $230 \times 113 \times 65/55$  hoặc  $230 \times 113 \times 65/45$ .

Gạch chân vòm: dùng để xây chân vòm cong, kích thước phổ biến là  $230 \times 113 \times 135/56/37$ .

Gạch vòm treo: dùng để xây vòm lò phẳng bằng móc treo, kích thước phổ biến là 300x276x260/100/75/30.



Hình 2.1 Hình dạng và kích thước một số loại gạch quy chuẩn  
 a) Gạch thẳng b) Gạch vát nằm c) Gạch vát đứng  
 d) Gạch chân vòm e) Gạch vòm cầu g) Gạch vòm treo

Khi chọn gạch xây lò nên dùng các loại gạch tiêu chuẩn được chế tạo hàng loạt và dễ kiểm. Trong trường hợp cần dùng các loại gạch phi tiêu chuẩn cũng nên đưa về gần với dạng gạch tiêu chuẩn để việc chế tạo dễ dàng hơn.

## 2.2. Tính toán thành phần phối liệu khi đúc thép

Việc tính toán thành phần phối liệu khi luyện thép phụ thuộc rất lớn vào thiết bị nấu và công nghệ nấu luyện

Đối với lò thổi, vấn đề cần giải quyết là đảm bảo thành phần, nhiệt độ gang lỏng đưa vào lò và quá trình công nghệ thổi luyện, do đó việc tính toán phối liệu chủ yếu là tính toán thành phần phối liệu khi nấu gang lỏng theo yêu cầu của lò chuyên.

Đối với lò Mactanh, lò điện hồ quang việc tính toán phối liệu chủ yếu là tính toán thành phần kim loại trong phối liệu. Các bước tính toán theo trình tự sau:

+ Chọn phương pháp nấu: có hai phương pháp nấu là nấu không có giai đoạn oxy hóa và nấu có giai đoạn oxy hóa. Việc lựa chọn phương pháp nấu căn cứ vào nguồn nguyên vật liệu nấu và đặc điểm của thép cần nấu. Chọn phương pháp nấu không có giai đoạn oxy hóa khi yêu cầu chất lượng thép không cao, khử P và S không triệt để, nguyên vật liệu chủ yếu là vụn thép phế. Chọn phương pháp nấu có giai đoạn oxy hóa khi yêu cầu chất lượng thép cao (lượng vật lẫn phi kim trong thép nhỏ, khử P và S triệt để), nguồn nguyên vật liệu có nhiều gang.

+ Tính toán thành phần nguyên liệu kim loại: căn cứ để tính toán là thành phần nguyên vật liệu sử dụng, lượng cháy hao các nguyên tố trong quá trình nấu luyện và thành phần mác thép cần nấu.

Tỉ lệ cháy hao các nguyên tố khi nấu trong lò điện hồ quang bazơ cho ở bảng 2.15.

Bảng 2.15 Tỉ lệ cháy hao các nguyên tố khi nấu trong lò điện hồ quang bazơ

Nguyên tố	Lượng cháy hao trong các giai đoạn (%)		
	Nấu chảy	Oxy hóa	Hoàn nguyên
Fe	2 ÷ 5	8 ÷ 10	-
Mn	50 ÷ 70	10 ÷ 15	-
Si	50 ÷ 75	80 - 50	15 ÷ 20
Cr	10 ÷ 5	10 ÷ 20	3 ÷ 2
P	50 ÷ 60	30 ÷ 40	-
S	-	15 ÷ 20	75 ÷ 80

Thành phần mác thép cần nấu tra theo các sổ tay.

Khi tính toán phối liệu chủ yếu căn cứ vào thành phần cacbon, các nguyên tố khác tính sau khi tính xong thành phần phối liệu, dựa vào sự cháy hao của chúng trong từng giai đoạn mà điều chỉnh vào cuối giai đoạn hoàn nguyên (đối với Mn, Si... ) hoặc

tìm cách khử ở các giai đoạn (đối với P, S). Thường tính toán thành phần phối liệu theo %C sau khi nấu chảy xong. Đối với phương pháp nấu không có giai đoạn oxy hóa, ta tính toán sao cho khi nấu chảy xong %C nhỏ hơn giới hạn dưới của mức thép cần nấu. Đối với phương pháp nấu có giai đoạn oxy hóa, ta tính toán sao cho khi nấu chảy xong %C phải lớn hơn giới hạn dưới của mức thép cần nấu khoảng  $0,3 \div 0,4 \%$ . Trong trường hợp nấu thép các bon cao thì giảm lượng các bon thấp hơn bình thường một ít để dễ dàng cho việc khử P.

Hàm lượng cacbon trong thành phần phối liệu bằng tổng lượng cacbon trong gang, thép vụn, phoi thép, hồi liệu. Khi tính toán thành phần phối liệu có thể dùng phương pháp giải tích hoặc phương pháp chọn.

Khi dùng phương pháp giải tích, dùng hệ phương trình bậc nhất để tính toán. Các phương trình được lập dựa trên cơ sở số nguyên tố được chọn làm căn cứ để tính toán và tổng lượng mẻ liệu. Giả sử chọn hai nguyên tố tính toán thì số phương trình lập được là ba phương trình, do đó chỉ được chọn ba ẩn số là tỉ lệ thành phần của ba loại liệu. Nếu số loại vật liệu lớn hơn ba thì chọn trước tỉ lệ dùng một số loại. Sau khi giải hệ phương trình bậc nhất, xác định được tỉ lệ các thành phần, tiến hành kiểm tra hàm lượng các nguyên tố khác theo hàm lượng có trong mẻ liệu, tính toán lượng cần khử hoặc đưa thêm vào trong giai đoạn oxy hóa hoặc giai đoạn hoàn nguyên để đạt được hàm lượng yêu cầu.

Trong thực tế luyện thép người ta hay dùng phương pháp tính toán thành phần phối liệu theo phương pháp chọn. Căn cứ vào tình hình nguyên vật liệu sẵn có và kinh nghiệm nấu luyện, chọn trước thành phần mẻ liệu, thường người ta chọn như sau:

Đối với thép cacbon, chọn:

- + Sắt thép vụn (rẻ cán, rẻ rèn dập, rẻ tôn dày, ..) :  $46 \div 50 \%$ ;
- + Phoi thép (phoi tiện, rẻ tôn mỏng, rẻ vụn ...) :  $15 \div 30\%$ ;
- + Gang luyện thép (hoặc gang đúc) ít P và S :  $35 \div 20 \%$ ;

Hoặc:

- + Sắt thép vụn :  $70 \div 90 \%$ ;
- + Gang luyện P và S trung bình :  $35 \div 20 \%$ ;

Đối với thép hợp kim, chọn:

+ Sắt thép vụn : 70 ÷ 90 %;

+ Gang ít P và S : 10 %;

Hoặc:

+ Sắt thép vụn : 20 %;

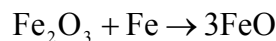
+ Phế phẩm thép hợp kim: 60 ÷ 70%;

+ Phế phẩm thép các bon : 10 ÷ 20%;

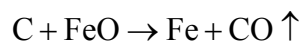
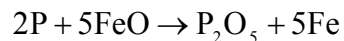
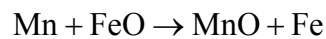
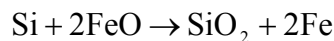
Sau khi chọn xong thành phần phối liệu kim loại, ta tính được thành phần các nguyên tố (C, Si, Mn, P, S ...) trong phối liệu, đặc biệt là cacbon. Các nguyên tố này thường cao hơn yêu cầu. Nếu lượng cacbon quá cao có thể tăng tỉ lệ thép vụn, giảm tỉ lệ gang và tính toán lại. Quá trình khử C, Si, Mn và P chủ yếu bằng oxyt sắt do mẻ liệu đưa vào, do thép bị oxy hóa, hoặc do oxyt sắt đưa vào trong giai đoạn oxy hóa.

+ Tính toán lượng quặng cần thiết để đốt cháy C và các tạp chất: khi nấu có giai đoạn oxy hóa cần xác định lượng quặng sắt đưa vào để làm chất oxy hóa. Trong quặng sắt ngoài oxyt sắt  $Fe_2O_3$  là chủ yếu, còn chứa một lượng nhỏ  $Fe_3O_4$ , FeO và các tạp chất. Khi tính toán người ta quy đổi  $Fe_3O_4$  và FeO về  $Fe_2O_3$ , do đó thành phần quặng để tính toán chỉ chứa  $Fe_2O_3$  và tạp chất.

Khi đưa quặng sắt vào lò sẽ xảy ra phản ứng:



Khi đó sẽ xảy ra phản ứng đốt cháy các tạp chất và cacbon:



Dựa vào lượng oxy cần thiết cho từng phản ứng và lượng các nguyên tố cần khử ta tính được lượng oxy cần thiết và tính ra lượng quặng cần dùng.

+ Tính toán lượng các nguyên liệu khác đưa vào lò: để đảm bảo tính chất của xỉ, để khử được P, S và oxy ... ta cần tính toán lượng chất tạo xỉ, chất khử oxy đưa vào

lò. Muốn tính lượng chất khử oxy cần dùng, ta cần phải biết lượng oxyt sắt còn lại sau giai đoạn oxy hóa, sự phân bố của nó trong xỉ và kim loại, phương pháp khử và loại chất khử đưa vào, lượng nguyên tố cần điều chỉnh... , do đó quá trình tính toán thường phức tạp và dễ sai sót. Trong thực tế, để đơn giản người ta thường tính toán gần đúng như sau:

Đối với chất tạo xỉ, tính theo trọng lượng phối liệu kim loại:

Chất tạo xỉ đá vôi:  $2 \div 3\%$  ;

Samôt:  $0,2 \div 0,15\%$ ;

Huỳnh thạch:  $0,13\%$ ;

Đối với chất khử và điều chỉnh thành phần, tính theo trọng lượng kim loại lỏng:

Nhôm:  $0,5 \div 1,5$  kg/tấn;

Silicôcanxi hay silicômangan:  $0,5 \div 1$  kg/tấn;

Ferômangan:  $13 \div 15$  kg/tấn;

Fererôsilic:  $7,5 \div 10$  kg/tấn.

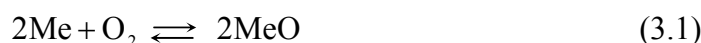
## Chương III

### LÝ THUYẾT QUÁ TRÌNH LUYỆN THÉP

Quá trình luyện thép xảy ra trong điều kiện nhiệt độ cao, là kết quả của nhiều quá trình tác dụng hóa lý phức tạp giữa kim loại, xỉ, môi trường khí lò, nhiên liệu, vật liệu xây lò ... trong đó quá trình oxy hóa và hoàn nguyên các nguyên tố đóng một vai trò hết sức quan trọng. Trong chương này nghiên cứu một số vấn đề cơ bản liên quan đến các quá trình luyện kim trong luyện thép.

#### 3.1. Lý thuyết về sự oxy hóa và hoàn nguyên

Trong quá trình luyện thép, phản ứng oxy hóa - hoàn nguyên phổ biến là theo hệ oxy. Phương trình tổng quát của phản ứng có dạng sau:

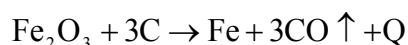


Trong đó:

Me - nguyên tố oxy hóa;

X - nguyên tố hoàn nguyên.

Ví dụ quá trình hoàn nguyên sắt xảy ra theo phản ứng:



Tất cả phản ứng trong luyện thép đều xảy ra ở thể lỏng, trong đó Fe đóng vai trò dung môi, các chất khác là chất tan.

Để đặc trưng cho khả năng xảy ra phản ứng oxy hóa - hoàn nguyên, người ta thường xét giá trị thay đổi năng lượng tự do của hệ thống  $\Delta Z$ .

Trong điều kiện tiêu chuẩn thì:

$$\Delta Z_T^0 = \Delta H_T^0 - T\Delta S_T^0 = -4,575T \lg K_p \quad (3.3)$$

Do đó:

$$\lg K_p = -\frac{\Delta H_T^0}{4,575T} + \frac{\Delta S_T^0}{4,575} \quad (3.4)$$

Trong đó:

$\Delta Z_T^0$  - sự thay đổi năng lượng tự do của hệ thống;

$\Delta H_T^0$  - sự thay đổi nhiệt hàm của hệ thống (entanpi).

$\Delta S_T^0$  - sự thay đổi entropi của hệ thống;

T - nhiệt độ tuyệt đối;

$K_p$  - hằng số cân bằng;

Ở mỗi nhiệt độ, trong hệ thống kim loại - oxy - oxyt đều có áp suất riêng phần của oxy tương ứng trên kim loại và oxyt. Áp suất riêng phần ( $P_{O_2}$ ) của oxy trong pha khí khi nó cân bằng với oxyt và kim loại thì gọi là áp suất phân ly của oxyt đó và ta có:

$$K_p = P_{O_2}$$

Áp suất phân ly oxyt càng nhỏ thì nguyên tố kim loại càng dễ bị oxy hóa. Bình thường, áp suất riêng phần của oxy trong pha khí thường lớn hơn áp suất phân ly của các oxyt kim loại nên hầu hết kim loại đều bị oxy hóa. Khi tăng nhiệt độ, áp suất phân ly của oxyt tăng rất nhanh, nên phản ứng oxy hóa của nhiều nguyên tố kim loại giảm.

Để thấy rõ khả năng oxy hóa của một số kim loại thường thấy trong quá trình luyện thép ta khảo sát  $\Delta H_T^0$  và  $\Delta Z_T^0$  của một số phản ứng thường gặp.

Bảng 3.1 Giá trị của  $\Delta H_T^0$  và  $\Delta Z_T^0$  của một số phản ứng thường gặp

Phản ứng hóa học tạo ra oxyt	$Z_{298}^0$ kJ/mol $O_2$		$H_{298}^0$ kJ/mol $O_2$
	1000°C	1600°C	
$2Ca + O_2 = 2CaO$	- 1068	- 942,11	- 1270,27
$\frac{4}{3}Al + O_2 = \frac{2}{3}Al_2O_3$	- 895,75	- 781,47	- 497,78
$Si + O_2 = SiO_2$	- 690,28	- 581,17	- 872,99
$2Mn + O_2 = 2MnO$	-624,67	- 535,91	- 779,58
$2Fe + O_2 = 2FeO$	- 399,10	- 313,13	- 540,10
$2Ni + O_2 = 2NiO$	- 306,27	-190,54	- 339,24
$Cu + O_2 = CuO_2$	-190,92	- 103,84	- 339,24

Từ bảng (3.1) và các phương trình trên ta có nhận xét: thường  $\Delta Z_T^0 < 0$ , do đó các phản ứng tự xảy ra theo chiều oxy hóa. Phản ứng oxy hóa nào có  $\Delta Z_T^0$  âm



càng lớn thì phản ứng tiến hành càng mạnh. Do đó nguyên tố nào xếp trên sắt (có  $\Delta Z_T^0$  nhỏ hơn) thì sẽ bị oxy hóa, còn các nguyên tố xếp dưới sắt (có  $\Delta Z_T^0$  lớn hơn) thì thực tế khó bị oxy hóa.

Ở phương trình phản ứng (3.2), phản ứng chỉ xảy ra theo chiều thuận khi  $\Delta Z_{MeO}^0 < \Delta Z_{XO}^0$ , nếu  $\Delta Z_{MeO}^0 > \Delta Z_{XO}^0$  phản ứng sẽ xảy ra theo chiều ngược lại.

Mặt khác,  $\Delta H_T^0 = -Q_p$ , trong đó  $Q_p$  là nhiệt phản ứng, theo bảng (3.1) thì nói chung các phản ứng có  $\Delta H_T^0 < 0$ , do đó  $Q_p > 0$  tức là phản ứng tỏa nhiệt. Vì vậy, khi nhiệt độ của hệ thống tăng lên thì  $K_p$  giảm đi, có nghĩa là phản ứng tiến dần tới cân bằng và chuyển sang chiều ngược lại (hoàn nguyên). Trên thực tế, trong khoảng nhiệt độ nấu luyện, trị số của  $\Delta H_T^0$  và  $\Delta S_T$  thay đổi ít chứng tỏ phản ứng hoàn nguyên xảy ra yếu hoặc khó xảy ra.

Tốc độ oxy hóa các nguyên tố bên cạnh phụ thuộc vào ái lực hóa học của nguyên tố với oxy còn phụ thuộc nồng độ, do đó khi cấp oxy vào lò sắt thường bị oxy hóa ngay mặc dù ái lực của nó với oxy nhỏ hơn Si, Mn.

Để phản ứng xảy ra thì  $\Delta Z < 0$ , do đó để khử được các tạp chất khỏi sắt thì  $\Delta G$  của chúng phải nhỏ hơn so với sắt.

## **3.2. Sự oxy hóa và hoàn nguyên các nguyên tố**

### **3.2.1. Sự oxy hóa và hoàn nguyên sắt**

Sắt trong phối liệu luyện thép chiếm tới 90 ÷ 96%, do đó mặc dầu ái lực hóa học của sắt với oxy thua một số nguyên tố khác (như Mn, Si ...) nhưng trong quá trình nấu luyện phản ứng oxy hóa sắt thường xảy ra trước, sau đó oxyt sắt lại là nguồn cung cấp oxy để oxy hóa các tạp chất khác.

Sự chuyển biến của hệ Fe - O thường theo hai hệ thống:

+ Fe - FeO - Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> - Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ( ở vùng nhiệt độ > 570°C).

+ Fe - Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> - Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ( ở vùng nhiệt độ < 570°C).

Tùy thuộc phương pháp cấp oxy mà cơ cấu của phản ứng oxy hóa sắt tiến hành có thể khác nhau. Thực tế, người ta cung cấp oxy cho quá trình nấu luyện theo ba phương pháp:

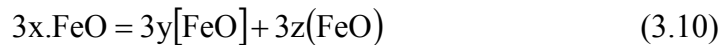
- + Trực tiếp thổi oxy vào lò;
- + Đưa quặng sắt vào lò;
- + Nhờ môi trường khí lò.

Khi thổi trực tiếp oxy (hay không khí) vào thép lỏng, cơ cấu phản ứng xảy ra như sau:



Với  $x = y + z$

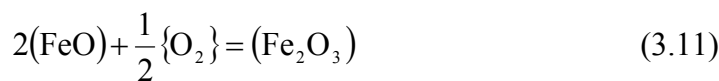
Khi đưa trực tiếp quặng vào hợp kim lỏng:



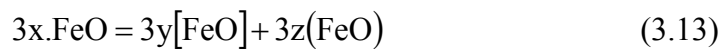
Với  $x = y + z$

Khi cung cấp oxy bằng môi trường khí lò: nếu trong môi trường khí lò có chứa các khí oxy hóa (hơi nước,  $CO_2$ ,  $O_2$  ...) thì khí này sẽ truyền oxy cho sắt qua xỉ, quá trình có thể mô tả như sau:

- + Ở bề mặt tiếp xúc giữa xỉ và khí:



+  $(Fe_2O_3)$  khuếch tán qua xỉ đến bề mặt tiếp xúc giữa xỉ và kim loại và xảy ra phản ứng:



Với  $x = y + z$

Muốn quá trình này tiến hành nhanh thì môi trường phải là môi trường khí oxy hóa, xỉ chứa nhiều FeO và có tính linh động tốt.

Phản ứng oxy hóa sắt là phản ứng tỏa nhiệt nên khi nhiệt độ tăng tốc độ phản ứng sẽ chậm lại.

Phản ứng hoàn nguyên sắt trên thực tế rất khó xảy ra, trong nấu luyện để hoàn nguyên sắt người ta đưa vào hợp kim lỏng các nguyên tố có ái lực hóa học với oxy mạnh hơn sắt. Các nguyên tố này có thể đưa vào trong kim loại (Mn, Si, Al ...) hoặc rải lên xỉ (bột cốc, bột ferôsilic)

### 3.2.2. Sự oxy hóa và hoàn nguyên mangan

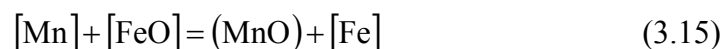
Mn là nguyên tố hợp kim ảnh hưởng lớn đến cơ tính của thép. Mn làm tăng độ bền, độ cứng của thép, tăng tính chịu mài mòn. Tuy nhiên hàm lượng Mn phải nằm trong một phạm vi nhất định, khi vượt quá giới hạn nhất định lại có ảnh hưởng có hại.

Theo bảng (3.1), phản ứng oxy hóa Mn có  $\Delta Z$  nhỏ hơn phản ứng oxy hóa sắt, do đó khi nấu luyện Mn dễ bị oxy hóa.

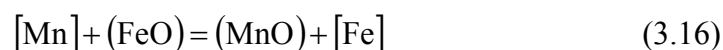
Khi thổi oxy trực tiếp vào kim loại lỏng thì xảy ra phản ứng:



Khi trong kim loại lỏng chứa  $[\text{FeO}]$  hay khử oxy trực tiếp bằng Mn thì:



Khi trong xỉ chứa nhiều FeO thì phản ứng xảy ra điển hình là:



Phản ứng có:

$$\Delta Z = -30.200 + 14,4T$$

Hằng số cân bằng:

$$K_{\text{Mn}} = \frac{N_{(\text{MnO})}}{N_{(\text{FeO})} \cdot [\% \text{Mn}]} \quad (3.17)$$

Và 
$$\lg K_{\text{Mn}} = \frac{6.600}{T} - 3,16 \quad (3.18)$$

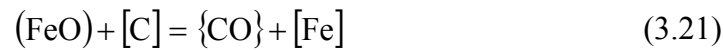
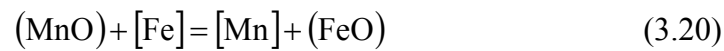
Suy ra:

$$[\% \text{Mn}] = \frac{1}{K_{\text{Mn}}} \cdot \frac{N_{(\text{MnO})}}{N_{(\text{FeO})}} \quad (3.19)$$

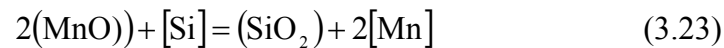
Khi tỉ số  $\frac{N_{(MnO)}}{N_{(FeO)}}$  không đổi, nếu tăng nhiệt độ thì lượng Mn còn lại trong kim loại tăng (do  $K_{Mn}$  giảm), ngược lại khi nhiệt độ không đổi ( $K_{Mn} = \text{const}$ ), với cùng tỉ số  $\frac{N_{(MnO)}}{N_{(FeO)}}$  thì [%Mn] dưới xỉ bazơ cao hơn dưới xỉ axit. Vì vậy, ở quá trình lò axit thì Mn bị oxy hóa hoàn toàn hơn ở quá trình lò bazơ.

Do phản ứng oxy hóa Mn là phản ứng tỏa nhiệt, nên khi nhiệt độ tăng tốc độ phản ứng sẽ chậm lại.

Khi ở nhiệt độ rất cao, có thể xảy ra sự hoàn nguyên Mn, quá trình này thường kèm theo sự oxy hóa cacbon, do đó ta có thể coi nó là kết quả của hai phản ứng đồng thời:



Trong thực tế nấu luyện rất khó xảy ra phản ứng hoàn nguyên Mn trực tiếp bằng cacbon, nhưng trong lò axit Mn có thể được hoàn nguyên bởi Si:



Trong luyện thép người ta thường sử dụng Mn để đạt được mục đích:

- + Đảm bảo cơ tính cho thép đúc;
- + Khử oxy sơ bộ cho nước thép.

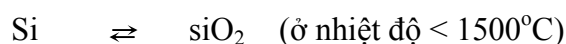
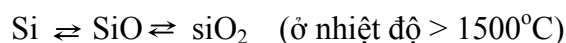
Khả năng khử oxy của Mn rất yếu nhưng người ta vẫn dùng Mn để khử oxy sơ bộ nhằm giảm hàm lượng oxy trong thép trước khi khử bằng Si và Al, mặt khác khi cho Mn vào thép cho phép ta điều chỉnh sự sôi của thép trong khuôn, khi thép đông đặc Mn ngăn cho thép không bị oxy hóa tiếp bởi khí trời, tránh được hiện tượng sôi khuôn.

### 3.2.3. Sự oxy hóa và hoàn nguyên silic

Si cũng là một nguyên tố hợp kim ảnh hưởng lớn đến cơ tính của thép. Si tăng khả năng chống rỉ, đối với một số thép Si có tác dụng tăng từ tính. Cũng như Mn, hàm

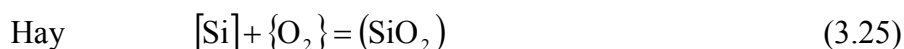
lượng Si trong thép phải nằm trong một phạm vi nhất định, khi vượt quá giới hạn cần thiết lại có ảnh hưởng có hại.

Phản ứng oxy hóa Si xảy ra cả khi nấu chảy, trong giai đoạn oxy hóa tạo thành ( $\text{SiO}_2$ ) hoặc ( $\text{SiO}$ ) vì hệ Si - O chuyển biến theo hai hệ thống:

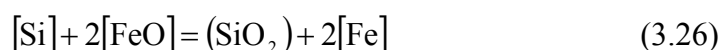


Phản ứng oxy hóa Si cũng phụ thuộc phương pháp cấp oxy.

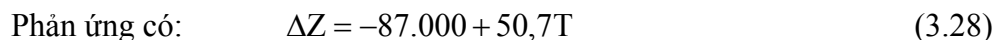
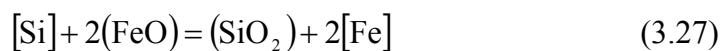
Nếu thổi oxy trực tiếp vào thép lỏng:



Khi khử oxy bằng Si hay trong thép có nhiều  $[\text{FeO}]$  thì xảy ra phản ứng:



Diễn hình nhất là phản ứng khác pha xảy ra ở mặt phân cách giữa xỉ và kim loại:



$$K_{\text{Si}} = \frac{N_{(\text{SiO}_2)}}{[\% \text{Si}] N_{(\text{FeO})}^2} \quad (3.29)$$

$$\lg K_{\text{Si}} = \frac{19.057}{T} - 11,1 \quad (3.30)$$

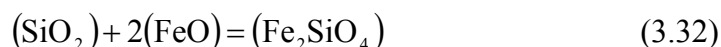
Từ (3.29) suy ra:

$$[\% \text{Si}] = \frac{1}{K_{\text{Si}}} \cdot \frac{N_{(\text{SiO}_2)}}{N_{(\text{FeO})}^2} \quad (3.31)$$

Phản ứng (3.27) còn phụ thuộc vào tương quan giữa áp suất phân ly oxyt của oxyt silic và oxyt sắt. Ở giai đoạn đầu nấu chảy,  $P_{\text{O}_2(\text{FeO})} > P_{\text{O}_2(\text{SiO}_2)}$  nên Si bị oxy hóa, nhưng cuối giai đoạn nấu chảy (lò máctanh, lò thổi) thì sự khác nhau giữa chúng không lớn lắm do đó phản ứng dần đạt tới trạng thái cân bằng.

Từ các phản ứng trên ta nhận thấy phản ứng oxy hóa Si là phản ứng tỏa nhiệt, do đó khi nhiệt độ tăng, tốc độ phản ứng chậm lại và có thể dần tới đạt cân bằng hoặc chuyển sang hoàn nguyên Si. Khả năng đạt cân bằng hoặc chuyển sang hoàn nguyên Si phụ thuộc quá trình luyện.

Trong lò bazơ, ở đầu giai đoạn nấu, một phần ( $\text{SiO}_2$ ) tạo ra sẽ liên kết với ( $\text{FeO}$ ) và tạo thành hợp chất phaialit:



Về sau, tùy thuộc theo mức độ hòa tan của đá vôi trong phaialit mà oxyt sắt sẽ tách dần ra:



Như vậy trong xỉ bazơ, oxyt silic nằm ở dạng silicat và phản ứng (3.27) chỉ đạt cân bằng khi nồng độ Si trong thép rất thấp, do đó phản ứng hoàn nguyên Si rất ít khả năng xảy ra.

Trong lò điện hồ quang, đôi khi có sự hoàn nguyên Si tới 0,1 ÷ 0,15% vào giai đoạn khử oxy khuếch tán.

Trong lò điện axit, do xỉ bão hòa ( $\text{SiO}_2$ ) và rất ít oxyt sắt tự do, do đó cuối giai đoạn nấu, Si bị hoàn nguyên khá nhiều bằng C và Fe.

Trong nấu luyện thép, Si được sử dụng nhằm mục đích:

- + Đảm bảo thành phần hóa học của hợp kim, để đạt được cơ tính và các tính chất khác theo yêu cầu;
- + Khử oxy cho nước thép.

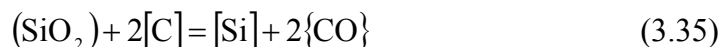
Trong lò điện bazơ người ta cho trực tiếp ferôsilic vào nước thép để khử oxy theo phản ứng:



$$K'_{\text{Si}} = \frac{N_{(\text{SiO}_2)}}{[\% \text{Si}][\text{FeO}]^2}$$

$$\lg K'_{\text{Si}} = -\frac{26.050}{T} + 10,85$$

Trong lò điện axit do nồng độ oxyt sắt trong xỉ nhỏ, oxyt silic bị bão hòa và áp suất phân ly của oxyt cacbon nhỏ hơn áp suất phân ly của oxyt silic, do đó Si được hoàn nguyên nhiều bởi Fe và C:



Si hoàn nguyên từ các phản ứng (3.35) và (3.36) có thể dùng để khử oxy theo phản ứng (3.34). Trong trường hợp cần khử oxy nhanh người ta cũng có thể cho thêm ferôsilic vào thép lỏng.

Về khả năng khử oxy, thì Si khử oxy mạnh hơn Mn, khi nhiệt độ tăng khả năng khử oxy của Si giảm.

### 3.2.4. Sự oxy hóa của cacbon

Hàm lượng cacbon trong thép phụ thuộc vào mức thép, nhiệm vụ của luyện thép là khử bớt C khi dư và bổ sung C khi thiếu. Riêng đối với thép không rỉ, khi luyện phải khử C xuống hàm lượng thấp nhất có thể.

Phản ứng oxy hóa cacbon là phản ứng chủ yếu trong quá trình luyện thép và có ảnh hưởng rất lớn đến thời gian nấu luyện.

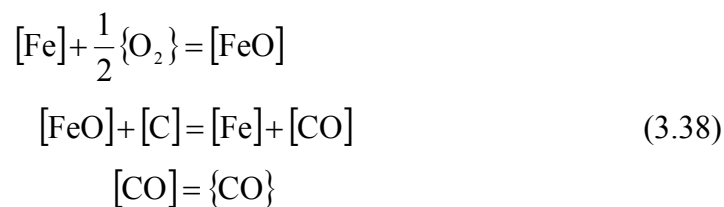
Tốc độ oxy hóa cacbon phụ thuộc hai quá trình chủ yếu:

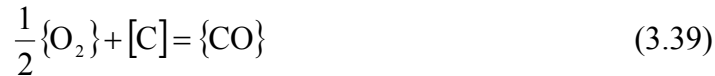
- + Quá trình cung cấp oxy;
- + Phản ứng oxy hóa cacbon.

Khi thổi oxy trực tiếp vào thép lỏng (trong lò chuyển) thì phản ứng oxy hóa cacbon xảy ra như sau:



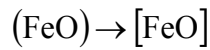
Hoặc theo hệ hai phương trình có phản ứng trung gian:





Khi cung cấp oxy từ khí lò qua xỉ hoặc oxy từ xỉ nói chung, thì cơ cấu của phản ứng oxy hóa cacbon sẽ xảy ra theo nhiều giai đoạn:

+ Khuếch tán oxyt sắt từ xỉ vào kim loại:

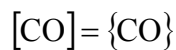


+ Khuếch tán cacbon vào khu vực phản ứng:

+ Phản ứng giữa  $[FeO]$  và  $[C]$ :



+ Tạo khí  $\{CO\}$ :



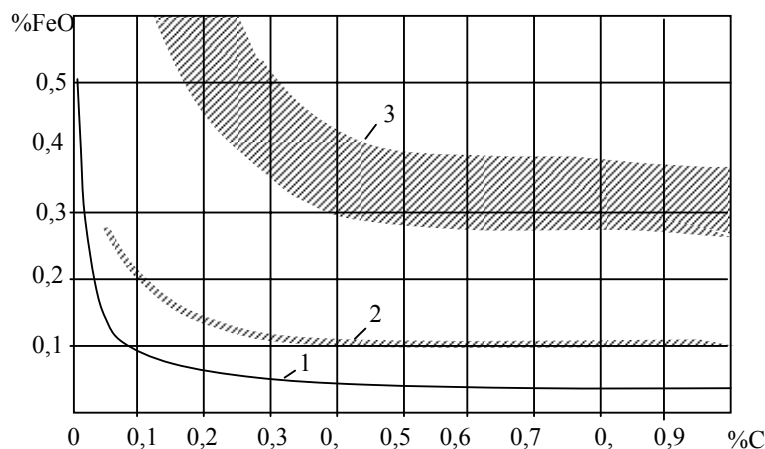
Do đó, phản ứng chung sẽ là:



Trong các phản ứng trên, thực tế do CO không hòa tan trong thép lỏng, các phản ứng (3.38) và (3.40) không phát triển nhiều được mà chủ yếu chỉ xảy ra trên bề mặt các bọt khí theo phản ứng khác pha. Trong lò thổi, quá trình sẽ xảy ra trên mặt các bọt khí do gió thổi vào và các bọt khí CO mới tạo thành. Trong lò mactanh, lò điện thì lúc đầu phản ứng phát triển từ các tâm mầm khí trên các mặt nhám của tường lò, đáy lò, liệu ... sau đó các phản ứng tiếp tục phát triển từ các bọt khí CO vừa mới tạo thành.

Thực tế xác nhận rằng: sự hạn chế quá trình oxy hóa cacbon khi cung cấp oxy từ xỉ không phải do phản ứng hóa học mà chủ yếu do quá trình khuếch tán. Xét trường hợp lò mactanh, quan hệ giữa hàm lượng  $[FeO]$  và  $[C]$  trong kim loại có dạng như hình 3.1. Qua đồ thị nhận ta thấy với áp suất phân ly  $P_{CO} = 1 \text{ atm}$  và nhiệt độ  $1600^\circ\text{C}$  thì tích số  $\%C.\%FeO = 0,0112$  cao hơn nhiều so với lý thuyết. Sở dĩ có sự chênh lệch này là do sự khuếch tán xảy ra với tốc độ rất chậm, nhất là quá trình khuếch tán  $(FeO) \rightarrow [FeO]$ .





Hình 3.1 Quan hệ cân bằng của  $[FeO]$  và  $[C]$  trong lò mactanh  
 ở áp suất  $P_{CO} = 1,0 \div 1,5 \text{ atm}$   
 1) Cân bằng 2) Ở trong lò 3) Ở lớp kim loại sắt dưới xỉ

Trong quá trình luyện thép, do cacbon bị oxy hóa sau khi oxy hóa gần hết Si, phần lớn Mn và các nguyên tố có ái lực hóa học với oxy mạnh hơn cacbon. Vì vậy, khi luyện thép có giai đoạn oxy hóa, không nên đưa các nguyên tố hợp kim dễ bị oxy hóa vào trước giai đoạn oxy hóa, nếu không sẽ làm tổn hao nguyên tố hợp kim và hạn chế tốc độ oxy hóa cacbon.

Tốc độ oxy hóa cacbon chủ yếu do quá trình cung cấp oxy (phương pháp cung cấp và sự khuếch tán của oxy trong kim loại). Chính vì vậy, tốc độ oxy hóa cacbon trong các lò thường rất khác nhau, trong lò thổi tốc độ oxy hóa cacbon đạt tới 0,5%/phút, trong khi trong lò mactanh chỉ khoảng 0,002 ÷ 0,007%C/phút.

Tốc độ khuếch tán và thoát khí CO phụ thuộc rất lớn vào độ sệt của xỉ và chiều dày lớp xỉ. Xỉ loãng và chiều dày mỏng thì tốc độ khuếch tán và thoát khí nhanh.. Khi nấu luyện thép, nhìn vào sự nổi của bọt khí có thể dự đoán được chiều dày của lớp xỉ, khi chiều dày lớp xỉ hợp lý, bọt khí chỉ hơi nổi trên mặt lớp xỉ và không nhìn thấy mặt thoáng nước thép.

### 3.2.5. Khử photpho

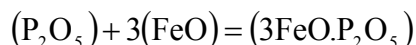
Photpho là nguyên tố có hại trong thép vì nó làm giảm tính dẻo của thép, gây ra hiện tượng dòn nguội, đặc biệt là khi hàm lượng cacbon trong thép cao. Chỉ trong một

số mác thép, khi yêu cầu bề mặt gia công cần độ nhẵn cao hoặc cần phoi dễ gãy vụn tạo thuận lợi cho quá trình gia công, mới dùng thép có hàm lượng P cao.

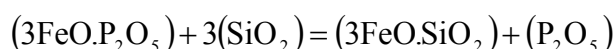
Trong quá trình luyện thép, sự oxy hóa P xảy ra theo phản ứng:



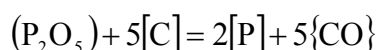
$[P_2O_5]$  khuếch tán vào xỉ kết hợp với  $(FeO)$  tạo thành muối  $(3FeO.P_2O_5)$  theo phản ứng:



Muối  $(3FeO.P_2O_5)$  rất không ổn định khi ở nhiệt độ cao và môi trường xỉ axit. Khi có mặt  $(SiO_2)$ , muối  $(3FeO.P_2O_5)$  tác dụng với  $(SiO_2)$  theo phản ứng:

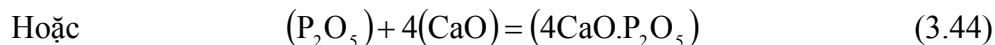


$(P_2O_5)$  tác dụng với  $[C]$  và hoàn nguyên P trở lại kim loại:

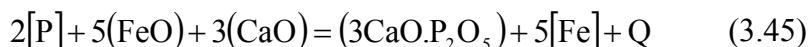


Như vậy, trong quá trình axit không có khả năng khử P. Trong trường hợp này, để luyện được thép tốt phải sử dụng nguyên liệu chứa ít P.

Trong môi trường xỉ bazơ, xỉ chứa nhiều  $(CaO)$ , nên  $(P_2O_5)$  tác dụng với  $(CaO)$  theo phản ứng:



Vì  $(3CaO.P_2O_5)$  hoặc  $(4CaO.P_2O_5)$  là các phức chất không bị phân hủy ở nhiệt độ cao nên các phản ứng trên xảy ra theo chiều oxy hóa P. Phương trình phản ứng chung có dạng:



Từ phương trình (3.45), ta nhận thấy điều kiện để khử P tốt là:

- + Độ kiềm của xỉ  $B = \frac{(CaO)}{(SiO_2)}$  phải cao, đồng thời trong xỉ phải chứa nhiều  $(FeO)$ ;
- + Nhiệt độ lò thấp, tốt nhất là trong khoảng  $1300 \div 1350^\circ C$ ;

+ Diện tích tiếp xúc giữa thép lỏng và xỉ phải lớn (do phản ứng xảy ra giữa hai pha).

Trong thực tế, khi nấu thép trong lò mactanh hoặc lò điện hồ quang bazơ người ta tiến hành khử P vào cuối giai đoạn nấu chảy và đầu giai đoạn oxy hóa vì đó là thời kỳ có điều kiện khử P tốt nhất do nhiệt độ lò còn thấp, nồng độ oxyt sắt khá cao có thể nâng độ bazơ của xỉ tới  $2,5 \div 3$ . Trong lò thổi bazơ, người ta thường tiến hành khử P vào giai đoạn giữa, khi thành phần của xỉ chứa khoảng:  $6,4 \div 9,4\%$   $\text{SiO}_2$ ;  $2,9 \div 9\%$   $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $44,1 \div 53,3\%$   $\text{CaO}$ ;  $36 \div 12,4\%$   $\text{MgO}$ ;  $4,2 \div 7,9\%$   $\text{MnO}$ ;  $15,0 \div 23,93\%$   $\text{FeO}$ .

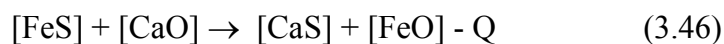
Ngoài phương pháp khử P bằng xỉ người ta còn dùng các nguyên tố kim loại như Ca, Mg, RE (đất hiếm: chứa Ce, La) để khử P. Khi đưa các kim loại trên vào thép lỏng, chúng kết hợp với P tạo thành các hợp chất bền ở nhiệt độ cao ( $\text{CaP}$ ,  $\text{MgP}$ ,  $(\text{Ce} + \text{La})\text{P} \dots$ ) và đi vào xỉ.

Một vấn đề cần lưu ý là khi dùng các kim loại trên để khử P, trước hết cần phải khử hết oxy vì ái lực hóa học với oxy của các nguyên tố này lớn hơn rất nhiều so với P.

### 3.2.6. Khử lưu huỳnh

Lưu huỳnh là tạp chất có hại trong thép (gây ra hiện tượng bở nóng). Bởi vậy, thép có chất lượng càng cao thì hàm lượng S trong thép yêu cầu càng thấp, đối với thép sạch phải khử S hầu như triệt để.

Lưu huỳnh hoà tan được vào Fe, nhiệt độ càng cao thì độ hòa tan càng lớn, phương trình khử S:



Từ phương trình phản ứng ta nhận thấy điều kiện để khử S tốt là:

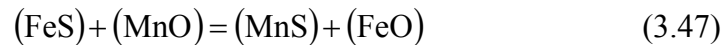
- + CaO cao (độ kiềm cao);
- + Nồng độ (FeO) thấp;
- + Nhiệt độ cao.

Quá trình khử S có thể tiến hành bằng xỉ, khí hoá và khử lỏng.

Khi khử S qua xỉ, do FeS hoà tan cả trong xỉ và kim loại, hằng số phân bố:

$$K_{\text{FeS}} = \frac{N_{(\text{FeS})}}{[\% \text{FeS}]}$$

Ở một điều kiện nấu luyện nhất định thì  $K_{\text{FeS}}$  là hằng số, nếu ta tìm cách giảm  $N_{(\text{FeS})}$  tới mức  $K_{\text{FeS}} \cdot [\% \text{FeS}] > N_{(\text{FeS})}$  thì  $[\text{FeS}] \rightarrow (\text{FeS})$ . Để giảm  $N_{(\text{FeS})}$  người ta thường dùng các biện pháp chuyển  $(\text{FeS})$  từ dạng dễ hòa tan sang dạng khó hòa tan nhờ các phản ứng:



Người ta thường khử S theo phản ứng (3.48), vì phản ứng này có hiệu quả khử S cao, phương pháp khử lại đơn giản và rất kinh tế.

Trong các lò luyện thép, người ta thường khử S vào lúc nhiệt độ nước thép đã cao, nồng độ  $(\text{FeO})$  thấp và nồng độ bazơ đến 2,8 ÷ 3,2. Ví dụ, trong lò điện hồ quang bazơ, người ta tiến hành khử S vào cuối giai đoạn oxy hóa và chủ yếu vào đầu giai đoạn hoàn nguyên.

Khi khử S trong môi trường khí hóa, S bị đốt cháy theo phản ứng:



Khi khử lỏng, người ta đưa vào thép lỏng các kim loại (chẳng hạn như: Ca, Mg, RE) để kết hợp với S tạo thành các hợp chất bền. Khi khử S bằng phương pháp này, phải tiến hành khử hết oxy trong thép trước khi khử S.

### 3.2.7. Khử khí

Khí hòa tan vào thép có nguồn gốc từ nguyên vật liệu, không khí... chúng có thể làm giảm cơ tính của thép, cũng như gây ra rỗ khí khi đúc. Thường khi luyện thép cần tiến hành khử các khí  $[\text{O}]$ ,  $[\text{N}]$ ,  $[\text{H}]$ .

#### a) Khử oxy

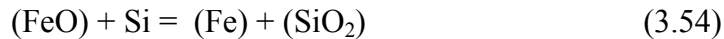
Oxy được cấp vào thép lỏng để oxy hóa các nguyên tố dư thừa như C, Si, Mn... sau khi oxy hóa các tạp chất trong thép còn một lượng oxy dư. Để khử oxy có thể tiến hành bằng phương pháp khử lắng hoặc khử khuếch tán.

Trong phương pháp khử lắng người ta dùng các nguyên tố kim loại có ái lực với oxy lớn hơn so với sắt:



Phương pháp khử lắng có ưu điểm: tốc độ phản ứng nhanh nhưng có nhược điểm là các oxyt tạo thành nổi lên không triệt để làm bẩn thép.

Phương pháp khử khuếch tán dùng fero (ferôsilic, ferômangan) cho vào thép lỏng hoặc cacbon hạt vào xỉ.



Do hằng số phân bố oxyt sắt trong xỉ và trong kim loại lỏng  $K_p = \frac{(\text{FeO})}{[\text{FeO}]}$  = const, nên khi (FeO) giảm kéo theo [FeO] giảm theo. Phương pháp khử lắng không làm bẩn nước thép nhưng tốc độ khử chậm, kéo dài thời gian khử, do đó thường dùng khi luyện thép yêu cầu độ sạch cao.

Ngoài ra đối với thép chất lượng cao, người ta có thể tiến hành khử oxy bằng phương pháp chân không.

**b) Khử [N] và [H]:**



Hằng số phân ly:  $K_p = \frac{[\text{N}]^2}{P_{\text{N}_2}} \Rightarrow [\text{N}] = K_p \sqrt{P_{\text{N}_2}}$

$$K'_p = \frac{[\text{H}]^2}{P_{\text{H}_2}} \Rightarrow [\text{H}] = K'_p \sqrt{P_{\text{H}_2}}$$

Phương pháp khử chủ yếu là khử khuếch tán, do đó trong quá trình khử phải tạo nên sự xáo trộn kim loại tốt để tăng cường sự nổi của bọt khí. Để tăng tốc độ khử khí, người ta có thể dùng khí trơ sục vào thép lỏng.

### **3.2.8. Tạp chất phi kim**

Tạp chất phi kim là những chất lẫn không nổi lên được trong quá trình luyện và nằm lại trong thép, chúng chủ yếu là các oxyt. Tạp chất phi kim trong thép hình thành do nội sinh hoặc từ ngoài đưa vào. Tạp chất nội sinh là sản phẩm của sự oxy hóa, tạp chất từ ngoài đưa vào do nguyên vật liệu lẫn chất bẩn, do vật liệu chịu lửa bị ăn mòn, do lẫn xỉ và sự tái oxy hóa. Tạp chất phi kim làm giảm chất lượng của thép, do vậy trong quá trình nấu luyện cần có biện pháp hạn chế nguồn tạp chất đưa từ ngoài vào, như dùng nguyên vật liệu sạch, sử dụng vật liệu chịu lửa phù hợp để giảm sự ăn mòn, sử dụng chất khử phù hợp và lượng dùng hợp lý, hạn chế sự tái oxy hóa ... hoặc dùng các biện pháp tinh luyện ngoài lò.

### **3.3. Xỉ trong quá trình luyện thép**

Trong quá trình nấu luyện hợp kim, dù muốn hay không bao giờ cũng có một lượng tạp chất từ nhiều nguồn khác nhau đưa vào lò và tách ra trong quá trình nấu luyện tạo thành xỉ. Trong lò, do xỉ tiếp xúc trực tiếp với kim loại nên tác động rất lớn tới nhiều quá trình hóa lý liên quan đến tiến trình thực hiện quá trình công nghệ. Trong một số quá trình nấu luyện (như nấu gang chẳng hạn) quá trình tạo xỉ là quá trình không mong muốn nhưng trong luyện thép xỉ lại đóng vai trò rất lớn trong nhiều quá trình luyện kim xảy ra trong lò như quá trình truyền nhiệt, quá trình khử tạp chất, khử khí ... Bởi vậy, tùy thuộc yêu cầu công nghệ, trong từng giai đoạn nấu người ta thường xuyên phải điều chỉnh chế độ xỉ phù hợp để đảm bảo cho quá trình luyện phát triển theo hướng công nghệ mong muốn.

#### **3.3.1. Nguồn gốc và thành phần của xỉ luyện thép**

##### **a) Nguồn gốc của xỉ**

Khối lượng và thành phần của xỉ phụ thuộc vào phẩm chất của nguyên, nhiên vật liệu nấu, vật liệu xây lò và chế độ nấu luyện.

Trong quá trình nấu luyện, xỉ được hình thành từ các nguồn chủ yếu sau đây:

- + Do các chất lẫn trong nguyên, nhiên vật liệu (như đất cát, dầu mỡ, nước...), do nguyên liệu kim loại bị oxy hóa mang vào;
- + Do kim loại và tạp chất trong phối liệu bị oxy hóa;

+ Do tường lò bị ăn mòn: trong điều kiện nhiệt độ cao, do tác dụng cơ học hoặc sự ăn mòn hóa học, lớp làm việc của tường lò bị bào mòn và đi vào xỉ.

+ Do các oxyt và tạp chất đưa vào cùng chất oxy hóa, ví dụ khi đưa quặng sắt vào để oxy hóa tạp chất và cacbon, một lượng lớn oxyt sắt và các oxyt khác được đưa vào lò.

+ Do các tạp chất lẫn trong các chất tạo xỉ;

+ Do tro của nhiên liệu: trong nhiên liệu đặc biệt là nhiên liệu rắn thường chứa một lượng tro nhất định, khi nấu luyện một phần cuốn theo khí lò, một phần nằm lại trong lò và đi vào xỉ.

### **b) Thành phần hóa học của xỉ**

Thành phần chủ yếu của xỉ luyện thép là các oxyt, theo tính chất hóa học của chúng có thể chia làm ba nhóm: nhóm có tính chất bazơ, nhóm có tính chất axit và nhóm có tính chất lưỡng tính.

Nhóm các oxyt có tính bazơ gồm: CaO, MgO, MnO, FeO, NiO, ...

Nhóm các oxyt có tính axit gồm: SiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, TiO, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, ...

Nhóm các oxyt có tính chất lưỡng tính gồm: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, V<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ...

Trong các oxyt có tính chất lưỡng tính, chỉ có Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> là thể hiện tính chất lưỡng tính rõ rệt còn Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> và Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> thường mang tính axit yếu.

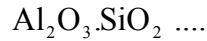
Ngoài các oxyt trên, trong xỉ còn chứa các hợp chất khác như: CaS, FeS, CaS<sub>2</sub>...

Các oxyt trên khi ở dạng tự do phần lớn có nhiệt độ chảy rất cao, tuy nhiên trong xỉ ngoài các oxyt tự do, còn có các hợp chất của nhiều oxyt với nhau mà thường có nhiệt độ chảy giảm mạnh. Chính vì vậy, trong điều kiện nấu luyện xỉ thường ở trạng thái lỏng.

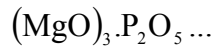
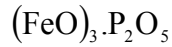
Các hợp chất thường gặp trong xỉ luyện thép có nhiều loại nhưng có thể chia thành bốn nhóm chính:

Nhóm silicat:





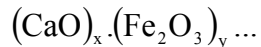
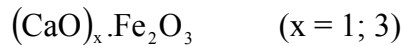
Nhóm phôtphat:



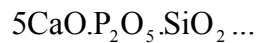
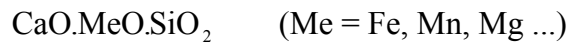
Nhóm aluminat:



Nhóm pherit:



Ngoài các hợp chất trên, xỉ còn chứa một số hợp chất phức tạp khác như:



Trong thành phần của xỉ thì các oxyt tự do quyết định hoạt tính hóa học của xỉ, các hợp chất nhiều oxyt làm nhiệt độ chảy của xỉ giảm thấp, đảm bảo cho xỉ có độ sệt, độ chảy loãng và một số tính chất khác cần thiết theo yêu cầu công nghệ.

Trong luyện thép, người ta đặc biệt chú ý ba loại oxyt:  $(\text{CaO})$ ,  $(\text{SiO}_2)$  và  $(\text{FeO})$ . Các oxyt  $(\text{CaO})$  và  $(\text{SiO}_2)$  quyết định độ bazơ của xỉ, còn  $(\text{FeO})$  quyết định khả năng oxy hóa của xỉ.

### 3.3.2. Các tính chất của xỉ luyện thép

a) **Độ bazơ của xỉ:** độ bazơ của xỉ xác định bởi tỉ số giữa tỉ lệ phần trăm theo trọng lượng ( hoặc tỉ lệ phân tử gam) của hai oxyt  $(\text{CaO})$  và  $(\text{SiO}_2)$ :



$$B = \frac{(\%CaO)}{(\%SiO_2)} \text{ hoặc } B = \frac{N_{(CaO)}}{N_{(SiO_2)}} \quad (3.58)$$

Khi lượng ( $P_2O_5$ ) trong xỉ cao, người ta tính độ bazơ của xỉ theo công thức sau:

$$B' = \frac{(\%CaO)}{(\%SiO_2) + (\%P_2O_5)} \text{ hoặc } B' = \frac{(\%CaO) - 1,18(\%P_2O_5)}{(\%SiO_2)}$$

Căn cứ vào độ bazơ của xỉ người ta chia ra:

+ Xỉ có độ bazơ thấp :  $B = 1,3 \div 1,5$  ( $35 \div 40 \%CaO$ ,  $25 \div 30 \%SiO_2$ );

+ Xỉ có độ bazơ trung bình :  $B = 1,8 \div 2,2$  ( $40 \div 45 \%CaO$ ,  $20 \div 25 \%SiO_2$ );

+ Xỉ có độ bazơ cao :  $B = 2,5$  ( $45 \div 48 \%CaO$ ,  $12 \div 20 \%SiO_2$ )

Trong lò luyện thép axit, người ta còn dùng độ axit thay cho độ bazơ, xác định theo công thức:

$$R = \frac{(\%SiO_2)}{(\%CaO)}$$

Độ bazơ của xỉ có ý nghĩa rất lớn trong việc khử P, S và đảm bảo cho nhiều tiến trình công nghệ tiến hành thuận lợi. Độ bazơ ảnh hưởng lớn đến độ chảy loãng của xỉ, do đó ảnh hưởng lớn đến hoạt tính của xỉ, khả năng hút khí hoặc thoát khí của kim loại và khả năng khử tạp chất. Vì vậy, tùy theo nhiệt độ trong lò và yêu cầu công nghệ, khi nấu luyện cần phải thường xuyên kiểm tra và điều chỉnh độ bazơ của xỉ.

#### **b) Các tính chất vật lý của xỉ**

Độ sệt của xỉ: đặc trưng cho độ linh động của xỉ, độ sệt càng cao thì độ linh động của xỉ càng thấp. Đơn vị đo độ sệt là poa (g/s), một poa bằng 100 lần độ sệt của nước ở 20°C. Bảng 3.2 cho độ sệt của thép và xỉ ở các nhiệt độ nhất định.

Bảng 3.2 Độ sệt của thép và xỉ phụ thuộc nhiệt độ

Chất	Nhiệt độ (°C)	Độ sệt (poa)
Thép	1595	0,025
Xỉ lỏng	1595	0,02
Xỉ lỏng vừa	1595	0,20
Xỉ đặc	1595	$\geq 2,0$

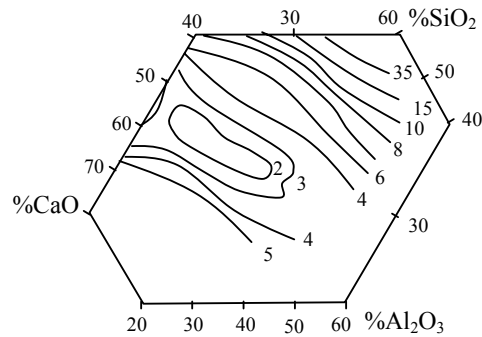
Hai yếu tố ảnh hưởng đến độ sệt của xỉ là:

+ Thành phần hóa học của xỉ;

+ Nhiệt độ của xỉ.

Xỉ axit dễ chảy hơn xỉ bazơ nên khi ở nhiệt độ thấp có độ sệt nhỏ hơn xỉ bazơ. Khi nhiệt độ tăng, độ sệt của xỉ axit và xỉ bazơ đều giảm nhưng độ sệt của xỉ bazơ giảm mạnh hơn nên khi nhiệt độ cao độ sệt của xỉ bazơ lại thấp hơn độ sệt của xỉ axit.

Để thấy rõ ảnh hưởng của thành phần đến độ sệt của xỉ, ta xét giản đồ ba nguyên của xỉ ở nhiệt độ 1600°C (hình 3.2).



Hình 3.2 Giản đồ độ sệt của xỉ ở 1600°C

Từ giản đồ ta nhận thấy, ở nhiệt độ 1600°C, nhiều thành phần xỉ có thể đảm bảo độ chảy loãng (độ sệt của xỉ thấp), nhất là những loại chứa từ 48 ÷ 55 %CaO, khi %CaO < 45% thì độ sệt của xỉ chỉ phụ thuộc vào %CaO mà ít phụ thuộc vào tỉ số SiO<sub>2</sub> : Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Trọng lượng riêng của xỉ: trọng lượng riêng của xỉ càng thấp thì xỉ càng nhẹ và càng dễ tách ra khỏi kim loại. Trọng lượng riêng của xỉ phụ thuộc thành phần của xỉ, trong đó có ảnh hưởng lớn nhất là các oxyt FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO. Bảng 3.3 cho trọng lượng riêng và nhiệt độ chảy của một số oxyt và hợp chất trong xỉ.

Bảng 3.3 Trọng lượng riêng và nhiệt độ nóng chảy của một số hợp chất

Hợp chất	Trọng lượng riêng (g/cm <sup>3</sup> )	Nhiệt độ chảy (°C)
FeO	5,7	1420
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	5,1 5,2	1538 phân hủy
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,24	1560 phân hủy
MnO	5,45	1785
MgO	3,65	> 2800
CaO	3,40	2572
SiO <sub>2</sub>	2,20	1713
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,65	2050
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,39	-
MnS	4,00	1620
(CaO) <sub>3</sub> .P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3,14	1670
CaO.SiO <sub>2</sub>	2,405	1540

Nhiệt hàm của xỉ: là lượng nhiệt cần cung cấp cho 1 kg xỉ để nung nóng nó đến nhiệt độ nóng chảy, nóng chảy hoàn toàn và quá nhiệt đến nhiệt độ yêu cầu. Nhiệt hàm của xỉ có thể tính theo công thức gần đúng sau:

$$q = 0,28t + 50 \quad (\text{kJ/kg})$$

Trong đó t là nhiệt độ làm việc của xỉ.

Độ dẫn điện của xỉ: độ dẫn điện của xỉ có ý nghĩa lớn trong một số quá trình nấu luyện, đặc biệt là khi luyện thép trong lò hồ quang hoặc lò điện xỉ. Độ dẫn điện của xỉ tăng khi tăng nhiệt độ và trong thành phần của xỉ chứa nhiều các oxyt bazơ, cacbit canxi.

Sức căng bề mặt của xỉ: sức căng bề mặt của xỉ ảnh hưởng rất lớn đến việc tách chúng khỏi kim loại. Xi có sức căng bề mặt lớn thì ít dính vào kim loại và dễ tách ra trong quá trình nấu luyện.

### 3.4. Cân bằng nhiệt trong quá trình luyện thép

#### 3.4.1. Nguồn nhiệt cung

Nguồn nhiệt cung cấp cho lò trong quá trình luyện thép có thể chia làm hai dạng:

- + Nhiệt hóa học.
- + Nhiệt vật lý.

a) **Nhiệt hóa học:** Nhiệt hóa học là nhiệt được cung cấp do đốt cháy nhiên liệu hoặc do phản ứng oxy hóa khi khử tạp chất sinh ra.

Tùy thuộc quá trình luyện, người ta có thể dùng các nguồn nhiên liệu sau:

- + Nhiên liệu rắn: than cốc, than gầy, củi hoặc gỗ;
- + Nhiên liệu lỏng: dầu đốt;
- + Nhiên liệu khí: khí thiên nhiên, khí lò cốc, khí lò cao.

Nhiệt do phản ứng oxy hoá khi đốt cháy tạp chất: phản ứng cháy C, Si, Mn, P ...

Ví dụ trong lò bethme nhiệt hóa học chủ yếu do đốt cháy Si, trong lò tômat chủ yếu là do đốt cháy P.

b) **Nhiệt vật lý:** nhiệt vật lý do gang lỏng, nhiệt tích của tường lò hoặc do không khí, nhiên liệu... được nung nóng mang vào. Trong các lò điện nguồn nhiệt vật lý là do biến đổi điện năng thành nhiệt năng: nhiệt của hồ quang điện, nhiệt trở hoặc nhiệt sinh ra do hiện tượng cảm ứng điện từ...

#### 3.4.2. Nguồn nhiệt chi

Nhiệt cung cấp cho lò, một phần được dùng để nung nóng, nấu chảy và quá nhiệt kim loại, xỉ đến nhiệt độ yêu cầu, cung cấp cho các phản ứng thu nhiệt xảy ra trong quá trình nấu luyện... gọi là lượng nhiệt có ích, một phần bị mất mát trong quá trình nấu luyện do truyền nhiệt cho lò, truyền nhiệt ra ngoài, do khí thải mang theo ... phần nhiệt này được gọi là nhiệt tổn thất.

Trong quá trình nấu luyện cần đảm bảo sự cân bằng nguồn nhiệt cung và nguồn nhiệt chi trong lò.

## Chương IV

### LUYỆN THÉP TRONG LÒ ĐIỆN HỒ QUANG

#### 4.1. Đặc điểm và phân loại

##### 4.1.1. Đặc điểm

Lò điện hồ quang là loại lò được dùng rất phổ biến ở nước ta. Ưu điểm của lò điện là:

- + Nấu được nhiều loại nguyên vật liệu (gang, thép vụn ...);
  - + Cháy hao kim loại ít;
  - + Dễ dàng điều chỉnh nhiệt độ nước thép;
  - + Nấu được nhiều loại thép, chất lượng thép tốt;
- Hạn chế của lò điện hồ quang là điện năng đắt.

##### 4.1.2. Phân loại

Dựa vào công suất biến áp và dung tích chứa thép, người ta phân ra:

- + Lò điện hồ quang công suất thường:  $\leq 400\text{kVA/tấn}$ .
- + Lò điện hồ quang công suất cao:  $600 \div 800\text{kVA/tấn}$ .
- + Lò điện hồ quang siêu công suất:  $> 800\text{kVA/tấn}$ .

Dựa vào nguồn điện, phân ra:

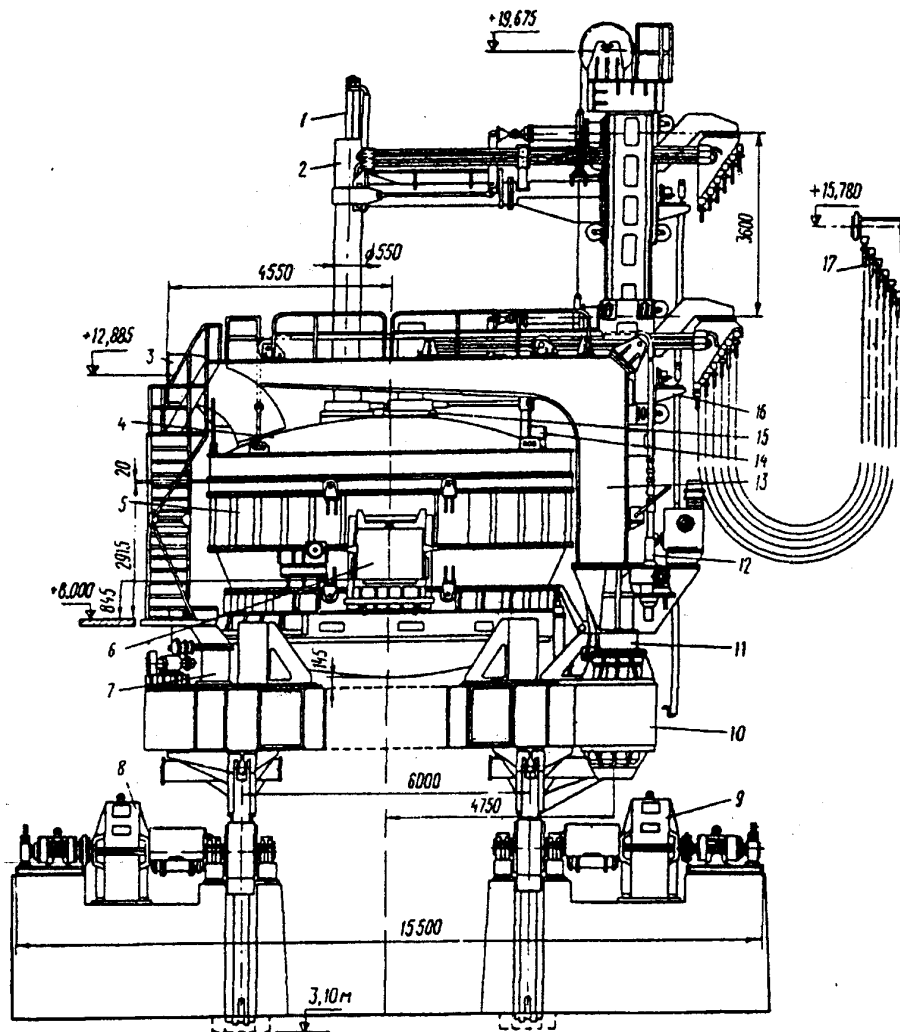
- + Lò điện hồ quang xoay chiều: dùng nguồn điện xoay chiều, lò có ba điện cực.
- + Lò điện hồ quang một chiều: dùng nguồn điện một chiều, lò chỉ dùng một điện cực.

#### 4.2. Thiết bị

##### 4.2.1. Cấu tạo chung và nguyên lý làm việc

Hình 4.1 trình bày cấu tạo chung của lò điện hồ quang, lò gồm các bộ phận cơ bản sau:

- + Buồng lò;
- + Thiết bị nghiêng lò;
- + Thiết bị nâng hạ điện cực;
- + Thiết bị điện (máy biến thế và mạng điện).



Hình 4.1. Cấu tạo tổng thể của lò điện hồ quang

- 1) Vòi phun oxy 2) Điện cực grafit 3) Ống hút khói bụi 4) Nắp lò 5) Vỏ lò bằng thép
- 6) Cửa thao tác 7) Thiết bị dịch chuyển vỏ lò 9) Bộ phận dẫn động quay lò 10) Đế tựa bộ phận dịch lò 11) Thiết bị quay nắp lò 13) Bộ phận quay khung lò 14) Quạt thông khí
- 15) Bộ phận làm nguội điện cực 16) Thiết bị nâng hạ điện cực 17) Dây cáp điện

Lò điện hồ quang sử dụng nguồn nhiệt là ngọn lửa hồ quang sinh ra giữa các điện cực và kim loại nấu. Khi nấu, điện cực được hạ xuống chạm vào kim loại gây ra hiện tượng ngắn mạch, sau đó nâng điện cực lên cách mặt kim loại một khoảng cách nhất định, giữa điện cực và kim loại phát sinh ngọn lửa hồ quang. Do hồ quang gây ra trực tiếp giữa điện cực và kim loại nấu nên được gọi là hồ quang trực tiếp, nhiệt độ ngọn lửa hồ quang rất cao và nhiệt tập trung nên nhiệt truyền cho kim loại rất lớn và

chủ yếu là truyền nhiệt bức xạ. Theo mức độ nóng chảy của kim loại trong buồng lò, điện cực được điều chỉnh để giữ khoảng cách giữa điện cực và kim loại ổn định, nhờ đó hồ quang cháy ổn định.

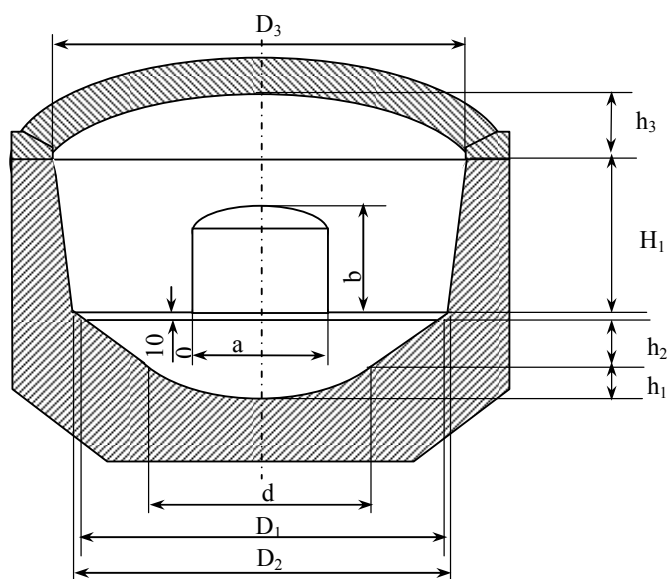
#### 4.2.2. Buồng lò

Buồng lò gồm ba phần: đáy lò, thân lò và nóc lò (hình 4.2).

Đáy lò: làm nhiệm vụ chứa kim loại và xỉ. Phần trên đáy lò có dạng hình côn, góc nghiêng  $45^\circ$ , phần dưới có dạng chòm cầu. Chiều dày thể xây đáy lò thường từ  $650 \div 700$  mm, gồm:

- + Lớp manhêdit thiêu kết dày  $180 \div 200$  mm;
- + Lớp gạch manhêdit dày 295 mm;
- + Lớp gạch samôt dày 130 mm;
- + Lớp vụn samôt dày 30 mm;
- + Lớp bìa amiăng dày 10 mm.

Ngoài cùng là vỏ lò bằng thép tấm dày 20 mm.



Hình 4.2 Sơ đồ cấu tạo buồng lò điện hồ quang

Tường lò: tạo không gian chứa liệu, đồng thời chịu lực tác dụng của nóc lò.

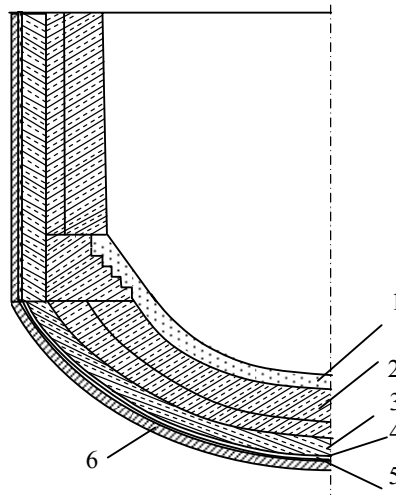
Chiều dày tường lò thường từ  $350 \div 700$  mm, gồm các lớp:

+ Lớp gạch manhêdit dày 285 mm.

+ Lớp gạch samôt dày 130 mm.

Nóc lò: có dạng hình chòm cầu, xây bằng gạch crôm-manhêdit hoặc bằng gạch dinat, chiều dày khoảng 300 mm. Ở nóc lò, khi xây chừa ba lỗ trống để đặt ba điện cực.

Thế xây đáy và tường lò điện hồ quang bazơ trình bày trên hình 4.3.



Hình 4.3 Thế xây tường và đáy lò hồ quang bazơ

- 1) Lớp manhêdit thiêu kết
- 2) Lớp gạch manhêdit
- 3) Lớp gạch samôt
- 4) Lớp vụn samôt
- 5) Lớp bìa amiăng
- 6) Vỏ thép

Các kích thước cơ bản của buồng lò: thường khi thiết kế lò, số liệu cho ban đầu là công suất lò (T/h), từ đó có thể tính được khối lượng của mẻ kim loại nấu, thể tích của kim loại và xỉ. Trên cơ sở đó, xác định dung tích nồi lò và các kích thước cơ bản của buồng lò.

Dựa vào hình 4.2 ta có thể tính định được thể tích nồi lò:

$$V = \pi \cdot h_1 \left( \frac{r^2}{8} + \frac{h_1^2}{6} \right) + \pi \cdot \frac{h_2}{3} (R^2 + R + r^2) \quad (4.1)$$

Trong đó:  $r = \frac{d}{2}$  và  $R = \frac{D_1}{2}$ .



Các kích thước của nồi lò thường được chọn theo chiều cao nồi lò H:

$$D_1 = 5H \quad \Rightarrow \quad R = \frac{D_1}{2} = \frac{5}{2}H$$

$$h_1 = \frac{1}{5} \cdot H$$

$$h_2 = H - h_1 = \frac{4}{5} \cdot H$$

$$d = D_1 - 2h_2 = \frac{17}{5}H$$

$$r = \frac{1}{2}d = 1,7H$$

Thay các giá trị trên vào công thức (4.1) ta tính được:

$$V = 11,6H^3$$

Suy ra: 
$$H = \sqrt[3]{\frac{V}{11,6}} \quad (4.2)$$

Các kích thước khác của tường lò được chọn theo chiều cao nồi lò H như sau:

$$D_2 = D_1 + 200 = 5H + 200 \quad [\text{mm}]$$

$$H_1 = (2,1 \div 2,2)H \quad [\text{mm}]$$

$$D_3 = (5,42 \div 5,44)H + 200 \quad [\text{mm}]$$

Chiều cao nóc lò:

$$h_3 = \left(\frac{1}{7} \div \frac{1}{8}\right)D_3 \quad [\text{mm}]$$

Chiều rộng cửa lò:

$$a = 0,3D_3$$

Chiều cao cửa lò:

$$b = 0,8a.$$

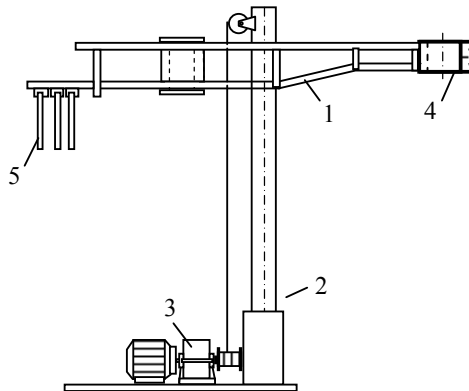
Dung tích lò mới thiết kế thường nhỏ hơn 30 ÷ 40% so với sau khi nấu, do đó có thể nấu quá từ 15 ÷ 20% (bảng 4.1).

Bảng 4.1 Dung tích lò hồ quang luyện thép

Dung tích danh nghĩa (tấn)	Tải trọng chất (tấn)		
	Lò bazơ		Lò axit
	Nấu bình thường	Nấu cường bức	
0,5	0,7 ÷ 0,8	0,8 ÷ 0,9	1,0 ÷ 1,1
1,5	2,0 ÷ 2,2	2,3 ÷ 2,5	2,6 ÷ 2,8
3,0	3,8 ÷ 4,2	4,5 ÷ 5,0	5,2 ÷ 5,5
5,0	6,0 ÷ 7,0	7,4 ÷ 7,8	8,0 ÷ 8,5
10,0	12,0 ÷ 13,0	14,0 ÷ 16,0	-

#### 4.2.3. Thiết bị nâng hạ điện cực

Trong quá trình nấu luyện, mức kim loại dưới điện cực thay đổi, điện cực bị mòn dần... để duy trì hồ quang cháy ổn định, ba điện cực của lò cần phải chuyển động lên xuống phù hợp. Thiết bị nâng hạ điện cực làm nhiệm vụ điều chỉnh điện cực trong suốt quá trình nấu luyện, đảm bảo khoảng cách giữa điện cực và kim loại hoặc xỉ duy trì đúng theo yêu cầu.



Hình 4.4 Thiết bị nâng hạ điện cực

- 1) Giá lắp điện cực 2) Trụ dẫn hướng  
3) Hệ thống dẫn động 4) Kẹp điện cực 5) Đồi trọng

Thiết bị nâng hạ điện cực gồm:

+ Giá lắp điện cực;

- + Hệ thống dẫn động;
- + Trụ dẫn hướng.

Giá lắp điện cực dùng để kẹp điện cực, cơ cấu kẹp được làm nguội bằng nước. Dẫn động cơ cấu điều chỉnh nâng hạ điện cực thực hiện bằng hệ thống cơ khí hoặc hệ thống thủy lực. Chuyển động điều chỉnh được tự động hóa.

#### **4.2.4. Cơ cấu nghiêng lò**

Đối với lò điện hồ quang ra thép qua máng ra thép bên hông khi ra thép phải nghiêng lò. Để nghiêng lò có thể dùng cơ cấu cơ khí hoặc thủy lực.

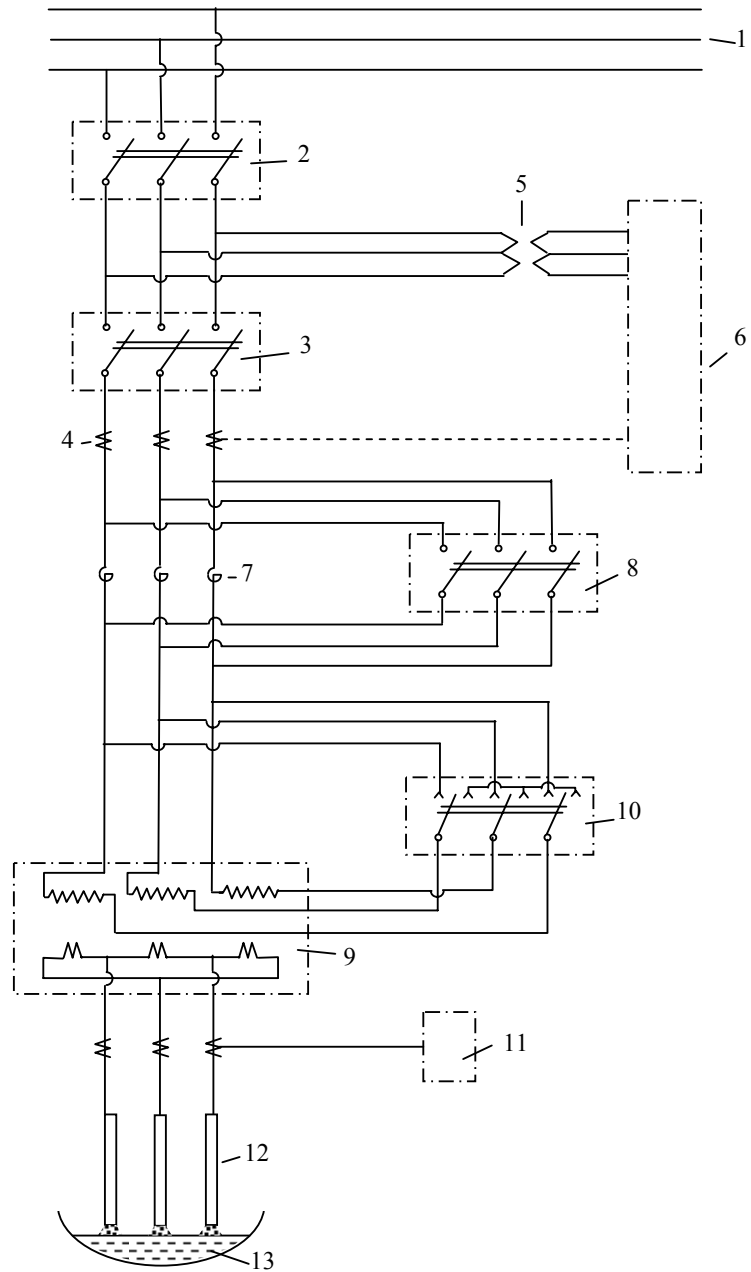
#### **4.2.5. Thiết bị điện**

Sơ đồ mạng điện và biến áp của lò điện hồ quang trình bày trên hình 4.5.

Dòng điện cao thế từ đường dây (1) qua cầu dao không khí (2), cầu dao dầu chính (3), cuộn cảm (7), máy biến áp (9) tới điện cực (12) và sinh ra hồ quang giữa điện cực và kim loại (13). Cầu dao không khí (2) dùng để đóng mở thiết bị điện của lò, nó chỉ được đóng mở khi cầu dao dầu chính (3) mở. Cầu dao dầu chính dùng để ngắt mạch điện. Vì ở đây có dòng cao thế chạy qua, nên phải dùng cầu dao này để đảm bảo an toàn (cầu dao dầu chính triệt tiêu được tia lửa điện phát ra khi ngắt mạch).

Để đảm bảo an toàn cho mạch điện của lò, người ta phải dùng hệ thống đồng hồ đo và rơ le bảo vệ (6), khi dòng điện hay điện áp tăng quá đột ngột, nó có khả năng tự động ngắt mạch. Cuộn cảm (7) của máy biến thế có khả năng tạo ra sức điện động cảm ứng để biến hồ quang gián đoạn thành hồ quang liên tục, do đó hồ quang và dòng điện ổn định, liệu sẽ chóng chảy, nhưng khi có cuộn cảm thì sẽ tăng tiêu hao điện, không sử dụng hết công suất của máy biến áp, hệ số  $\cos\varphi$  giảm. Vì vậy khi nấu chảy xong, hồ quang và dòng điện đã ổn định thì phải cắt cuộn cảm khỏi mạch, để thực hiện việc đó dùng cầu dao dầu điện cảm (8).

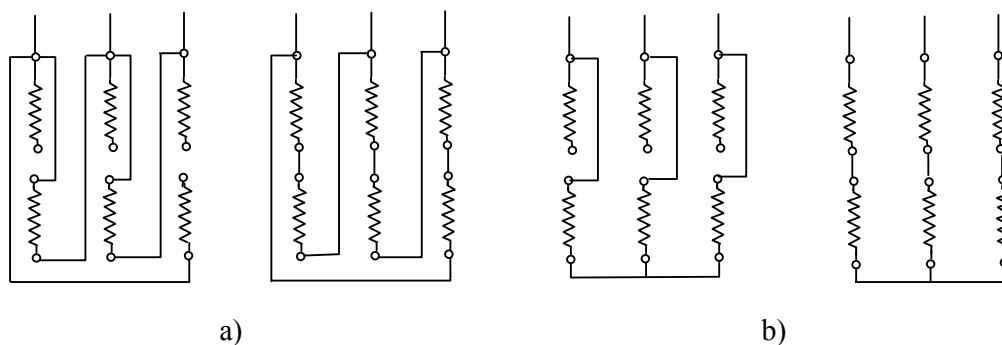
Biến áp (9) chủ yếu để đổi dòng điện hạ thế phù hợp với từng giai đoạn nấu luyện. Yêu cầu của biến áp lò hồ quang là cách điện rất tốt, có khả năng quá tải lớn để chịu được đoản mạch và quá tải thường xuyên.



Hình 4.5 Sơ đồ thiết bị điện của lò điện hồ quang

- 1) Đường dây cao thế 2) Cầu dao không khí 3) Cầu dao dầu chính 4) Bộ phận đo dòng 5) Bộ phận đo áp máy biến áp 6) Đồng hồ đo và rơ le bảo vệ 7) Cuộn cảm 8) Cầu dao dầu cuộn cảm 9) Máy biến áp 10) Cầu dao đổi điện áp 11) Đồng hồ đo, thiết bị bảo vệ và tự động điều chỉnh điện cực 12) Điện cực 13) Kim loại

Tùy theo từng giai đoạn nấu, người ta yêu cầu những cấp điện áp khác nhau. Do đó, máy biến áp cần có nhiều cấp điện áp, thường là sáu cấp điện áp tùy theo cách mắc hình sao ( $\lambda$ ) hay tam giác ( $\Delta$ ).



Hình 4.6 Các phương pháp nối cuộn dây máy biến áp  
a) Mắc hình sao b) Mắc tam giác

Thí dụ sáu cấp điện áp của máy biến áp là:

Khi mắc tam giác: 260 V - 220 V - 180 V.

Khi mắc hình sao: 150 V - 127 V - 104 V.

Tùy theo từng giai đoạn nấu, ta sử dụng điện áp thích hợp, thông thường:

Giai đoạn nấu chảy: 240 ÷ 380 V.

Giai đoạn oxy hóa: 160 ÷ 200 V.

Giai đoạn hoàn nguyên: 140 ÷ 115 V.

Công suất máy biến áp xác định theo công thức:

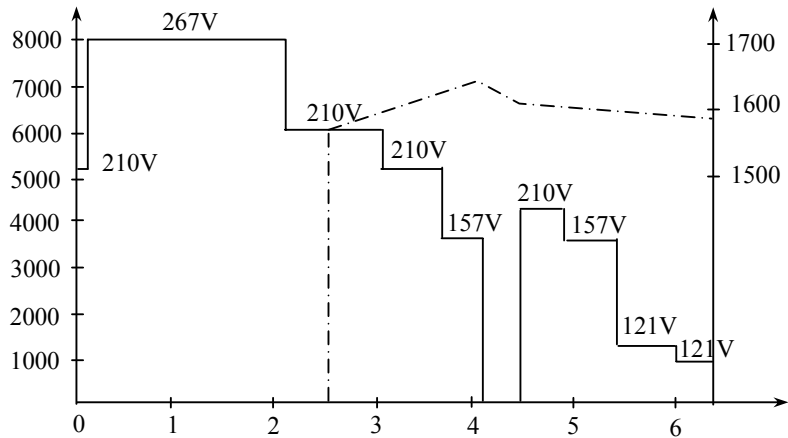
$$P = \sqrt{3}.U.I.\cos\varphi$$

Trong đó:

P - công suất máy biến áp;

U, I - điện áp và cường độ dòng điện.

Theo yêu cầu nấu luyện, công suất giảm dần từ giai đoạn nấu chảy sang oxy hóa đến hoàn nguyên (hình 4.7).



Hình 4.7 Chế độ điện cho mẻ luyện thép ở lò hồ quang 30 tấn

Để giảm công suất có thể giảm U hoặc I. Khi điện áp ở vòng hạ thế cố định, để giảm I thì phải tăng chiều dài hồ quang (tăng điện trở). Ngược lại khi giảm U thì chiều dài hồ quang phải ngắn lại.

Bảng 4.2 Điện áp tối thiểu sinh hồ quang phụ thuộc vật liệu chế tạo điện cực

Điện cực	Điện áp sinh hồ quang (V)
Điện cực than - than	17
Điện cực than - kim loại	26
Điện cực than - xỉ bazơ	9
Điện cực than - xỉ axit	30

Do đó, khi bắt đầu chạy lò, nhiệt độ lò còn thấp, hồ quang phát sinh giữa cực than và kim loại không vững, để ổn định hồ quang người ta cho thêm các mảnh điện cực lên trên kim loại. Khi trong lò đã có xỉ bazơ thì hồ quang dễ ổn định nên ta có thể cắt cuộn cảm ra khỏi mạch điện.

**4.2.6. Điện cực:** làm nhiệm vụ gây hồ quang điện, có ba loại:

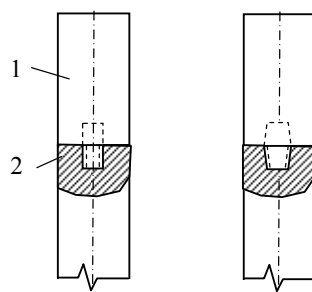
- + Điện cực tự thiêu;
- + Điện cực cacbon;
- + Điện cực grafit.

Điện cực tự thiêu chuyên dùng cho sản xuất ferô. Điện cực dùng cho luyện thép thường dùng điện cực grafit. Điện cực cacbon hiện nay ít dùng.

Theo công suất lò, điện cực grafit được phân ra:

- + Điện cực grafit thường;
- + Điện cực grafit công suất cao;
- + Điện cực grafit siêu công suất.

Điện cực được chế tạo dạng hình trụ, đầu cuối có phần lắp đầu nối hình trụ hoặc hình côn có ren (hình 4.8).



Hình 4.8 Cấu tạo điện cực  
1) Thân điện cực 2) Đầu nối

Các chỉ tiêu hóa lý của điện cực grafit thông dụng trình bày ở bảng 4.3.

Bảng 4.3 Các chỉ tiêu hóa lý của điện cực grafit thông dụng

Chỉ tiêu		Đường kính điện cực (mm)							
		75 ÷ 130		150 ÷ 200		250 ÷ 350		400 ÷ 500	
		cấp cao	cấp 1	cấp cao	cấp 1	cấp cao	cấp 1	cấp cao	cấp 1
Điện trở suất min ( $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ )	Thân	8,5	10	9,0	11	9,0	11	9,0	11
	nối	8,5		8,5		8,5		8,5	
Cường độ bẻ gãy min (Mpa)	Thân	7,85		7,85		6,37		6,37	
	nối	11,3		11,3		9,81		9,81	
Thành phần tro max (%)	Thân	0,5		0,5		0,5		0,5	

Mật độ thực min ( $\text{g/cm}^3$ )	Thân	2,18	2,18	2,18	2,18
Độ bền nén min (MPa)	Thân	19,6	19,6	17,7	17,7
	nổi	29,4	29,4	29,4	29,4

Cường độ dòng điện cho phép phụ thuộc đường kính điện cực (bảng 4.4).

Bảng 4.4 Cường độ dòng điện cho phép

Đường kính điện cực	Cường độ dòng điện cho phép (A)	Đường kính điện cực	Cường độ dòng điện cho phép (A)
75	1000 ÷ 1400	300	10000 ÷ 13000
100	1500 ÷ 2400	350	13000 ÷ 18000
125	2200 ÷ 3400	400	18000 ÷ 23000
150	3500 ÷ 4200	450	22000 ÷ 30000
200	5000 ÷ 6900	500	25000 ÷ 34000
250	7000 ÷ 10000		

Chỉ tiêu hóa lý của điện cực grafit siêu công công suất cho ở bảng (4.5)

Bảng 4.5 Chỉ tiêu hóa lý của điện cực grafit siêu công công suất

Chỉ tiêu	Đường kính điện cực (mm)			
	225 ÷ 400		400 ÷ 600	
	Thân	Đầu	Thân	Đầu
Hàm lượng C (%)	≥ 99,3	≥ 99,3	≥ 99,3	≥ 99,3
Tro (%)	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 0,2
Xốp (%)	20 ÷ 24	20 ÷ 24	20 ÷ 23	20 ÷ 23
Mật độ ( $\text{g/cm}^3$ )	1,65 ÷ 1,72	1,74 ÷ 1,80	1,66 ÷ 1,73	1,74 ÷ 1,81
Điện trở suất ( $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ )	5,0 ÷ 6,5	4,5 ÷ 5,5	4,5 ÷ 5,75	4,0 ÷ 5,0



Uốn (MPa)	9,0 ÷ 14,0	-	8,5 ÷ 13,5	-
Nén (MPa)	6,6 ÷ 10,0	14,0 ÷ 20,0	6,0 ÷ 9,5,0	13,0 ÷ 19,0
Mô đun đàn hồi (GPa)	6,5 ÷ 11,0	12,5 ÷ 18,0	6,0 ÷ 11,0	12,0 ÷ 17,0
Hệ số dẫn nhiệt (w/m.°C)	175 ÷ 260	240 ÷ 260	210 ÷ 280	250 ÷ 320
Hệ số giãn nở nhiệt (10 <sup>-6</sup> /°C)	0,5 ÷ 1,0	0,4 ÷ 0,9	0,3 ÷ 0,6	0,75 ÷ 0,6

Đối với điện cực grafit cần lưu ý:

+ Khi bảo quản điện cực grafit cần tránh mưa gió làm ẩm điện cực, trong quá trình vận chuyển phải hết sức cẩn thận tránh va đập, trước lúc sử dụng cần sấy khô ở nhiệt độ ~100°C.

+ Khi nối điện cực cần vận chặt để tránh tạo khe hở, dẫn đến sinh hồ quang ở mỗi nối khi dòng điện đi qua.

+ Khi nạp liệu tránh để liệu va đập vào điện cực.

### 4.3. Công nghệ nấu luyện

#### 4.3.1. Nguyên vật liệu

Nguyên vật liệu dùng luyện thép trong lò hồ quang gồm:

- + Nguyên liệu kim loại: thép phế, gang, phe-rô hợp kim, sắt xốp.
- + Liệu tạo xỉ: gồm vôi, huỳnh thạch ...
- + Liệu oxy hóa: quặng sắt, khí oxy ...

#### 4.3.2. Công nghệ luyện thép trong lò điện hồ quang bazơ

##### a) Giai đoạn nóng chảy

Trong giai đoạn này liệu được nung nóng đến nhiệt độ nóng chảy và chuyển sang thể lỏng. Đây là giai đoạn quan trọng trong quá trình luyện thép, chiếm tới 60% thời gian nấu luyện.

Đầu tiên chất một lớp thép phế đệm dưới đáy lò để tránh va đập gây hỏng đáy lò khi cho liệu thổi lớn vào. Tiếp theo cho gang thổi vào khoảng 50%, sau đó chất một lớp thép phế lên trên.

Khi bắt đầu nấu luyện, liệu chất gần đáy lò, hồ quang nằm gần nóc lò, chỉ dùng khoảng 50% công suất để tránh làm hỏng nóc lò. Sau khi liệu dưới điện cực nóng chảy, kim loại lỏng tập trung xuống đáy lò, xung quanh điện cực tạo thành hố (ta gọi giai đoạn này là giai đoạn đào hố), tăng công suất lò lên cực đại ( $W_{max}$ ) và tiếp tục điều chỉnh điện cực đi xuống để duy trì hồ quang. Khi nước thép tập trung ở đáy lò dần dần dâng lên và điện cực xuống gần mặt nước thép, điều chỉnh điện cực đi lên theo tốc độ dâng của mặt nước thép. Trong quá trình nấu chảy, liệu ở sát thành lò khó nóng chảy vì xa hồ quang, để tăng quá trình nóng chảy người ta có thể thổi khí oxy vào qua các vòi phun bố trí quanh thân lò.

Khi liệu rắn nóng chảy chỉ còn cục nhỏ nằm trong thép lỏng, cho thép phế vào và tiếp tục nấu chảy, không nên cho thép phế vào khi liệu đã nóng chảy hoàn toàn, vì như vậy dễ gây bắn tóe kim loại lỏng gây nguy hiểm.

Trong giai đoạn này, nhiệt tiêu tốn lớn, để nấu chảy nhanh cần phải dùng công suất lò lớn, kết hợp thổi thêm oxy. Cuối giai đoạn nấu chảy lấy mẫu phân tích thành phần hóa học (chủ yếu là phân tích cacbon và photpho).

#### **b) Giai đoạn oxy hóa**

Trong giai đoạn này xảy ra các phản ứng oxy hóa các nguyên tố C, Si, Mn, P, S, đồng thời tiến hành khử khí và tạp chất phi kim. Do các phản ứng oxy hóa toả nhiệt nên công suất lò giai đoạn này không cần lớn (chỉ cần khoảng 50%  $W_{max}$ ). Trong giai đoạn này Si bị khử đầu tiên, khi Si chỉ còn ~0,02% thì Mn bắt đầu bị khử. Trong giai đoạn nấu chảy, Mn bị đốt cháy khoảng 50%, sau giai đoạn oxy hóa tiếp tục bị đốt cháy còn lại ~0,2%.

Để khử P độ kiềm (B) phải cao, hàm lượng (FeO) cao và nhiệt độ (T) thấp. Khi khử S độ kiềm phải cao, nhưng hàm lượng FeO trong xỉ càng thấp càng tốt và nhiệt độ phải cao.

Trong giai đoạn oxy hoá cầm đảm bảo [C], [P] và nhiệt độ đạt yêu cầu. Đối với [S] trong giai đoạn này ít quan tâm nhưng cuối giai đoạn cũng phải xác định [S] để chuẩn bị cho giai đoạn xử lý tiếp theo.

### c) Giai đoạn hoàn nguyên

Giai đoạn hoàn nguyên chỉ duy nhất luyện trong lò điện hồ quang mới có còn trong các lò khác không có. Mục đích của giai đoạn này là khử [S] nếu cần, sau đó khử [O] và hợp kim hoá, đồng thời nâng nhiệt độ thép lỏng.

Khử oxy bằng phương pháp khuếch tán: đầu tiên tiến hành cào bỏ xỉ oxy hóa, sau đó tiến hành tạo xỉ hoàn nguyên, thành phần gồm vôi (CaO) và chất trợ dung (CaF<sub>2</sub>) và bột than, khi đó độ kiềm của xỉ tăng, hàm lượng (FeO) giảm xuống, lượng dùng chất tạo xỉ khoảng 4 ÷ 7%.

Vôi làm tăng độ kiềm của xỉ.

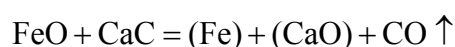
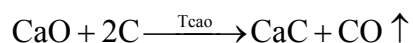
Chất trợ dung CaF<sub>2</sub> làm giảm nhiệt độ nóng chảy của CaO.

Bột than: (FeO) + C = (Fe) ↓ + {CO} ↑

Lúc này khử [S] rất tốt vì B tăng, (FeO) giảm và nhiệt độ cao.

Thực tế trong giai đoạn này, hàm lượng khí [H], [N] vẫn còn do dòng hồ quang đưa vào.

Khi đưa bột than vào cần tránh chỗ dòng hồ quang, vì khi gặp dòng hồ quang:



Cuối giai đoạn hoàn nguyên cho Si và Mn vào để đạt hàm lượng yêu cầu của mác thép.

$$P_{\text{Fe-Mn}} = \frac{Q[C_1 - C_2]}{\% \text{Mn}(\text{Fe} - \text{Mn})}$$

Trong đó:

C<sub>1</sub> : hàm lượng cần có trong thép.

C<sub>2</sub>: hàm lượng còn lại trong thép lỏng trước khi cho ferô vào.

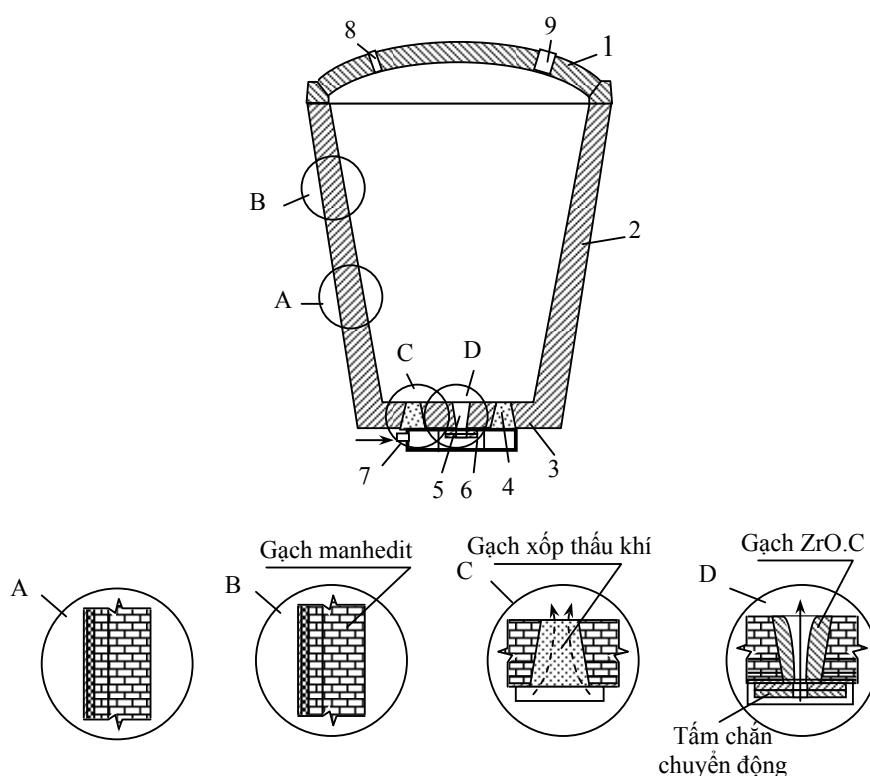
Sau khi ra thép, chờ lắng 3 ÷ 5 phút, đồng thời để tạp chất nổi lên và tăng sự đồng đều thành phần mới tiến hành rót khuôn.

Đối với quy trình luyện thép hiện đại trong lò điện siêu công suất và đúc liên tục, giai đoạn nấu luyện thường rút xuống dưới một giờ, lò điện chỉ làm hai nhiệm vụ nấu chảy và oxy hóa, còn tinh luyện, khử [O], khử tạp chất, khử khí và hợp kim hoá tiến hành ngoài lò.

### 4.3.3. Tinh luyện ngoài lò

Tinh luyện ngoài lò có thể tiến hành bằng phương pháp chân không xỉ hoặc thổi khí (xáo trộn). Dưới đây trình bày phương pháp tinh luyện bằng thổi khí là phương pháp phổ biến trong công nghệ luyện thép hiện đại, đó là tinh luyện bằng lò LF (Ladle Furnace).

Sơ đồ cấu tạo lò LF trình bày trên hình 4.9.



Hình 4.9 Sơ đồ cấu tạo lò LF

- 1) Nắp lò 2) Tường lò 3) Đáy lò 4) Gạch xốp 5) Lỗ rút  
6) Tấm chắn 7) Ống dẫn khí acngong 8) Cửa quan sát 9) Cửa vào liệu

Nắp lò có cấu tạo tương tự lò điện hồ quang công suất thường. Tường lò gồm 4 lớp (mặt cắt A) tính từ ngoài vào gồm: vỏ lò bằng thép, lớp amiăng, lớp gạch xốp cách

nhiệt và lớp gạch làm việc. Phần tường lò ngang mức chứa xỉ (mặt cắt B), lớp làm việc xây bằng gạch manhedit. Ở phần đáy lò có bố trí các viên gạch xốp thâu khí (mặt cắt C) và lỗ thổi khí (mặt cắt D). Bên dưới lỗ thổi khí đặt hai tấm chắn có lỗ cho khí đi qua, một tấm đặt cố định, một tấm chuyển động qua lại khi làm việc.

Để tinh luyện và khử khí, sau khi cho thép lỏng vào lò, tiến hành tạo xỉ hoàn nguyên, gây hồ quang chìm trong xỉ và thổi khí acgông vào lò. Khi sục khí acgông vào lò, các bọt khí tạo ra sự xáo trộn mạnh thép lỏng làm tăng quá trình nổi của các hạt lẫn rắn, đồng thời khí [H], [N] khuếch tán vào các bọt khí và bị cuốn ra ngoài. Nhờ sự xáo trộn mạnh của thép lỏng sự khử [S] cũng tăng đáng kể.

Quá trình tinh luyện tương tự như giai đoạn hoàn nguyên trong lò điện hồ quang.

## Chương V

### LUYỆN THÉP TRONG Lò ĐIỆN CẢM ỨNG VÀ MỘT SỐ Lò ĐIỆN KHÁC

#### 5.1. Đặc điểm và phân loại

##### 5.1.1. Đặc điểm

Lò điện cảm ứng sử dụng điện năng biến thành nhiệt năng nhờ hiệu ứng cảm ứng điện từ.

Lò điện cảm ứng có nhiều ưu điểm hơn so với lò hồ quang:

- + Có thể luyện được thép C rất thấp (không có sự tăng C do điện cực);
- + Thành phần kim loại đồng đều hơn (nhờ sự khuấy trộn kim loại tốt dưới tác động của lực điện từ);
- + Năng suất lò cao, ít cháy hao các nguyên tố hợp kim;
- + Dễ khống chế thành phần và nhiệt độ kim loại;

Nhược điểm:

- + Nhiệt độ của xỉ thấp nếu không có biện pháp xử lý thêm;
- + Độ bền lớp áo lò bazơ thấp.

##### 5.1.2. Phân loại

Theo cấu tạo, lò điện cảm ứng được chia thành hai loại: loại có lõi sắt và loại không có lõi sắt, để luyện thép thường dùng loại không có lõi sắt.

Theo đặc tính của dòng điện nguồn cung cấp, lò điện cảm ứng được chia ra:

- + Lò cao tần: làm việc với tần số máy phát khoảng  $100 \div 200$  kHz.
- + Lò trung tần: làm việc với tần số máy phát khoảng  $500 \div 1.000$  Hz.
- + Lò thấp tần: làm việc với tần số  $50 \div 60$  Hz.

#### 5.2. Thiết bị

##### 5.2.1. Sơ đồ cấu tạo và nguyên lý làm việc

Lò điện cảm ứng không có lõi sắt (hình 5.1) làm việc giống như một biến thế không khí mà cuộn sơ cấp là các vòng cảm ứng và cuộn thứ cấp là lớp mặt ngoài của kim loại nấu.

Khi có dòng điện tần số cao chạy qua cuộn sơ cấp, thì trong bề mặt kim loại sinh ra sức điện động cảm ứng:

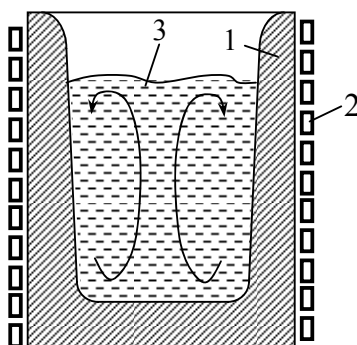
$$E_2 = 4,44\phi.f.n \quad [\text{vôn}] \quad (5.1)$$

Trong đó:

$\phi$  - từ thông;

$f$  - tần số dòng điện;

$n$  - số vòng dây cảm ứng.



Hình 5.1 Sơ đồ cấu tạo lò điện cảm ứng không có lõi sắt  
1) Nồi lò 2) Vòng cảm ứng 3) Kim loại nấu

Sức điện động cảm ứng  $E_2$  sinh ra dòng điện cảm ứng  $I_2$ , chủ yếu tập trung ở lớp mặt ngoài cục liệu, làm kim loại bị nung nóng và chảy lỏng. Chiều sâu lớp bề mặt cục liệu, nơi mà mật độ dòng điện cảm ứng đạt giá trị lớn được gọi là chiều sâu thẩm từ có thể xác định theo công thức sau:

$$\delta = 5,03.10^3 \sqrt{\frac{\rho}{\mu.f}}$$

Trong đó:

$\rho$  - điện trở suất của vật liệu [ $\Omega.cm$ ];

$\mu$  - độ từ thẩm của vật liệu;

$f$  - tần số dòng điện [Hz].

Nhiệt năng toả ra có thể xác định theo công thức:

$$W_2 = 2.I^2 . n^2 . \pi^2 . \frac{d_2}{h_2} . \sqrt{\rho . \mu . f . 10^{-9}} \quad [W] \quad (5.2)$$

Trong đó:

I - cường độ dòng điện (A);

N - số vòng cảm ứng;

$\rho$  - điện trở suất vật liệu ( $\Omega.cm$ );

$\mu$  - độ từ thẩm;

f - tần số (Hz);

$d_2$  - đường kính trung bình của cuộn (cm);

$h_2$  - chiều cao của kim loại trong nồi lò (cm);

Từ phương trình (5.1) và (5.2) ta thấy để tăng  $E_2$  và  $W_2$  cần tăng n và f, thông thường người ta tăng f. Tần số tối thiểu đối với một kim loại nấu xác định theo công thức:

$$f_{\min} \geq 2,5.10^9 \frac{e}{d^2}$$

e - khe hở giữa vòng cảm ứng và bề mặt (cm);

d - đường kính trung bình của nồi lò (cm).

Đối với lò cảm ứng không có lõi sắt, khe hở giữa vòng cảm ứng và bề mặt lớn, từ thông rò rất lớn nên hệ số công suất thường không vượt quá 15%.

Dòng điện trong vòng cảm ứng và thép lỏng ngược chiều nhau, hai vật dẫn này lại đồng tâm nên đẩy nhau làm cho thép lỏng được xáo trộn tốt.

### 5.2.2. Các bộ phận cơ bản của lò

Lò điện cảm ứng có nhiều bộ phận, song ta có thể chia ra hai phần chính:

+ Mạng điện lò;

+ Lò nấu.

**a) Mạng điện lò cảm ứng:** gồm có động cơ xoay chiều, máy phát tăng tần số, máy điện kích thích một chiều tụ điện, cuộn cảm ứng.



Động cơ điện: thường dùng động cơ điện không đồng bộ với rôto nối ngắn mạch (hiệu điện thế tới 500V, số vòng quay cỡ 300 vòng/phút, được cung cấp bởi nguồn điện tần số công nghiệp.

Máy phát tăng tần: thường dùng ba loại: máy phát quay, máy phát đèn điện tử và máy phát phóng tia lửa. Máy phát quay có tần số  $\sim 100 \div 10.000$  Hz, công suất máy phát cần khoảng  $0,3 \div 1$  kw/kg liệu. Loại này thường dùng cho lò thí nghiệm dung tích cỡ  $8 \div 10$  kg. Máy phát đèn điện tử và máy phát phóng tia lửa có tần số  $\sim 200 \div 1.000$  kHz, thường dùng cho các lò dung tích nhỏ trong công nghiệp và thí nghiệm.

Cuộn cảm ứng: thường làm bằng ống đồng có tiết diện ngang là hình tròn, chữ nhật hoặc bầu dục. Vật liệu chế tạo là đồng kỹ thuật điện có độ dẫn điện cao, kích thước được tính toán sao cho vừa đảm bảo yêu cầu về dẫn điện, vừa phải đảm bảo lưu lượng nước làm nguội vòng cảm ứng. Để ít tổn hao điện nhất thì chiều dày thành ống phải đảm bảo điều kiện:

$$\delta_t > 1,3\delta$$

Trong đó:  $\delta$  - chiều sâu thâm từ.

Số vòng cảm ứng càng tăng thì lượng năng lượng điện chuyển thành nhiệt năng trong mẹ liệu càng lớn, nên càng tăng số vòng thì tổn thất càng giảm, tuy nhiên vẫn phải đảm bảo tỉ lệ:

$$\frac{H}{h} = 1,1 \div 1,3$$

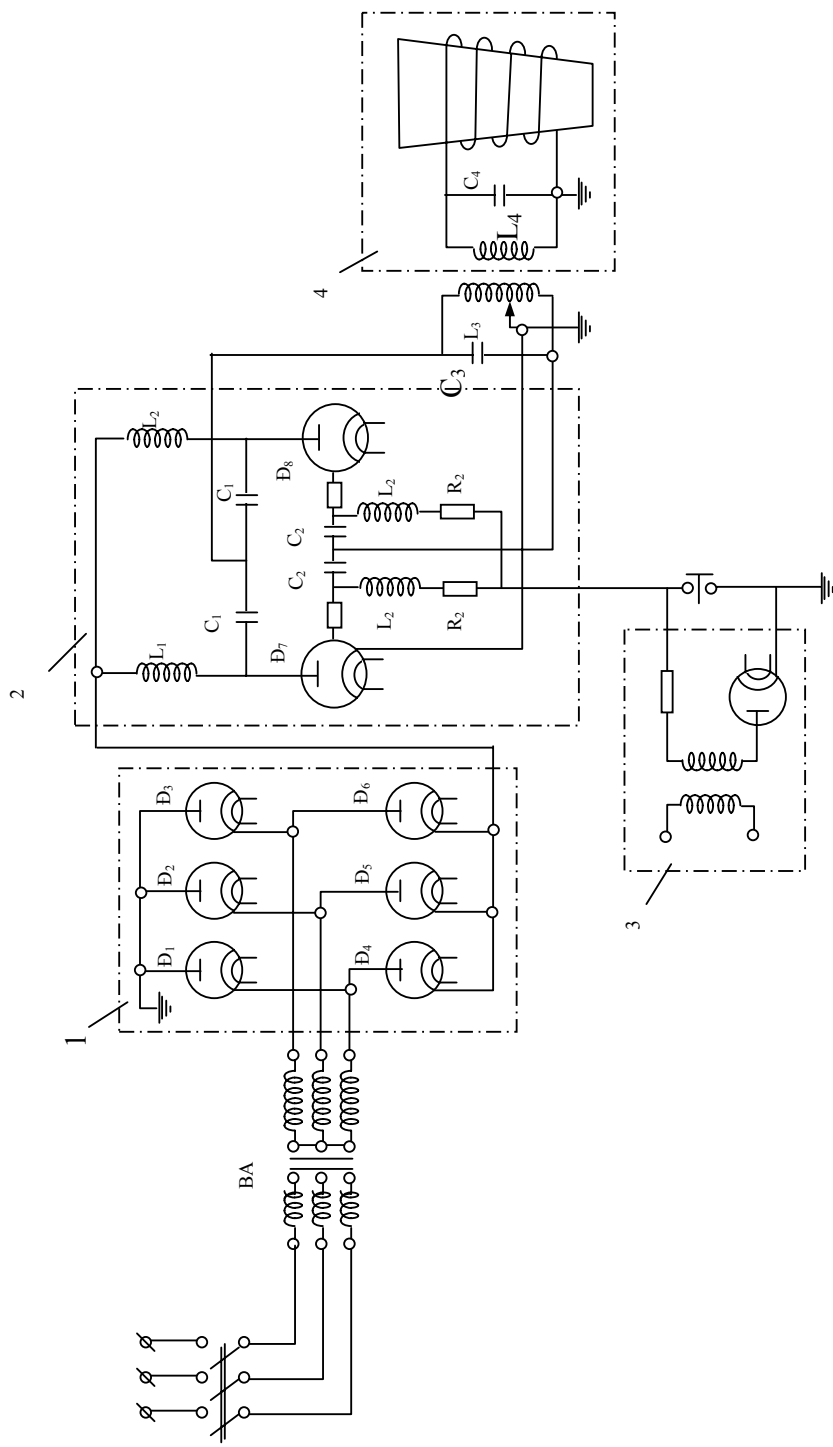
Trong đó:

H - chiều cao cuộn cảm ứng;

h - chiều cao kim loại trong nồi lò.

Vòng cảm ứng được làm nguội bằng nước, áp suất nước  $\sim 1$ atm, nhiệt độ nước ra khoảng  $35 - 45^\circ$ .

Tụ điện cuộn cảm ứng: để giảm công suất máy phát điện cung cấp cho lò và nâng hệ số  $\cos\varphi$  (thường không quá 0,15) người ta thường mắc song với cuộn cảm một hệ thống tụ điện (gọi là tụ bù). Khi mắc tụ bù, góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp sẽ giảm, hệ số  $\cos\varphi$  tăng và dần tới 1.



Hình 5.2 Sơ đồ hệ thống điện của lò cảm ứng  
 1) Bộ chỉnh lưu anốt 2) Máy phát cao tần 3) Chỉnh lưu phụ 4) Mạch lò nấu

Điều kiện để đạt  $\cos\varphi = 1$  là:

$$C = \frac{1}{4\pi^2 f^2 L}$$

Trong đó:

C - điện dung của tụ bù;

f - tần số dòng điện;

L - độ tự cảm của cuộn cảm.

Hình 5.2 trình bày sơ đồ mạch điện với máy phát đèn điện tử của một lò điện cảm ứng.

Mạch điện gồm: biến áp anôt BA, bộ chỉnh lưu anôt (1), máy phát cao tần (2), bộ chỉnh lưu phụ (3) và mạch lò nấu (4). Bộ chỉnh lưu anôt dùng sáu đèn gadotron ( $D_1 \div D_6$ ), biến áp cao tần gồm hai cuộn dây  $L_3$  và  $L_4$ .

**b) Bộ phận lò:** gồm nồi lò, khung lò và thiết bị nghiêng lò. Bộ phận quan trọng nhất là nồi lò, nó có ý nghĩa rất lớn về kinh tế và kỹ thuật. Ngoài các yêu cầu chung, nồi lò cảm ứng còn phải đảm bảo yêu cầu thành mỏng, không dẫn điện để giảm bớt tổn thất điện, dễ chế tạo, sửa chữa.

Nồi lò axit: được đầm bằng cát thạch anh, thành phần:  $\text{SiO}_2$ : 99 ÷ 99,5%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ : ≤ 0,5%,  $\text{CaO}$ : ≤ 0,25%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ : 0,2%, độ ẩm: 0,5%. Độ hạt và tỉ lệ trộn như sau:

Thạch anh cỡ hạt 5 ÷ 6 mm : 25%.

Thạch anh cỡ hạt 2 ÷ 3 mm : 20%.

Thạch anh cỡ hạt 0,5 ÷ 1 mm : 30%.

Thạch anh bột : 25%.

Axit boric kỹ thuật : 1,7 ÷ 2 %.

Độ bền nồi lò axit tương đối cao, với lò dung tích 1,4 tấn có thể dùng được 150 mẻ.

Nồi lò bazơ: được đầm bằng hỗn hợp cát manhêdit hàm lượng  $\text{MgO} \geq 85\%$ , ≤ 4%  $\text{SiO}_2$ , ≤ 0,1%  $\text{CaO}$ , ≤ 1%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , ≤ 2%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Chất dính là axit boric, đất sét hoặc nước thủy tinh. Thành phần hỗn hợp khô:

Cát manhêdit : 90 ÷ 94,5%.

- Đất sét chịu lửa : 5 ÷ 9%.
- Axit boric : 1 ÷ 1,5%.
- Lượng nước : 5 ÷ 7% (so với khối lượng khô).

Độ bền nồi lò bazơ thấp hơn lò axit, thường chỉ vào khoảng 10 ÷ 100 mẻ, lò càng lớn tuổi thọ càng thấp.

Nồi lò có thể đun trực tiếp hoặc đun ở ngoài sau đó đưa vào. Khi đun trực tiếp, đầu tiên đặt lớp cách nhiệt amiăng vào phía trong cuộn cảm ứng và đáy, phủ lớp hỗn hợp đắp đáy nồi dày khoảng 20 ÷ 40 mm xuống đáy rồi đầm chặt. Tiếp tục đặt khuôn đắp nồi vào và cho hỗn hợp vào từng lớp và đầm chặt. Khuôn đắp nồi chế tạo bằng thép tấm có khoan lỗ đường kính ~ 3 mm, vỏ nồi lò bằng thép dày 5 ÷ 7 mm.

Sau khi đun xong có thể sấy sơ bộ bằng củi hoặc than sau đó sấy bằng điện trực tiếp trong lò. Quá trình sấy và thiêu kết lò gồm các giai đoạn:

- + Sấy khô: làm bốc hơi ẩm, nhiệt độ sấy 100 ÷ 150°C.
- + Làm bốc hơi nước hydrat: nhiệt độ nung 600 ÷ 800°C, thời gian ≥ 30 phút.
- + Thiêu kết: nhiệt độ bằng nhiệt độ nóng chảy của kim loại, thời gian ≥ 30 phút.

Sau khi nấu lần đầu, nồi lò được thiêu kết còn vỏ lò cháy luôn. Sau hai ba lần nấu thì nồi lò được thiêu kết hoàn toàn.

Kích thước cuộn cảm và nồi lò của lò cảm ứng không lõi cho ở bảng 5.1.

Bảng 5.1 Kích thước cuộn cảm và nồi lò phụ thuộc dung tích lò.

Công suất máy phát (kw)	Dung tích lò (kg)	Kích thước cuộn cảm (mm)		Kích thước lò (mm)			
		Cao	Đường Kính trong	Chiều sâu	Chiều dày đáy	Chiều dày thành	
						Trên	Dưới
1400	8000	1300	1380	1200	200	110	150
1400	5000	1170	1180	1100	140	100	130
1200	4000	1100	970	970	500	90	125
680	1400	830	720	720	200	90	130
150	250	650	560	560	304	30	48

### **5.3. Công nghệ luyện thép trong lò cảm ứng**

Khi nấu thép trong lò điện cảm ứng, yêu cầu phải biết thành phần hóa học của nguyên liệu đem nấu cũng như phối liệu mẻ liệu chính xác, vì thời gian nấu nhanh chỉ có thể phân tích kịp C và Mn hoặc C và Si.

Kích thước liệu cần phù hợp với dung tích lò và tần số dòng điện, lò càng lớn và tần số dòng điện càng bé yêu cầu kích thước liệu càng lớn. Kích thước liệu nhỏ nhất như sau: lò tần số 500Hz kích thước liệu ~ 20 mm, lò tần số 1.000 Hz kích thước liệu ~ 10 mm, lò tần số 10.000 Hz kích thước liệu ~ 5 mm.

Khi chất liệu, xếp liệu càng chặt càng tốt, liệu được sấy trước thì nấu chảy sẽ nhanh hơn vì từ 750°C trở lên thép thấm từ tốt hơn.

Trong giai đoạn nấu chảy, nhiệt độ vùng sát thành nồi cao hơn ở giữa lò, giữa lò cao hơn ở vùng đáy, còn nhiệt độ vùng trên sát với xỉ thấp nhất. Do nhiệt độ vùng dưới cao hơn vùng trên nên khi liệu vùng dưới đã chảy lỏng, vùng trên chưa chảy lỏng có thể gây ra hiện tượng treo liệu, để khắc phục hiện tượng này có thể dùng khí oxy thổi vào mặt trên.

Trong lò cảm ứng, sau khi nấu chảy xong thường tiến hành điều chỉnh thành phần, khử oxy và ra thép.

### **5.4. Thiết bị và công nghệ nấu thép trong một số lò điện khác**

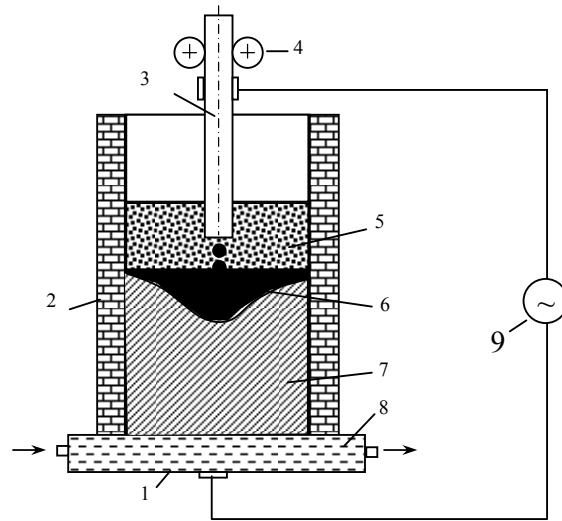
#### **5.4.1. Nấu thép trong lò điện xỉ**

Lò điện xỉ dùng để luyện lại nhằm nâng cao độ sạch của thép, sơ đồ nguyên lý cấu tạo của lò trình bày trên hình 5.3.

Lò gồm đáy lò (1) được làm nguội bằng nước, tường lò (2) xây bằng gạch chịu lửa. Điện cực kim loại (3) là kim loại cần nấu lại có thể nâng lên hạ xuống nhờ cơ cấu nâng hạ điện cực (4). Nguồn điện (9) được nối với đáy lò và điện cực.

Nguyên lý làm việc: sau khi nạp chất tạo xỉ vào lò, gây hồ quang, nhiệt của hồ quang làm nóng chảy xỉ tạo ra lớp xỉ lỏng, khi điện cực tiếp xúc với xỉ lỏng hồ quang tắt, dòng điện tiếp tục chạy qua lớp xỉ lỏng có điện trở lớn làm phát sinh nhiệt, tiếp tục làm nóng chảy điện cực kim loại. Các giọt kim loại lỏng đi qua lớp xỉ sẽ được khử tạp chất và tập trung xuống đáy. Do được làm nguội nhanh từ đáy, kim loại kết tinh định

hướng từ dưới lên trên làm cho tạp chất tiếp tục bị đẩy lên phía trên, nhờ đó thu được thỏi kim loại có độ sạch cao.

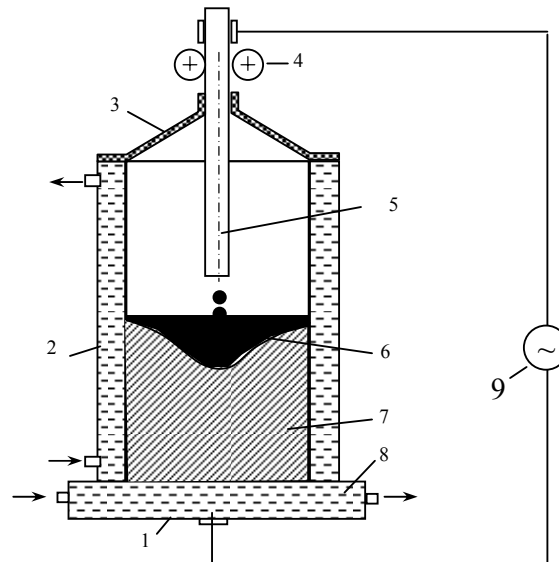


Hình 5.3 Sơ đồ nguyên lý lò điện xỉ

- 1) Đáy lò 2) Tường lò 3) Điện cực 4) Cơ cấu hạ điện cực 5) Xi  
6) Kim loại lỏng 7) Kim loại kết tinh 8) Nước làm nguội 9) Nguồn điện

#### 5.4.2. Nấu thép trong lò điện hồ quang chân không

Sơ đồ cấu tạo tương tự lò điện xỉ nhưng không dùng xỉ để tinh luyện mà dùng môi trường chân không.



Hình 5.4 Sơ đồ nguyên lý lò điện xỉ

- 2) Đáy lò 2) Tường lò 3) Chụp chân không 4) Cơ cấu hạ điện cực 5) Điện cực  
6) Kim loại lỏng 7) Kim loại kết tinh 8) Nước làm nguội 9) Nguồn điện

Tường lò (2) trước đây xây bằng gạch chịu lửa nhưng hiện nay thường được thay thế bằng hộp nước. Điện cực kim loại bị nóng chảy do nhiệt của hồ quang. Kim loại nóng chảy trong môi trường lò là chân không, tránh được hoà tan khí, đồng thời việc tách khí hoà tan triệt để hơn, kết hợp với kết tinh định hướng, tạp chất bị dồn lên phần trên của thỏi, ta thu được kim loại ở phần dưới có độ sạch rất cao.

Lò điện hồ quang chân không dùng để luyện thép siêu sạch, thép chất lượng cao.

## Chương VI

### LUYỆN THÉP TRONG Lò THỐI

#### 6.1. Đặc điểm và phân loại

Luyện thép trong lò thối (còn gọi là lò chuyên) là phương pháp luyện thép ra đời sớm nhất, qua nhiều giai đoạn phát triển, hiện nay vẫn được coi là một phương pháp luyện thép quan trọng trong lĩnh vực sản xuất thép. Lò thối sử dụng nguyên liệu kim loại là gang lỏng từ lò cao hoặc lò đúc chuyển đến, bằng cách thổi không khí hoặc oxy vào gang lỏng để đốt cháy bớt các tạp chất chủ yếu trong gang để chuyển gang thành thép.

Nhiệt cấp cho lò gồm hai nguồn chính:

- + Nhiệt vật lý: do gang lỏng mang vào, nhiệt tích của thể xây lò;
- + Nhiệt hóa học: sinh ra do đốt cháy các tạp chất trong quá trình luyện.

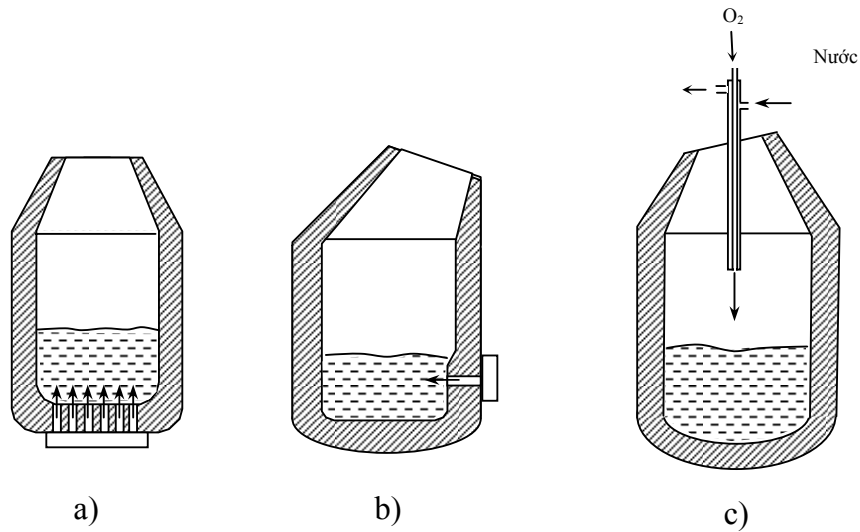
Theo phương pháp thổi, lò được phân ra ba loại chính:

- Lò thổi đáy: thổi không khí từ đáy, gồm:
  - + Lò Betsme: tường lò axit (lò thổi đáy axit).
  - + Lò Tômat: tường lò bazơ (lò thổi đáy bazơ)
- Lò thổi sườn: thổi không khí từ bên hông, gồm:
  - + Lò chuyển thổi sườn axit.
  - + Lò chuyển thổi sườn bazơ.
- Lò thổi đỉnh bằng oxy (lò LD): thổi oxy từ đỉnh

Một vấn đề hết sức quan trọng trong luyện thép lò thối là giải quyết nhiệt độ nước thép. Lượng nhiệt vật lý trong các trường hợp chênh lệch ít, nhưng lượng nhiệt hóa học thì rất khác nhau phụ thuộc vào phương pháp thổi và tính chất tường lò.

Trong lò thổi đáy axit (lò Betsme) và lò thổi sườn axit nguồn nhiệt hóa học chủ yếu là do đốt cháy Si, trong lò thổi đáy bazơ (lò Tômat) là P, trong lò thổi sườn bazơ là Si và P. Mặt khác, khi thổi đáy toàn bộ không khí lạnh đi qua kim loại lỏng nên tổn hao nhiệt lớn hơn khi thổi sườn. Nhiệt độ lò thổi đáy thấp, chất lượng thép không tốt nên hiện nay ít được sử dụng, trừ lò thổi đáy bazơ còn được sử dụng ở những vùng có gang nhiều P.





Hình 6.1 Sơ đồ nguyên lý các loại lò chuyển  
 a) Lò thổi đáy b) Lò thổi sườn c) Lò thổi đỉnh bằng oxy

Lò thổi đỉnh bằng oxy (lò LD: viết tắt Lintz Donawit nơi đầu tiên xây dựng lò LD) là phương pháp luyện thép ra đời sau nhưng tốc độ phát triển rất nhanh và trở thành một trong những phương pháp luyện thép chủ yếu hiện nay trên thế giới.

Ưu điểm của lò LD:

+ Phạm vi sử dụng nguyên vật liệu rộng: sử dụng được mọi loại gang lỏng luyện thép, ngoài gang lỏng có thể dùng cả thép vụn (có thể dùng tới 30% trong mẻ liệu) hoặc quặng sắt.

+ Nấu được nhiều loại thép: thép C, thép hợp kim thấp, một số mác thép hợp kim cao, chất lượng thép không thua kém thép lò mactanh.

+ Hiệu suất sản xuất cao: thời gian nấu luyện ngắn, năng suất cao (2 lò LD 40 tấn có sản lượng tương đương 4 lò Mactanh 250 tấn).

+ Vốn đầu tư xây dựng và chi phí sản xuất thấp (vốn đầu tư xây dựng chỉ bằng 40 ÷ 50 % , chi phí sản xuất chỉ bằng ~ 55% so với lò mactanh cùng sản lượng).

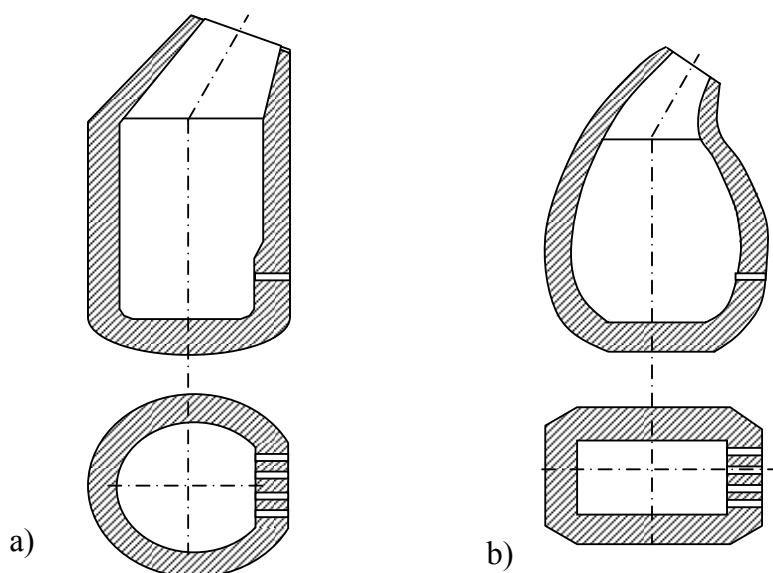
Nhược điểm của lò LD là bụi khói và cháy hao nhiều, mặt khác luyện thép từ gang có Si >1,5% hoặc P cao, luyện thép C > 0,6% có nhiều khó khăn.

Hiện nay, lò thổi đáy, nhất là lò thổi đáy axit ít được sử dụng, bởi vậy trong chương này chủ yếu giới thiệu thiết bị và công nghệ luyện thép trong lò thổi sừng và lò thổi đỉnh bằng oxy .

## 6.2. Luyện thép trong lò thổi sừng

### 6.2.1. Cấu tạo lò

Lò thổi sừng có hai dạng: dạng hình ống (hình 6.2a) và dạng hình tang trống (hình 6.2b).



Hình 6.2 Sơ đồ nguyên lý các loại lò chuyên  
a) Dạng hình ống b) Dạng tang trống

Lò dạng hình tang trống có ưu điểm:

- + Hình dạng phía trong phù hợp với sự chuyển động của khí nên tường lò mòn đều hơn;
- + Mặt gió dài bằng nhau và cách đều tường lò đối diện nên gió phân bố đều đặn hơn;
- + Hình dạng nội lò phù hợp với chuyển động của chất lỏng, thuận tiện cho chuyển động đối lưu, tăng tốc độ oxy hóa tạp chất;

+ Diện tích bề mặt lớn, chiều sâu cạn, thuận tiện cho sự tiếp xúc và phản ứng giữa thép lỏng và xỉ.

Tuy nhiên lò hình tang trống có cấu tạo phức tạp, nặng nề, chỉ thích hợp với lò dung tích lớn, còn các loại lò dung tích dưới 5 tấn thường hay dùng lò dạng hình ống.

### 6.2.2. Công nghệ luyện thép trong lò chuyển thổi sừng bazo

#### a) Đặc điểm

Ưu điểm của phương pháp luyện thép trong lò chuyển thổi sừng bazo:

- + Hàm lượng P trong gang lỏng cho phép thay đổi trong phạm vi rộng (0,1 ÷ 1,0%);
- + Có khả năng khử S;
- + Không cần giai đoạn thổi sau để khử P;
- + Thiết bị đơn giản, vốn đầu tư thấp, thời gian xây dựng nhanh;

Nhược điểm:

- + Nhiệt hóa học thấp, diện tích tỏa nhiệt của lò khá lớn do đó để đảm bảo nhiệt độ thao tác cần dùng gang lỏng có nhiệt độ cao;
- + Độ bền tường lò thấp;
- + Hao tổn gang lớn do cháy hao và bắn tóe;
- + Chất lượng thép thường không ổn định.

#### b) Chế độ thổi luyện: gồm chế độ gió, chế độ nghiêng lò và chế độ xỉ.

Chế độ gió: chế độ gió phụ thuộc dung tích lò, thành phần nước gang, nếu chọn gió có lưu lượng lớn và áp suất cao thì thời gian nấu luyện ngắn, nhưng nếu chọn quá cao thì gây bắn tóe kim loại và xỉ. Lưu lượng gió hợp lý xác định theo công thức:

$$Q = \frac{W}{\tau} \quad [\text{m}^3/\text{phút}]$$

Trong đó:

W - lượng không khí cần thiết trên một tấn gang lỏng, đối với gang photpho thấp

$$W = 500 \text{ m}^3/\text{tấn}.$$

$\tau$  - thời gian thổi (phút), thông thường  $\tau = 18 \div 22$  phút.

Áp suất gió cần đủ để khuấy trộn được kim loại, nếu quá thấp khu vực phản ứng tập trung trên bề mặt gần mắt gió làm tằm thực mắt gió, nếu quá cao lại phá hủy áo lò. Áp suất gió phụ thuộc dung tích lò tham khảo bảng 6.1.

Bảng 6.1 Áp suất gió khi thổi luyện

Dung tích lò (tấn)	Áp suất gió (atm)
0,5	0,15 ÷ 0,2
1,0 ÷ 1,5	0,2 ÷ 0,25
3,0	0,30
6,0	0,40
10	0,60

Chế độ nghiêng lò: một đặc điểm quan trọng của luyện thép trong lò thổi sừng là là có thể dùng chế độ quay nghiêng lò trong quá trình thổi luyện để thay đổi độ sâu thổi luyện (khoảng cách từ mắt gió đến mặt thoáng nước thép trong lò).

Tùy thuộc độ sâu thổi luyện người ta chia ra:

+ Thổi treo: mắt gió nằm trên mặt thoáng nước thép, khoảng cách từ mép dưới mắt gió đến mặt thoáng nước thép > 20 mm.

+ Thổi mặt: mắt gió nằm trên mặt thoáng nước thép, khoảng cách từ mép dưới mắt gió đến mặt thoáng nước thép từ 0 ÷ 20 mm.

Thổi nông: mắt gió nằm dưới mặt thoáng nước thép, khoảng cách từ mép trên mắt gió đến mặt thoáng nước thép từ 0 ÷ 60 mm.

Thổi sâu: mắt gió nằm dưới mặt thoáng nước thép, khoảng cách từ mép trên mắt gió đến mặt thoáng nước thép từ > 60 mm.

Khi thổi treo, mắt gió nằm trên mặt thoáng nước thép và cách xa mặt thoáng nước thép, khả năng khuấy trộn nước thép của dòng khí kém, vôi bị thổi dạt về phía tường đối diện mắt gió, dẫn đến khó tạo xỉ không lợi cho việc khử P và S, đồng thời làm tăng sự ăn mòn tường lò, Fe bị oxy hóa nhiều và dễ gây bắn tóe kim loại.

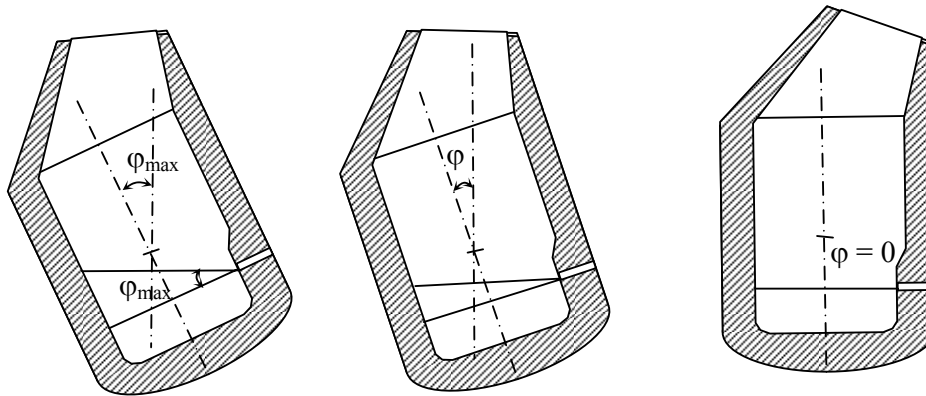
Khi thổi mặt, mắt gió nằm trên mặt thoáng nước thép và gần mặt thoáng nước thép, do đó khả năng khuấy trộn nước thép của dòng khí lớn, phản ứng cháy của

carbon hoàn toàn hơn, lượng FeO thích hợp cho tạo xỉ nên xỉ được tạo nhanh, thuận lợi cho việc khử P và S, thời gian nấu rút ngắn nên giảm [N] trong thép. Thổi mặt là thao tác cơ bản của lò chuyển.

Khi thổi nóng, mắt gió nằm dưới mặt thoáng nước thép, ít tạo ra FeO. Vì vậy khi xỉ chưa chảy lỏng không nên thổi nóng, khi xỉ đã chảy để tránh xỉ quá loãng gây bắn tóe có thể thổi nóng.

Khi thổi sâu, mắt gió nằm sâu dưới mặt thoáng nước thép, lượng FeO trong xỉ thấp nên xỉ khó chảy, làm tăng tổn hao nhiệt do nung không khí và tăng sự hòa tan khí, do vậy khi thổi luyện nên tránh thổi sâu.

Trong quá trình thổi luyện, do kim loại bị cháy hao, mặt thoáng nước thép hạ thấp liên tục, để duy trì chế độ thổi mặt cần phải có chế độ nghiêng lò chính xác. Hình 6.3 trình bày sự thay đổi góc nghiêng lò tại ba thời điểm khác nhau.



Hình 6.3 Sự thay đổi góc nghiêng lò để duy trì chế độ thổi mặt  
a) Lúc bắt đầu thổi b) Giữa quá trình thổi c) Cuối quá trình thổi

Để đảm bảo cuối quá trình thổi, mép dưới mắt gió và mặt nước thép cùng ở vị trí nằm ngang thì phải đảm bảo xác định chính xác góc chất liệu (góc giữa trục mắt gió và mặt nước gang khi chất liệu xong). Bảng 6.2 cho góc chất liệu thích hợp đối với một số lò thường dùng.

Bảng 6.2 Góc chất liệu thích hợp khi nấu thép trong lò thổi sừng

Dung lượng lò (tấn/mẻ)	Góc chất liệu $\varphi_{\max}$ (độ)	
	Lò thổi hình ống	Lò thổi hình tang trống
$\leq 3$	14 ÷ 22	8 ÷ 14
6	14 ÷ 20	6 ÷ 12

Chế độ xỉ: có ba chế độ xỉ: xỉ đơn, xỉ kép và xỉ lưu. Xỉ đơn là xỉ chỉ tạo một lần trong suốt mẻ nấu bằng cách cho vào cùng một lúc hay từng đợt nhưng suốt quá trình thổi luyện không cào xỉ.

Ưu điểm của tạo xỉ đơn là thao tác đơn giản, tiết kiệm thời gian và giảm nhẹ cường độ lao động. Để tạo xỉ đơn người ta cho vào lò đá vôi, với lượng dùng tổng cộng khoảng 50 ÷ 80 kg cho một tấn thép, lượng xỉ khoảng 10 ÷ 15% khối lượng thép, độ bazơ lúc ra thép B  $\approx$  3.

Xỉ đơn được sử dụng khi luyện thép cacbon thấp từ gang lỏng có %P thấp (%P < 0,20%) và %S, %Si đều thấp.

Xỉ kép là chế độ xỉ có hai lần tạo xỉ, trước khi thổi tạo xỉ đợt 1, sau khi bắt đầu thấy có ngọn lửa báo hiệu sự cháy của cacbon thì nghiêng lò, ngừng gió, cào xỉ đợt 1 (chứa nhiều SiO<sub>2</sub> và một phần P, S) ra, cho các chất tạo xỉ đợt 2 vào và tiếp tục thổi luyện. Độ bazơ của xỉ đợt 1 khoảng 1,0 ÷ 1,5, đợt 2 khoảng 2,0 ÷ 3,5.

Ưu điểm của xỉ kép là khử P và S hiệu quả hơn xỉ đơn, tiết kiệm được vôi (do cào bớt SiO<sub>2</sub> và P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), nhược điểm là tốn thêm thời gian, tăng tổn hao nhiệt lượng, giảm FeO trong xỉ.

Xỉ kép thường dùng khi gang có hàm lượng P và Si tương đối cao.

Xỉ lưu tương tự xỉ kép nhưng giữ một phần xỉ của mẻ trước làm xỉ đợt 1 cho mẻ sau, tùy theo %P và %S trong nước gang mà thêm đá vôi vào.

Ưu điểm của chế độ xỉ lưu là xỉ có tính oxy hóa, độ kiềm và nhiệt độ cao, chảy loãng tốt, tạo xỉ nhanh, xỉ chảy loãng tốt, thuận lợi cho việc khử P và S, tiết kiệm được vôi.

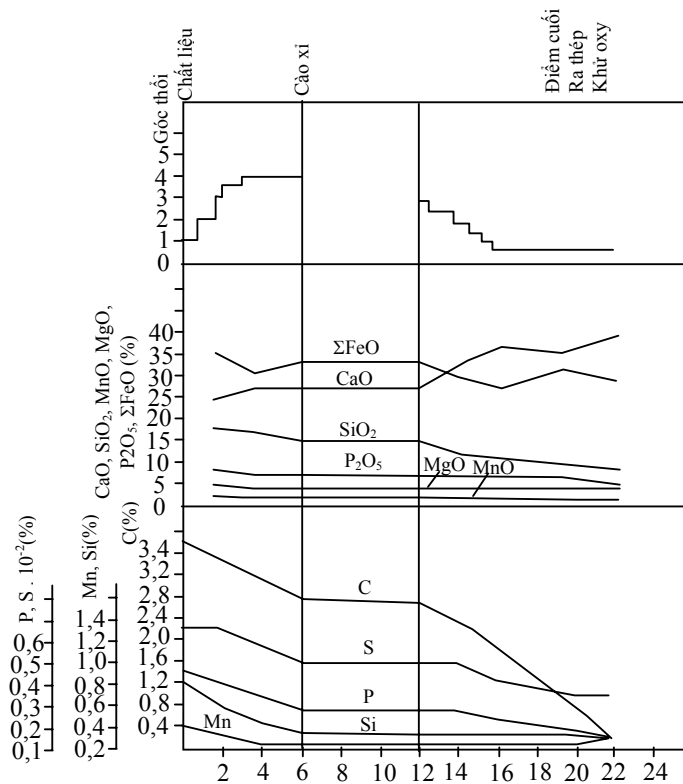
Xi lưu thường được dùng khi gang có hàm lượng P vừa và cao.

**c) Quá trình thổi luyện**

Thành phần nước gang dùng cho lò chuyển thổi sừng có thành phần như sau:

%C	%Si	%Mn	%P	%S
3,3 ÷ 4,2	0,5 ÷ 1,2	0,5 ÷ 1,0	0,15 ÷ 1,2	< 0,08

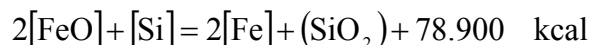
Lò chuyển trước khi nấu được sấy kỹ. Đầu tiên đổ than cốc đến 2/3 chiều cao lò, đốt than nung lò đến sáng trắng, sau đó cào hết than ra, đổ nước gang vào lò, thổi gió, dựng lò về vị trí thổi và bắt đầu quá trình thổi luyện. Quá trình biến đổi thành phần nước gang thành thép thể hiện trên hình 6.4.



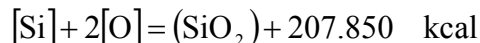
Hình 6.4 Thay đổi thành phần kim loại và xi trong lò chuyển thổi sừng bazic

Quá trình thổi luyện có thể chia ra hai thời kỳ:

+ Thời kỳ đầu: Fe, sau đó là Si, Mn bị oxy hóa, đôi khi P cũng bị oxy hóa. Các phản ứng:

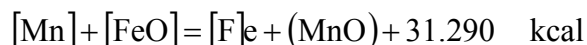


Kết hợp hai phản ứng trên ta có phản ứng:



Mỗi kilôgam Si cháy cho ta 7.420 kcal, lượng nhiệt này có thể tăng nhiệt độ 100 kg liệu từ 1300°C lên thêm 172°C nên nhiệt độ nước thép tăng rất nhanh.

Phản ứng đốt cháy Mn:



Hiệu ứng nhiệt của phản ứng oxy hóa Mn tương đối nhỏ chỉ đủ bù lượng nhiệt do gió mang đi nên ít ảnh hưởng đến nhiệt độ nước thép.

Các oxyt cũng tham gia phản ứng để tạo xỉ:



Trong giai đoạn này sau ít phút ta thấy khói nâu bay ra, sau đó là những hạt màu đỏ xám (hạt xỉ chứa SiO<sub>2</sub>).

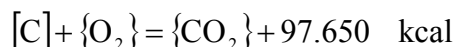
Do hiệu ứng nhiệt chủ yếu của phản ứng oxy hóa Si và một phần của các phản ứng khác nhiệt độ của lò tăng nhanh, khi nhiệt độ lò > 1470°C thì có ngọn lửa sáng (cacbon bắt đầu cháy), thì nghiêng lò, ngừng gió để tiến hành cào xỉ cũ và tạo xỉ mới rồi chuyển sang giai đoạn thứ 2.

+ Thời kỳ thứ 2: trong giai đoạn này C và P đồng thời bị oxy hóa, phản ứng oxy hóa P và C như sau:

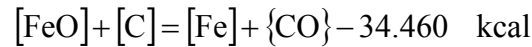
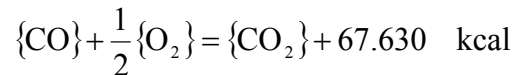
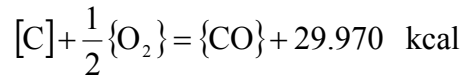


Phản ứng oxy hóa P tỏa ra lượng nhiệt khá lớn có tác dụng làm tăng nhanh nhiệt độ nước thép. Nói chung trong giai đoạn này P bị khử tới mức yêu cầu, thường không phải thổi thêm để khử P.

Phản ứng chủ yếu trong giai đoạn này là phản ứng cháy C:







Do có phản ứng cháy cacbon tạo thành CO rồi tiếp theo cháy thành CO<sub>2</sub> mà ở miệng lò ta thấy có ngọn lửa dài và sáng.

Thường người ta căn cứ vào ngọn lửa và tình hình phun bắn xỉ để phán đoán và điều chỉnh quá trình thổi luyện. Nếu ngọn lửa dài, mạnh và sáng thì nhiệt độ tốt, nếu ngọn lửa yếu, vàng thì nhiệt độ thấp cần có biện pháp xử lý kịp thời. Đối với xỉ, nếu hạt xỉ bắn ra đều và hạt nhỏ thì tốt, nếu xỉ bắn ra từng mảng chứng tỏ xỉ đặc cần điều chỉnh. Khi ngọn lửa bắt đầu thu ngắn lại, những hạt thép không phân nhánh và tạo tia lửa nữa, chứng tỏ %C đã xuống thấp, thì ngừng thổi gió để tiến hành khử oxy và ra thép.

Khử oxy được tiến hành sơ bộ trong lò, sau đó ra thép và khử oxy ngoài lò. Chất khử oxy sơ bộ là nhôm dưới dạng ferônhôm (lượng dùng 0,3 ÷ 0,7 kg/tấn thép) hoặc gang lỏng sạch (với lượng dùng 30 ÷ 50 kg/tấn thép). Chất khử oxy lần cuối là ferômagan, ferôsilic và nhôm sạch (lượng dùng 0,3 ÷ 0,7 kg/tấn thép).

#### d) Các biện pháp kỹ thuật nhằm nâng cao chất lượng nước thép

Nhiệt độ nước thép: qua phân tích ở trên ta thấy cân bằng nhiệt của lò thổi sừn không thiếu nhưng nếu không tận dụng hết nguồn nhiệt có thể dẫn tới thiếu nhiệt và gây nguội lò. Bảng 6.3 cho thấy ảnh hưởng của các yếu tố trong quá trình nấu luyện tới nhiệt độ nước thép tại điểm cuối quá trình.

Bảng 6.3 Các yếu tố ảnh hưởng đến nhiệt độ thép lỏng

Yếu tố ảnh hưởng	Độ tăng nhiệt độ cho 100 kg nước gang	Biến đổi thành nhiệt lượng có ích (kcal)	Biến đổi nhiệt độ nước thép	
			+ °C	- °C
Nhiệt độ gang lỏng	10°C	+ 143,4	7,81	
Nhiệt độ gió	10°C	+ 61,0	3,32	
Các bon oxy hóa *	0,1 kg	+ 208,0	11,33	

Phôthpho oxy hóa	0,1 kg	+ 397,0	21,70	
Silic oxy hóa	0,1 kg	+ 346,0	18,90	
Sắt oxy hóa	0,1 kg	+ 48,3	2,63	
Vôi**	1,0 kg	- 288,0		15,7
Vảy sẩy	1,0 kg	- 610,0		33,0
Thép vụn	1,0 kg	- 238,0		12,8
CO <sub>2</sub> trong vôi	1,0 kg	- 81,5		4,45
Độ ẩm của gió	18g/m <sup>3</sup>	- 64,1		3,50
Kéo dài thời gian luyện***	1 ph	- 111,0		6,0
Kéo dài thời gian ngoài lò	1 ph	- 70,0		4,0

Ghi chú: \* Các bon cháy thành CO: 37,5%, CO<sub>2</sub>: 62,5%.

\*\* Vôi khô khi nung thể tích giảm 2,793 %.

\*\*\* tính tiêu chuẩn là 21 phút.

Qua bảng trên ta thấy các giải pháp để nâng nhiệt độ nước thép là:

+ Nâng nhiệt độ nước gang: yêu cầu nhiệt độ nước gang từ 1280 ÷ 1350°C, nếu nâng lên > 1400°C có thể giảm %Si và rút ngắn thời gian thổi luyện.

+ Chọn thành phần nước gang thích hợp, thường chọn như sau:

$$\%(\text{Si} + \text{P}) = 1,4 \div 1,6 \%$$

$$\%\text{C} = 3,6 \div 4,2 \%$$

$$\%\text{Mn} = 0,4 \div 0,6 \%$$

$$\%\text{S} < 0,08 \%$$

+ Tăng tốc độ thổi luyện, rút ngắn thời gian chờ nước gang.

+ Đảm bảo độ kiềm thích hợp, giảm bớt lượng vôi không cần thiết, vôi cần nung chín và giữ thật khô.

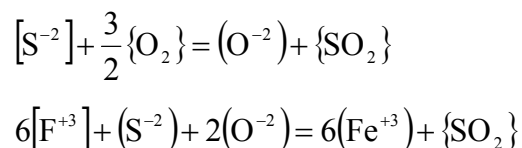
Khử P và S: trong lò chuyển thổi sừng bazic, việc khử P tiến hành nhờ xi, phản ứng khử:



Điều kiện để khử P tốt là độ kiềm phải cao, hàm lượng oxyt sắt cao và nhiệt độ thấp, do đó tốt nhất là khử P ngay giai đoạn đầu.

Trong lò chuyển thổi sừng bazơ, việc khử S tiến hành nhờ xỉ và khí hóa khử S. Điều kiện để khử S bằng xỉ có hiệu quả là: độ bazơ của xỉ cao, hàm lượng oxyt sắt trong xỉ thấp, nhiệt độ cao, trong đó vai trò của độ bazơ rất lớn.

Khi khử S bằng khí hóa, xét về mặt nhiệt động học chỉ có thể tiến hành qua xỉ:



Bởi vậy để khử S bằng khí hóa yêu cầu xỉ phải có tính linh động tốt.

Khả năng khử S của lò thổi sừng bazơ khá cao, khoảng 40 ÷ 60 %, tuy nhiên nếu %S trong gang quá cao thì sau khi thổi luyện vẫn có thể vượt quá giới hạn cho phép, vì vậy %S nên chọn trong khoảng 0,05 ÷ 0,08%.

Giảm tổn thất do thổi luyện và phun bắn: tổn thất kim loại trong lò thổi sừng bazơ rất lớn, có thể chia ra hai loại: tổn thất hóa học, tổn thất cơ học.

Tổn thất hóa học chiếm khoảng 2/3 tổng tổn thất, chủ yếu là do các tạp chất như Si, Mn, P, S và Fe bị oxy hóa, trong đó cần hạn chế oxy hóa sắt quá mức bằng cách tăng cường sự khuấy trộn nội lò, tránh hiện tượng thổi treo.

Tổn thất cơ học gây ra do những hạt kim loại bị lẫn lộn trong xỉ, bị cuốn theo khói lò và đặc biệt là do phun bắn ra ngoài, nhất là ở thời kỳ thứ hai khi cacbon cháy. Để giảm phun bắn cần chọn chế độ gió thích hợp, phản ứng khử C đúng lúc và hạn chế xỉ bằng các biện pháp sau:

- + Chọn chế độ gió thích hợp, bảo đảm nội lò khuấy trộn tốt;
- + Dùng nước gang chứa %Si thấp, nhiệt độ cao, đảm bảo nhiệt độ khử C;
- + Dùng xỉ kép, cào bớt xỉ axit ban đầu;
- + Thổi chìm hợp lý để hạ thấp  $\Sigma FeO$ ;
- + Xả bớt gió khi xảy ra phun bắn;
- + Đảm bảo dung tích lòng lò đủ lớn.

Chất lượng thép: chất lượng thép lò chuyển không được cao, chủ yếu do tạp chất phi kim:

+ Nitơ : nitơ tăng độ nhạy cảm hóa già của thép, hàm lượng nitơ trong thép phụ thuộc độ sâu thổi luyện, độ sâu thổi luyện càng lớn, %N trong thép càng lớn. Để giảm %N cần phải duy trì tốt chế độ thổi mặt.

Hyđrô: hyđrô trong thép lò thổi sùng tương đối thấp ( $\sim 2,5 \div 3,5$  ml/100g) nên ít quan tâm.

+ Oxy: lượng oxy trong thép càng cao khi %C còn lại trong thép càng lớn, muốn giảm hàm lượng oxy trong thép thì phải hết sức tránh thổi thêm hoặc thổi treo vào cuối thời kỳ nấu luyện.

+ Tạp chất: tạp chất trong thép lò thổi sùng chủ yếu là sản phẩm quá trình khử oxy. Nhiệt độ nước thép trong lò thổi sùng thấp nên rất khó khử tạp chất, do vậy muốn khử tạp chất cần nâng cao nhiệt độ nước thép, một biện pháp khác là tiến hành khử oxy sơ bộ trong lò.

### **6.2.3. Công nghệ luyện thép trong lò thổi sùng axit**

#### **a) Đặc điểm**

Trong sản xuất thép, lò thổi sùng axit được nhiều nước sử dụng, do có ưu điểm:

- + Hiệu ứng nhiệt cao, nhiệt độ nước thép cao;
- + Tường lò bền;
- + Năng suất cao;
- + Thao tác dễ, không đòi hỏi công nhân có tay nghề cao;
- + Vốn đầu tư thấp và thời gian xây dựng nhanh;

Nhưng lò axit có nhược điểm:

- + Chỉ luyện được thép từ gang có P và S thấp;
- + Cháy hao kim loại lớn.

Trong điều kiện nước ta, gang thường có hàm lượng P, S cao, trong khi việc đầu tư các thiết bị khử P, S ngoài lò khó thực hiện nên khả năng sử dụng lò chuyển thổi sùng axit rất ít có triển vọng.

## **b) Quy trình thổi luyện**

Quá trình thổi luyện trong lò thổi sừng axit có thể chia làm hai giai đoạn:

- Giai đoạn đầu: khi nhiệt độ lò chưa cao, sắt bị oxy hóa, sau đó Si, Mn bị oxy hóa mãnh liệt. Do hiệu ứng nhiệt của phản ứng oxy hóa (chủ yếu là oxy hóa Si) nhiệt độ lò tăng lên nhanh chóng. Quan sát miệng lò ta thấy: sau khi thổi 1 ÷ 2 phút có khói nâu bay ra báo hiệu sự oxy hóa sắt, sau đó khoảng 6 ÷ 8 phút xuất hiện ngọn lửa lúc đầu sẫm sau sáng báo hiệu cacbon bắt đầu cháy.
- Giai đoạn hai: do nhiệt độ lò đã tăng cao nên chủ yếu là cháy cacbon, quan sát miệng lò ta thấy ngọn lửa sáng, dài (có thể tới 3 ÷ 4 mét). Khi ngọn lửa lụi dần báo hiệu cacbon cháy đến giới hạn yêu cầu thì ngừng gió để tiến hành khử oxy.

Khử oxy lần đầu sử dụng ferômangan 70 cho vào nồi rót (lượng dùng 5 kg/1 tấn thép), tiếp theo dùng ferôsilic 45 khử tiếp (lượng dùng 5 kg/1 tấn thép) và khử oxy lần cuối bằng nhôm.

Nếu sản xuất thép hợp kim thì thứ tự cho vào lò như sau: Ni, Cu cho vào lò cùng với nước gang, Cr, V, Mg và các nguyên tố dễ bị oxy hóa khác thì cho vào thùng rót.

## **6.3. Luyện thép trong lò LD**

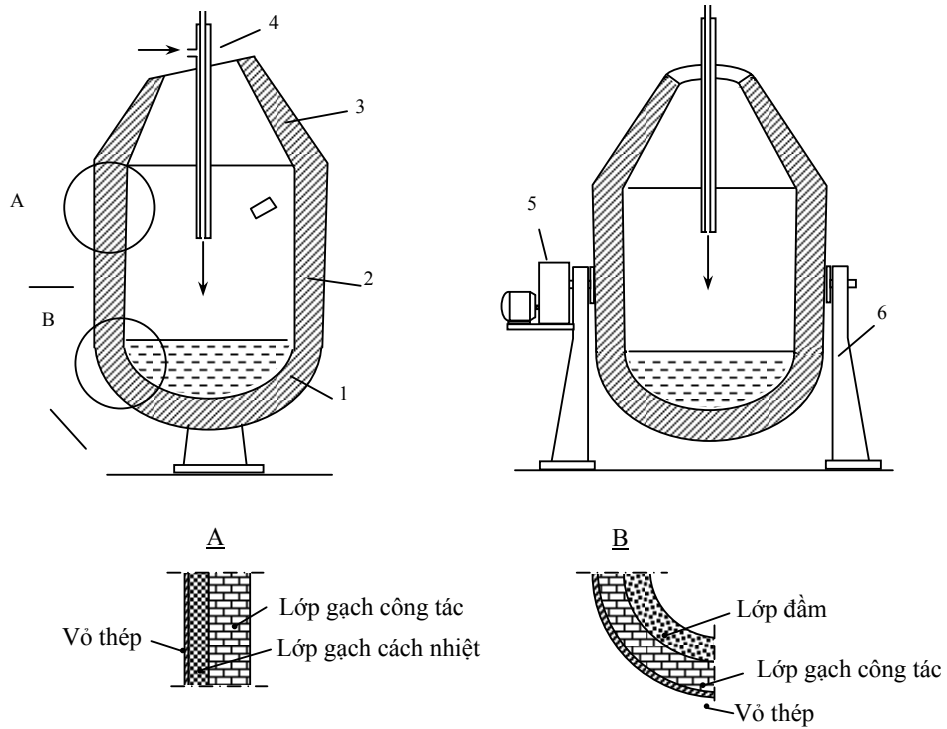
### **6.3.1. Cấu tạo lò**

Sơ đồ cấu tạo lò LD trình bày trên hình 6.5.

Bộ phận lò gồm ba phần: đáy lò hình chỏm cầu (1), tường lò hình trụ (2) và miệng lò hình côn vát (3). Vỏ lò chế tạo bằng thép tấm hàn hoặc tán rivê, toàn bộ lò đặt trên giá đỡ (6) và có thể quay quanh trục nằm ngang nhờ cơ cấu quay lò (5).

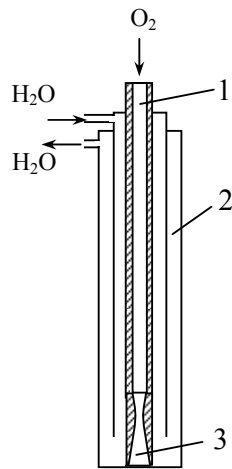
Thân lò tạo không gian công tác, gồm lớp gạch công tác xây bằng gạch manhêzit, lớp gạch cách nhiệt. Mũi lò dùng để định hướng khí chuyển động của khí thải, trên mũi lò có bố trí lỗ ra thép.

Để quay lò có thể dùng cơ cấu quay cơ khí hoặc thủy lực.



Hình 6.5 Sơ đồ cấu tạo lò LD  
 1) Đáy lò 2) Thân lò 3) Mũi lò 4) Thiết bị thổi oxy  
 5) Cơ cấu quay lò 6) Giá đỡ

Bộ phận thổi oxy có cấu tạo như hình 6.6, gồm ống thổi oxy (1), áo nước làm nguội (2) và đầu vòi phun (3). Đầu vòi phun (3) có prôfin dạng ống venturi cho phép tốc độ dòng khí phun ra đạt tốc độ siêu âm.



Hình 6.6 Cấu tạo ống thổi ôxy  
 1) Ống thổi 2) Áo nước 3) Đầu phun

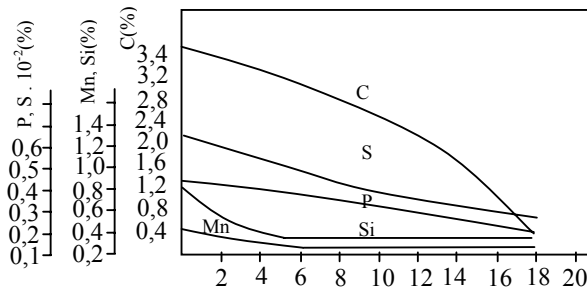
### 6.3.2. Quy trình luyện thép trong lò LD

Quy trình luyện thép trong lò LD gồm các giai đoạn:

- + Nạp liệu;
- + Oxy hóa;
- + Khử oxy;
- + Ra thép.

a) **Nạp liệu:** nạp gang lỏng, nạp chất tạo xỉ vào lò.

b) **Giai đoạn oxy hóa:** Sau khi nạp gang lỏng, đưa ống thổi oxy đi xuống cách mặt kim loại khoảng 450 ÷ 800 mm và tiến hành thổi oxy vào lò. Áp suất của khí oxy từ 6 ÷ 7 atm, lượng tiêu thụ khoảng 8 ÷ 10 lít/giây. Đầu tiên là Si, tiếp theo là Mn bị cháy rất nhanh, rồi C và P đồng thời, sau cùng là S.



Hình 6.7 Thay đổi thành phần kim loại trong lò LD

Trong quá trình thổi luyện, tốc độ oxy hóa các tạp chất xảy ra rất nhanh, nên nhiệt độ kim loại tăng rất nhanh, để giảm nhiệt độ người ta có thể cho thêm thép phế vào lò.

#### c) Khử oxy và hợp kim hóa

Để khử oxy dùng phương pháp khử lỏng, do không tạo được môi trường hoàn nguyên nên không thể dùng phương pháp khử khuếch tán.

Khi nấu thép hợp kim, sau khi khử oxy tiến hành pha các nguyên tố hợp kim.

d) **Ra thép:** di chuyển ống thổi ra khỏi lò, tiến hành quay nghiêng lò để ra thép.





## **Chương VII**

### **LUYỆN THÉP TRONG Lò MACTANH**

#### **7.1. Đặc điểm**

Phương pháp luyện thép trong lò mactanh (hay còn gọi là lò bằng) được sử dụng rộng rãi trong các nước công nghiệp phát triển.

Ưu điểm của luyện thép trong lò mactanh là:

- + Sử dụng được nhiều loại nguyên liệu kim loại ( gang thô, thép vụn và gang lỏng);
- + Sử dụng nguồn nhiệt bên ngoài nên chủ động về cân bằng nhiệt;
- + Luyện được nhiều loại thép với chất lượng tốt;
- + Dung tích lò lớn, đáp ứng được nhu cầu sản lượng lớn.

Nhược điểm:

- + Khí lò tham gia vào các phản ứng hóa học làm kim loại bị oxy hóa. Do đó hạn chế khả năng nấu các thép hợp kim;
- + Vốn đầu tư lớn, thời gian thi công và xây dựng dài;
- + Chi phí sản xuất lớn.

#### **7.2. Thiết bị**

##### **7.2.1. Cấu tạo**

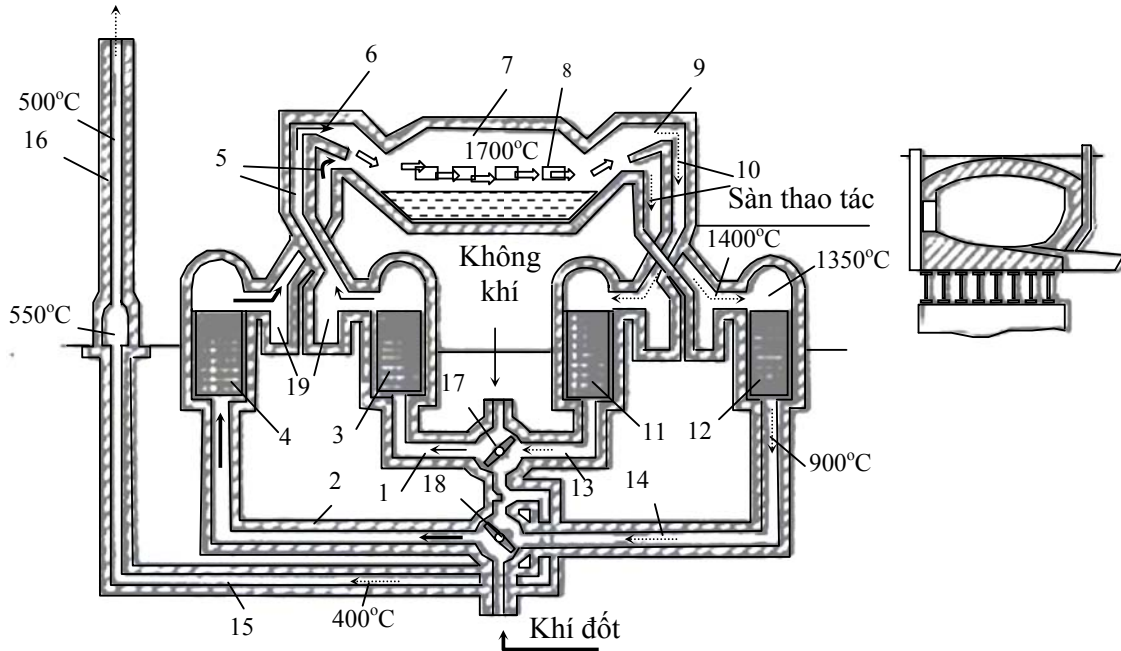
Trên hình 7.1 trình bày sơ đồ cấu tạo của lò mactanh. Các bộ phận cơ bản của lò gồm:

- + Buồng lò (bể luyện);
- + Hệ thống kênh dẫn không khí và khí đốt (đồng thời là hệ thống thoát khí thải);
- + Thiết bị hoàn nhiệt để nung nóng không khí và khí đốt;
- + Van đổi chiều không khí và khí đốt;
- + Khung đỡ lò.

##### **7.2.2. Nguyên lý làm việc**

Lò bằng làm việc theo chế độ hoạt động chu kỳ. Sau khi nạp liệu xong, mở van đổi chiều (17) và (18) để dẫn không khí và khí đốt theo các kênh dẫn bên trái qua các buồng hoàn nhiệt (3), (4) để được nung nóng. Sau khi được nung nóng tới nhiệt độ

~1100 ÷ 1300°C, không khí và khí đốt tiếp tục đi vào đầu lò bên trái, phun vào buồng luyện và bị đốt cháy, tạo thành ngọn lửa. Sau khi truyền nhiệt cho kim loại, khói lò theo các kênh dẫn ở đầu lò bên phải, đi qua các buồng trao đổi nhiệt (11) và (12) nung nóng gạch trong buồng hoàn nhiệt và tiếp tục qua van đổi chiều (17), (18) tập trung về cổng khói (15) và tới ống khói (16) thải ra môi trường.



Hình 7.1 Sơ đồ cấu tạo lò bằng

- 1,13) Cổng không khí 2,14) Cổng khí đốt 3,11) Buồng hoàn nhiệt không khí  
 4,12) Buồng hoàn nhiệt khí đốt 5,10) Kênh đứng 6, 9) Đầu lò 7) Buồng luyện  
 8) Cửa chất liệu 15) Cổng khói 16) Ống khói 17) Van đổi chiều không khí  
 18) Van đổi chiều khí đốt 19) Buồng lắng xỉ

Sau một thời gian nhất định khi nhiệt độ buồng trao đổi nhiệt (3), (4) ở bên trái nguội xuống dưới mức quy định và buồng trao đổi nhiệt bên phải đã được nung nóng đủ, tiến hành đảo chiều van (17) và (18) để dẫn không khí và khí đốt vào buồng luyện qua các kênh bên phải, lúc này các kênh bên trái đóng vai trò kênh dẫn khói. Tiếp tục lặp lại chu trình cho đến khi kết thúc nấu luyện.

Hiện nay đa số các lò mactanh công việc điều chỉnh chế độ nhiệt đều được tự động hóa.

### 7.3. Công nghệ nấu thép trong lò mactanh

#### 7.3.1. Nấu thép trong lò mactanh bazo

a) **Nguyên, nhiên, vật liệu:** nguyên vật liệu luyện thép trong lò mactanh bazo gồm: nguyên liệu kim loại thể rắn hoặc thể lỏng, chất oxy hóa, chất tạo xỉ, chất khử oxy.

Nguyên liệu kim loại: thép phế, gang thổi và các loại ferô hợp kim.

Nhiên liệu: khí đốt hoặc dầu.

Chất tạo xỉ: vôi, huỳnh thạch.

Chất oxy hóa: quặng sắt, vảy sắt.

#### b) Quy trình nấu luyện

Giai đoạn nấu chảy: sau khi nạp liệu, điều chỉnh van cấp khí đốt và không khí vào lò để đốt cháy thành ngọn lửa cấp nhiệt cho lò. Kim loại trong lò được nung nóng, sau đó chảy lỏng dần và tập trung xuống đáy bể luyện. Để tăng tốc độ nấu chảy, ngọn lửa thường được hướng về phía bề mặt kim loại trong bể luyện (chế độ truyền nhiệt trực tiếp). Trong giai đoạn nấu chảy Si hầu như bị oxy hóa hoàn toàn, còn Mn và P chỉ bị oxy hóa một phần.

Khi kim loại trong bể luyện hình thành, tiến hành cho vôi và các chất tạo xỉ vào lò để tạo xỉ. Sau khi nóng chảy xong, độ bazo của xỉ vào khoảng  $1,7 \div 2,2$ .

Giai đoạn oxy hóa: nâng nhiệt độ nước thép lên trên  $1560^{\circ}\text{C}$  và tiến hành cho quặng vào để tiếp tục oxy hóa các tạp chất và khử P, lượng quặng cho vào phải  $> 0,5\%$  trọng lượng nước thép. Trong giai đoạn này phản ứng oxy hóa cacbon là phản ứng chủ yếu xảy ra trong lò, tốc độ khử C khi nấu thép cacbon thường  $\geq 0,35\%$ /phút khi sôi quặng và khoảng  $0,15 \div 0,35\%$  khi sôi sạch.

- Giai đoạn khử oxy sơ bộ: để khử oxy sơ bộ dùng ferôsilic cho trực tiếp vào lò, lượng dùng tính theo  $0,15\%$  trọng lượng thép lỏng.

- Pha nguyên tố hợp kim: các ferôniken, ferômôlipđen, ferôvônfram cho vào trước giai đoạn tinh luyện và trước khi khử oxy khoảng 20 phút phải điều chỉnh xong thành phần. Ferôcrôm cho vào sau khi khử oxy sơ bộ, khi hàm lượng ferôcrôm trên

2% thì nên cho vào lò làm hai ba đợt, mỗi đợt cách nhau khoảng 5 phút, mẻ ferôcrôm cho vào sau cùng phải giữ lại trong lò ít nhất là 15 phút.

Khử oxy và hợp kim hóa trong thùng rót: các loại ferô dùng để khử oxy và hợp kim hóa ở trong thùng rót gồm có: ferôsilic, ferôtitan, ferôvanadi, silicôcanxi.

### **7.3.2. Nấu thép trong lò mactanh axit**

Khác với lò mactanh bazơ, khả năng oxy hóa của xỉ trong lò mactanh axit thấp, do đó nồng độ của oxy trong thép rất thấp, đồng thời không có khả năng khử P và S. Bởi vậy, nguyên liệu phải sạch về P và S ( $P \leq 0,03\%$ ,  $S \leq 0,03\%$ ) và nhiên liệu phải sạch về S.

Quy trình nấu luyện gồm các giai đoạn:

Nạp liệu: có thể nạp liệu nguội (khi dùng một lò) hoặc nạp liệu nóng (khi dùng hai lò). Khi nạp liệu nguội, nguyên liệu kim loại được chắt vào lò qua cửa chất liệu ở bên hông buồng luyện. Khi nạp liệu nóng (dùng hai lò), đầu tiên thép được nấu bằng liệu nguội trong lò thứ nhất (lò bazơ), sau đó rót thép lỏng bán thành phẩm vào lò thứ hai (lò axit) đã được nung nóng trước, thời gian nung trước từ 4 ÷ 6 giờ. Trước khi rót thép lỏng vào (trước khoảng 40 ÷ 90 phút), phải cho chất tạo xỉ vào buồng luyện.

Giai đoạn nấu chảy: tiến hành nấu chảy gang và thép vụn.

Giai đoạn oxy hóa: đốt cháy các tạp chất Si, Mn và C.

Người ta áp dụng hai phương pháp luyện trong lò axit: phương pháp hoàn nguyên Si (phương pháp thụ động) và phương pháp hạn chế hoàn nguyên Si (phương pháp chủ động).

Phương pháp hoàn nguyên Si là phương pháp mà khi luyện có sự hoàn nguyên Si từ xỉ và từ đáy lò (đáy lò thường đầm bằng cát thạch anh có thành phần ~97,4% SiO<sub>2</sub>). Khi luyện thép sôi, nhiều khi lượng Si hoàn nguyên đủ để khử oxy trong thép mà không cần cho thêm chất khử oxy.

Đặc điểm của phương pháp này thích hợp với các loại thép cacbon vừa. Khi luyện thép cacbon cao, do nhiệt độ luyện thấp tương đối thấp nên Si khó hoàn nguyên, cho nên khi cacbon đạt yêu cầu thì Si vẫn thiếu. Ngược lại, khi luyện thép cacbon thấp, nhiệt độ luyện tương đối cao, Si hoàn nguyên quá nhanh, làm cho nước thép tự

khử oxy, dẫn đến cacbon khó bị khử, thậm chí không thể giảm cacbon đến mức quy định.

Khi luyện theo phương pháp hoàn nguyên Si, do nhiệt độ lò khá cao nên Mn cũng được hoàn nguyên, trước khi khử oxy, hàm lượng Mn ~ 0,28%. Do vậy, khi luyện theo phương pháp này, lượng Si và Mn đủ để khử oxy, không cần thêm chất khử oxy hoặc dùng rất ít, nhờ đó chất lượng thép sẽ cao vì ít lẫn tạp chất do chất khử oxy mang vào.

Phương pháp hạn chế hoàn nguyên silic: trong quá trình nấu luyện, chủ động hạn chế sự hoàn nguyên của Si bằng cách thường xuyên cho quặng hoặc vảy sắt vào lò để nâng cao khả năng oxy hóa và giảm nhiệt độ của xỉ, hoặc bằng cách cho vôi vào để giảm lượng SiO<sub>2</sub> trong xỉ. Lượng Si hoàn nguyên chỉ từ 0,10 ÷ 0,12% và trước khi khử oxy lượng Si thường không vượt quá 0,17%.

Đặc điểm của phương pháp này là có thể luyện được tất cả các loại thép cacbon thấp, vừa và cao.



## **Chương VIII**

### **ĐÚC PHÔI THÉP**

#### **8.1. Phân loại và đặc điểm**

Đúc phôi là một khâu quan trọng trong quy trình sản xuất thép cán. Chất lượng phôi đúc ảnh hưởng lớn đến chất lượng của sản phẩm cán cũng như nhiều chỉ tiêu kinh tế, kỹ thuật khác.

Tùy thuộc quy mô sản xuất và vốn đầu tư, có thể sử dụng phương pháp đúc phôi bằng khuôn hoặc đúc liên tục.

Trong phương pháp đúc khuôn (hay còn gọi là đúc tĩnh), thép lỏng được rót vào khuôn định hình, nguội và đông đặc tạo thành thỏi có kích thước và hình dạng theo yêu cầu. Hình dạng và kích thước thỏi đúc phụ thuộc hình dáng và kích thước của lòng khuôn. Đặc điểm của đúc khuôn là vốn đầu tư thấp, nhưng năng suất thấp, tỉ lệ hao phí kim loại lớn, thường được ứng dụng khi sản lượng nhỏ và vừa.

Trong phương pháp đúc liên tục, thép lỏng được rót liên tục vào thùng kết tinh được làm nguội bằng nước, trong thùng kết tinh thép lỏng nguội nhanh và đông đặc tạo thành thỏi và được kéo ra khỏi thùng kết tinh một cách liên tục trong suốt quá trình đúc. Tiết diện ngang của phôi đúc phụ thuộc hình dạng tiết diện ngang của lòng thùng kết tinh, chiều dài phôi không hạn chế. Đặc điểm của phương pháp là năng suất cao, chất lượng phôi tốt, nhưng vốn đầu tư lớn, chỉ phù hợp khi sản lượng lớn.

#### **8.2. Lý thuyết về quá trình kết tinh**

Quá trình kết tinh của phôi đúc là quá trình vật lý phức tạp, hiểu rõ quá trình kết tinh cho phép ta tác động vào quá trình hình thành phôi, để đạt được cấu trúc kim loại theo mong muốn và hạn chế các khuyết tật có thể xảy ra.

Như chúng ta đã biết, sự kết tinh của thép lỏng cũng như kim loại nói chung, gồm hai quá trình xảy ra đồng thời:

+ Quá trình tạo mầm kết tinh: mầm tự sinh hoặc mầm có sẵn, là các tinh thể xuất hiện ban đầu có kích thước lớn hơn hoặc bằng một kích thước tới hạn để có thể tiếp tục phát triển (lớn lên) thành hạt tinh thể.

+ Quá trình phát triển tinh thể: tinh thể tiếp tục lớn lên và tạo thành hạt tinh thể.

Trong quá trình thép lỏng kết tinh, thường xảy ra nhiều hiện tượng liên quan đến sự hình thành phôi đúc như: co ngót, hòa tan và tiết khí, thiên tích ... ảnh hưởng lớn đến chất lượng phôi.

### 8.2.1. Điều kiện hình thành và lớn lên của tinh thể

Trong quá trình kết tinh thì năng lượng tự do của hệ sẽ giảm, tức là  $\Delta G < 0$ . Gọi  $\Delta f$  là biến thiên năng lượng tự do khi một đơn vị thể tích kim loại kết tinh ở độ quá nguội  $\Delta T$ , ta xác định được độ giảm năng lượng tự do của hệ do quá trình kết tinh một thể tích  $V$  gây ra:

$$\Delta G_v = -\Delta f \cdot V$$

Trong đó:

$\Delta G_v$  - biến thiên năng lượng tự do khi kết tinh;

$V$  - thể tích kim loại kết tinh;

$\Delta f$  - biến thiên năng lượng tự do đơn vị.

Mặt khác, khi tinh thể hình thành bề mặt tinh thể có diện tích  $S$  được tạo ra, năng lượng bề mặt xác định bởi công thức:

$$\Delta G_s = \sigma \cdot S$$

Tổng biến thiên năng lượng của hệ:

$$\Delta G = \Delta G_v + \Delta G_s = -\Delta f \cdot V + \sigma \cdot S \quad (8.1)$$

Giả sử tinh thể có dạng hình cầu bán kính  $r$ , thì thể tích ( $V$ ) và diện tích bề mặt ( $S$ ) của nó là:

$$V = \frac{3}{4} \cdot \pi r^3$$

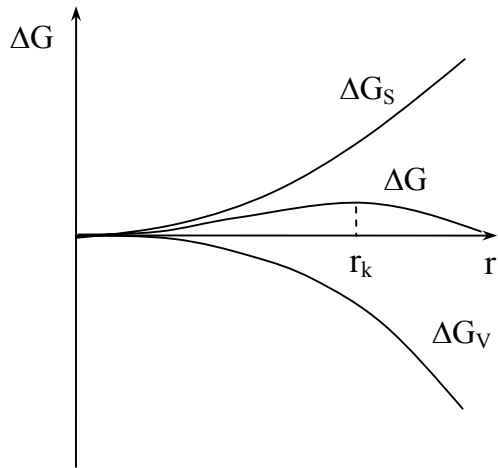
$$S = 4\pi r^2$$

Thay vào công thức (8.1), ta có:

$$\Delta G = -\frac{3}{4} \cdot \pi r^3 + \sigma \cdot 4\pi r^2$$

Biểu diễn  $\Delta G_v$ ,  $\Delta G_s$  và  $\Delta G$  trên đồ thị ta có hình 8.1.





Hình 8.1 Biến thiên năng lượng tự do của hệ khi kết tinh

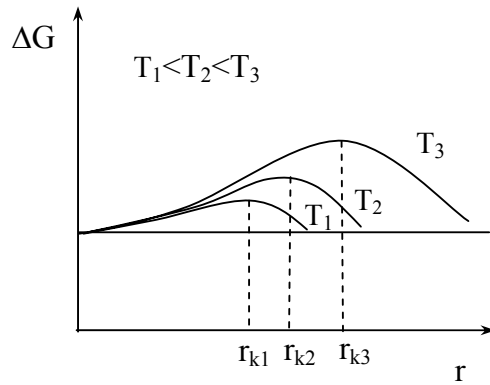
Từ đồ thị ta nhận thấy, với  $r < r_k$  khi tinh thể phát triển (lớn lên) thì năng lượng của hệ tăng do đó quá trình không thể tiếp tục. Ngược lại với  $r \geq r_k$  thì khi tinh thể phát triển thì năng lượng của hệ giảm do đó quá trình có thể tiếp tục. Người ta gọi  $r_k$  là kích thước tới hạn của mầm tinh thể, giá trị của nó xác định bởi biểu thức:

$$r_k = \frac{2\sigma}{\Delta f} \quad (8.2)$$

Vậy điều kiện để mầm tinh thể lớn lên là phải có kích thước ban đầu lớn hơn kích thước tới hạn.

Kích thước tới hạn của mầm phụ thuộc vào sức căng bề mặt  $\sigma$  giữa pha rắn (tinh thể) và pha lỏng (kim loại lỏng) và biến thiên năng lượng đơn vị  $\Delta f$  tức là phụ thuộc vào độ quá nguội  $\Delta T$ .

Hình 8.2 biểu diễn sự phụ thuộc của bán kính tinh thể giới hạn ứng với các nhiệt độ quá nguội khác nhau ( $T_1 < T_2 < T_3$ ), ta thấy khi độ quá nguội càng lớn thì kích thước tinh thể tới hạn càng nhỏ ( $r_{k1} < r_{k2} < r_{k3}$ ).



Hình 8.2 Sự phụ thuộc của bán kính tinh thể giới hạn vào nhiệt độ quá nguội

### 8.2.2. Quá trình kết tinh và tỏa nhiệt

Khi thép lỏng nguội từ nhiệt độ rót ( $T_r$ ) đến nhiệt độ kết tinh ( $T_0$ ) và kết tinh, sau đó nguội đến nhiệt độ phòng ( $T_f$ ), thì nhiệt lượng tỏa ra là:

$$Q = C_{p(L)}(T_r - T_0) + L_{kt} + C_{p(S)}(T_0 - T_f)$$

Hay  $Q = Q_3 + Q_2 + Q_1$

Trong đó:

$C_{p(L)}$  - nhiệt dung của thép ở trạng thái lỏng;

$C_{p(S)}$  - nhiệt dung của thép ở trạng thái rắn;

$Q_3$  - lượng nhiệt quá nhiệt;

$Q_2$  - lượng nhiệt kết tinh;

$Q_1$  - lượng nhiệt nguội.

Bảng 8.1 cho lượng nhiệt tỏa khi đúc một số loại phôi thép.

Bảng 8.1 Lượng nhiệt tỏa khi đúc một số loại phôi thép

Mác thép	Lượng nhiệt tỏa (j/g)		
	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$
C20	962,54	329,56	18,09
Sắt dẻo (Fe)	1056,08	276,33	24,12

Khi đúc khuôn thì lượng nhiệt tỏa ra từ lúc rót cho đến lúc thép đông đặc hoàn toàn (truyền qua thành khuôn và không khí) vào khoảng  $502,4 \div 628,0$  kJ/kg, còn khi đúc liên tục vào khoảng  $460,5 \div 502,4$  kJ/kg, trong đó truyền nhiệt qua thùng kết tinh khoảng  $160,5 \div 170,0$  kJ/kg, trong khu vực làm nguội lần thứ hai khoảng  $230,3 \div 251,2$  kJ/kg.

### 8.2.3. Quá trình kết tinh và co ngót thể tích

Khi nguội và kết tinh, thể tích thép lỏng giảm, người ta gọi hiện tượng đó là co ngót. Tổng thể tích co ngót của thép khi nguội và kết tinh xác định bởi công thức:

$$\Delta V = \Delta V_l + \Delta V_{kt} + \Delta V_r$$

Trong đó:

$\Delta V$  - tổng thể tích co ngót;

$\Delta V_l$  - thể tích co ngót ở trạng thái lỏng;

$\Delta V_{kt}$  - thể tích co ngót khi kết tinh;

$\Delta V_r$  - thể tích co ngót ở trạng thái rắn.

Độ co ngót của thép phụ thuộc vào nhiệt độ rót, thành phần hóa học của thép (xem bảng 8.2 và 8.3).

Bảng 8.2 Độ co của thép phụ thuộc hàm lượng cacbon

[C]	$\Delta V_l$ (%/100°C)	$\Delta V_{kt}$ (%)	$\Delta V_r$ (%)	$\Delta V$ (%)
0	1,51	1,98	3,49	
0,1	1,50	3,12	4,62	
0,2	1,5	3,34	4,89	
0,3	1,59	3,72	5,31	
0,4	1,59	4,03	5,62	
0,5	1,62	4,13	5,75	

Bảng 8.3 Độ co của thép phụ thuộc hàm lượng nguyên tố hợp kim

Hợp kim	Hàm lượng (%)	$\Delta V_l$ (%/100°C)	$\Delta V_{kt}$ (%)	$\Delta V_r$ (%)	$\Delta V$ (%)
Ni	9,44	0,25	3,40	6,07	9,72
Mn	8,5	2,28	0,44	6,15	8,87
Si	3,6	2,05	1,77	5,95	9,77
Cr	13,7	1,66	0,90	6,14	8,70
W	2,5	1,39	3,20	6,44	11,03

Từ bảng 8.2 và 8.3 ta nhận thấy độ co ngót của thép ở trạng thái lỏng không lớn (~ 1%), nhưng khi chuyển trạng thái khá lớn (~ 4%) và khi ở trạng thái rắn đạt tới 7 ÷ 8%.

#### 8.2.4. Quá trình kết tinh và thiên tích

Thiên tích là hiện tượng không đồng nhất về thành phần hóa học trong một vùng hoặc toàn khối kim loại kết tinh (thỏi thép hoặc phôi đúc). Do không đồng nhất về thành phần hóa học, cơ tính của thép trong vùng hoặc trong khối thép sẽ khác nhau do đó ảnh hưởng đến tính năng sử dụng của thép.

Để đánh giá mức độ thiên tích người ta đưa ra các khái niệm:

+ Độ thiên tích: 
$$A = \frac{C_{i\max}}{C_{i\min}}$$

+ Hệ số kết tinh lựa chọn: 
$$K = \frac{C_{il}}{C_{ir}}$$

+ Tỷ lệ thiên tích 
$$\%C_i = \frac{C_{i(l)} - C_{i(r)}}{C_{i(r)}} \cdot 100 \quad [\%]$$

Nguyên nhân gây ra thiên tích có thể do sự kết tinh có chọn lọc hoặc do sự phân ly theo trọng lượng. Khi kết tinh có chọn lọc, thành phần có nhiệt độ kết tinh cao kết tinh trước, thành phần có nhiệt độ kết tinh thấp kết tinh sau. Khi phân ly theo trọng lượng, thành phần nặng chìm xuống còn thành phần nhẹ thì nổi lên.

Căn cứ vào phạm vi thiên tích người ta chia thiên tích ra hai dạng:

- + Thiên tích vi mô: xảy ra trong phạm vi một tinh thể.
- + Thiên tích vĩ mô: xảy ra trong phạm vi một vùng hoặc toàn khối.

Thiên tích vi mô xảy ra do sự kết tinh có chọn lọc và tốc độ khuếch tán hạn chế, dẫn đến thân tinh thể giàu thành phần khó chảy, biên tinh thể giàu thành phần dễ chảy (thường là tạp chất). Thiên tích vi mô có thể khắc phục bằng cách ủ khuếch tán để làm đồng đều thành phần. Thiên tích vùng xảy ra do sự kết tinh có chọn lọc hoặc do phân ly trọng lượng. Thông thường thép được làm nguội từ ngoài vào trong, các thành phần có nhiệt độ chảy thấp và nhẹ hơn bị đẩy dần vào trong và nổi lên tạo thành vùng thiên tích.

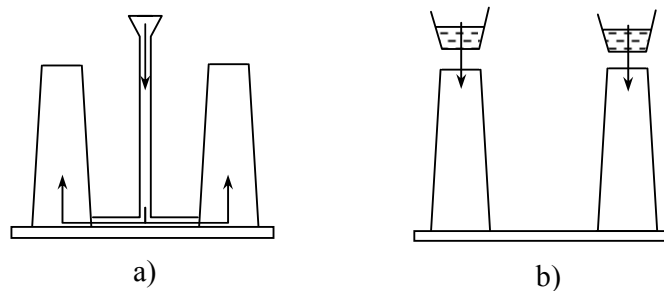
### 8.3. Thiết bị và công nghệ đúc khuôn

#### 8.3.1. Khuôn đúc

##### a) Phân loại

Khuôn đúc là thiết bị chính khi đúc thép thổi, theo phương pháp rót người ta chia ra:

- + Khuôn đúc dưới (xi phong).
- + Khuôn đúc trên.



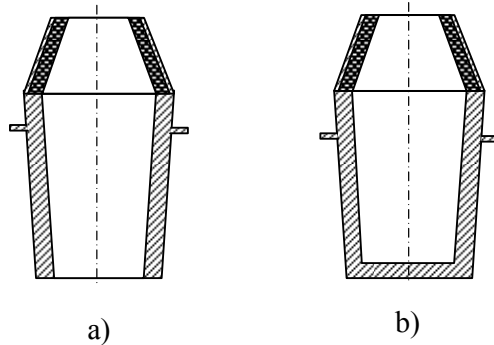
Hình 8.3 Phân loại khuôn đúc thổi  
a) Khuôn đúc dưới b) Khuôn đúc trên

Đúc dưới dùng hệ thống rót xi phong, dòng chảy kim loại vào khuôn êm, chất lượng bề mặt thổi tốt, đồng thời mỗi lần rót có thể đúc đồng thời nhiều thổi nên năng suất cao, nhưng tổn kim loại cho hệ thống rót (khoảng 6 ÷ 7%). Đúc trên mỗi lần đúc chỉ đúc được một thổi, đồng thời do kim loại rót từ trên xuống đáy khuôn chóng hỏng và kim loại bị bắn tóe nên chất lượng bề mặt thổi xấu hơn đúc đúc dưới.

### b) Cấu tạo khuôn

Khuôn đúc thổi chia làm hai loại khuôn đúc thép lắng và khuôn đúc thép sôi.

Khuôn đúc thép lắng có dạng trên to, dưới nhỏ, tiết diện ngang là hình tròn, vuông hoặc chữ nhật được chế tạo từ gang đúc chịu nhiệt hoặc gang cầu.

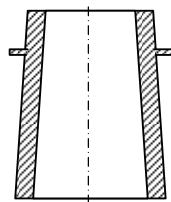


Hình 8.4 Cấu tạo khuôn đúc thép lắng  
a) Khuôn không đáy b) Khuôn có đáy  
1) Khuôn thổi 2) Tay khuôn 3) Mũ giữ nhiệt

Khuôn đúc thép lắng có thể không có đáy (hình 8.4a) hoặc không có đáy (hình 8.4b).

Khi đúc thép lắng, khuôn đúc thường có mũ giữ nhiệt, cấu tạo gồm một lớp vỏ thép bọc ngoài, bên trong xây gạch cách nhiệt. Khi kim loại kết tinh phần dưới được làm nguội nhanh kết tinh trước, phần trên nguội chậm kết tinh sau có tác dụng bù co cho phần dưới.

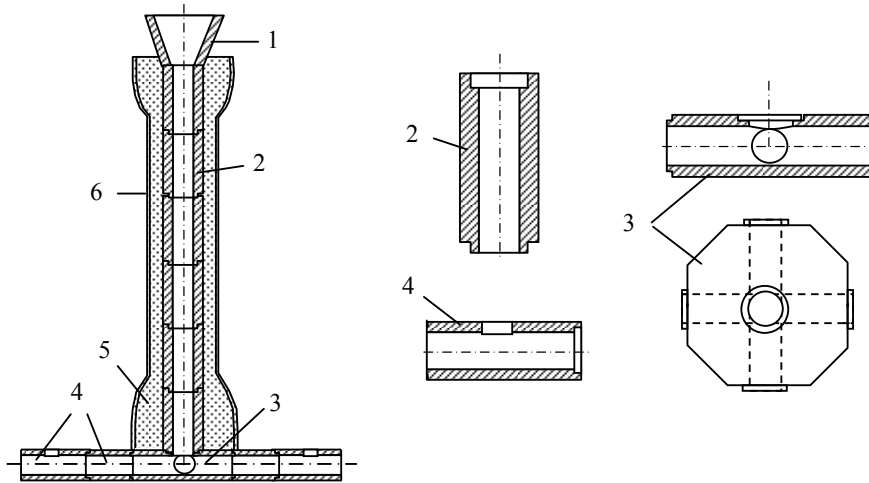
Khuôn đúc thổi thép sôi có dạng trên nhỏ, dưới to, tiết diện ngang tương tự khuôn đúc thép sôi nhưng thường nhỏ hơn.



Hình 8.5 Cấu tạo khuôn đúc thép sôi

### c) Ống rớt trung tâm

Khi rớt dưới người ta dùng ống rớt chung ở giữa gọi là ống rớt trung tâm, có cấu tạo như hình 8.6.

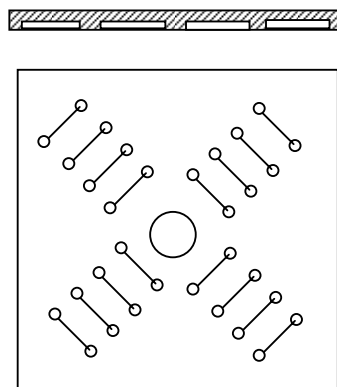


Hình 8.6 Ống rớt trung gian

- 1) Gạch phủ
- 2) Gạch ống rớt
- 3) Gạch phân nhánh
- 4) Gạch cổng rớt
- 5) Cát chèn
- 6) Thành ống rớt bằng gang

### d) Đĩa đúc

Đĩa đúc dùng để lắp đặt hệ thống rớt và khuôn đúc thời, được chế tạo bằng gang có dạng như hình 8.7

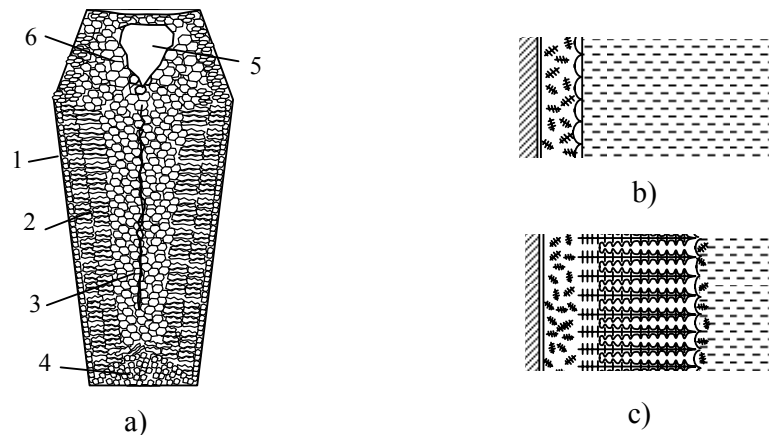


Hình 8.7 Đĩa đúc

### 8.3.2. Cấu trúc thỏi thép

#### a) Cấu trúc thỏi thép lỏng

Cấu trúc tinh thể: Rót kim loại vào khuôn, lớp kim loại lỏng tiếp xúc trực tiếp với thành khuôn được làm nguội rất nhanh, kim loại chịu một độ quá nguội lớn, đồng thời bề mặt nhám của thành khuôn tạo nên những tâm mầm kết tinh có sẵn nên tốc độ kết tinh rất lớn, tạo ra lớp tinh thể nhỏ mịn, đẳng trục, vô hướng.



Hình 8.8 Cấu trúc thỏi thép lỏng

a) Sơ đồ cấu trúc b) Giai đoạn kết tinh lớp ngoài

c) Giai đoạn kết tinh nhánh cây

1) Lớp tinh thể nhỏ mịn 2) Lớp tinh thể hình trụ 3) Vùng tinh thể đẳng trục

4) Vùng tinh thể ở đáy 5) Lỗ co 6) Vùng tinh thể thô đại

Tiếp theo, nhiệt độ thành khuôn tăng lên, đồng thời sự truyền nhiệt từ lớp trong ra ngoài đi qua lớp tinh thể mới kết tinh nhiệt độ còn rất cao, tốc độ truyền nhiệt giảm xuống, kim loại chịu một độ quá nhiệt không lớn như ban đầu nên tinh thể hình thành chậm hơn và phát triển theo hướng vuông góc với thành khuôn, tạo thành vùng tinh thể hình trụ (hay còn gọi là tinh thể nhánh cây).

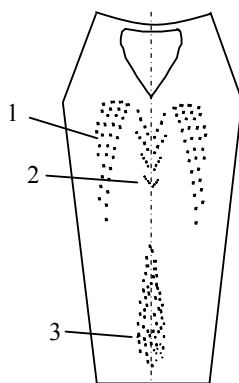
Khi toàn bộ kim loại lỏng chưa kết tinh phía trong đạt đến độ quá nguội cần thiết và kết tinh đồng thời, hình thành nên vùng tinh thể đẳng trục vô hướng thô đại (kích thước tinh thể lớn hơn nhiều so với kích thước tinh thể ở lớp ngoài cùng).

Ngoài ra, do truyền nhiệt qua đáy khuôn (đĩa đúc), ở đáy thỏi hình thành một vùng tinh thể nhỏ mịn hình chóp, còn ở vùng mũ nhiệt do tốc độ nguội chậm, kim loại



kết tinh sau cùng, một phần kim loại bù co cho phần thể tích kết tinh trước tạo thành lỗ co, phần còn lại kết tinh tạo thành vùng tinh thể xốp bao quanh lỗ co.

Thiên tích: trong thỏi thép đúc thường thấy rõ nhất là thiên tích của S, P và C. Lớp tinh thể nhỏ mịn ngoài cùng do kết tinh nhanh nên đồng đều và có thể coi là vùng không có thiên tích. Vùng tinh thể hình trụ, do kết tinh có chọn lọc và tốc độ khuếch tán hạn chế, ở tâm hạt tinh thể giàu nguyên tố khó chảy, ở biên giới hạt giàu nguyên tố dễ chảy, tạo thành thiên tích nhánh cây (thiên tích vi mô). Thiên tích vùng trong vật đúc thép, thường thấy rõ nhất là sự thiên tích của S, P. Khi nồng độ của các tạp chất nhiều hơn mức trung bình thì sự thiên tích đó được gọi là thiên tích dương, ngược lại gọi là thiên tích âm. Trong quá trình kết tinh các tạp chất như S, P vừa bị đẩy dần từ ngoài vào trong, vừa nổi dần lên trên tạo nên thiên tích hình chữ V ngược, ở vùng phía trên tâm thỏi do sự dịch chuyển của kim loại bù co hình thành nên thiên tích hình chữ V thuận. Dạng thiên tích hình chữ V ngược và chữ V thuận là thiên tích vùng dương. Ở phía dưới vùng tâm thỏi hình thành một vùng thiên tích âm, ở đó hàm lượng S, P thấp hơn mức trung bình.

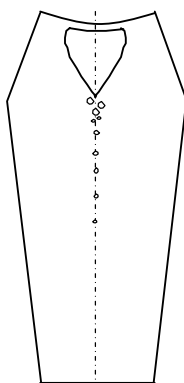


Hình 8.9 Thiên tích trong thỏi thép lắng  
1) Thiên tích chữ V ngược 2) Thiên tích chữ V thuận 3) Thiên tích âm

Như vậy, thỏi thép lắng thiên tích nhiều nhất là ở vùng giữa và vùng phía trên. Nếu thỏi càng lớn thì thời gian kết tinh càng lâu, tạp chất ở vùng giữa và vùng phía trên càng lớn. Mức độ thiên tích vùng phụ thuộc kích thước thỏi, tỉ lệ giữa bề rộng thỏi trên chiều cao càng lớn thì thiên tích vùng càng lớn.

Co ngót: do quá trình kết tinh xảy ra tuần tự từ ngoài vào trong nên khi lớp vỏ rắn hình thành, thể tích kim loại lỏng phía trong tiếp tục nguội và kết tinh, thể tích co lại, kim loại lỏng phía trên chảy xuống bù co, làm mực kim loại còn lại hạ xuống tạo thành khoảng trống, tiếp tục như vậy dần dần hình thành lỗ co có tiết diện hình phễu.

Khi quá trình kết tinh đạt đến gần tâm nhiệt, phần kim loại lỏng ở tâm còn lại ít và độ chảy loãng thấp không thể chảy xuống để bù co để lại những lỗ co kích thước bé nằm dọc tâm nhiệt gọi là xóp đường tâm.



Hình 8.10 Lỗ co trong thỏi thép lỏng

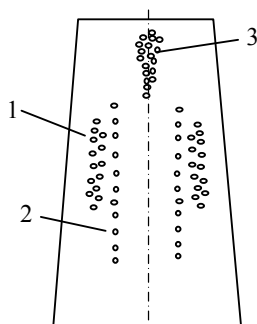
Thể tích và hình dạng lỗ co ảnh hưởng lớn đến suất thu hồi kim loại, nếu cùng một thể tích mà chiều cao lỗ co càng lớn thì suất thu hồi kim loại càng thấp

### **b) Cấu trúc thỏi thép sôi**

Cấu trúc tinh thể: Cấu trúc tinh thể của thỏi thép sôi có ba vùng rõ rệt: lớp tinh thể nhỏ mịn mặt ngoài, vùng tinh thể hình trụ và vùng tinh thể đẳng trục, vô hướng thô đại ở tâm. Do trong thép sôi có xảy ra phản ứng oxy cacbon, khí CO thoát ra tạo nên sự xáo trộn mạnh kim loại lỏng nên tinh thể nhánh cây bị cuốn gãy, làm cho lớp tinh thể nhỏ mịn ở mặt ngoài dày hơn trong thỏi thép lỏng.

Thiên tích: thiên tích trong thỏi thép sôi cũng gồm thiên tích nhánh cây và thiên tích vùng. Thiên tích vùng, do kết tinh từ ngoài vào trong và từ đáy lên, nên tạp chất vừa bị đẩy dồn vào trong, vừa bị đẩy lên trên nên ở phần đầu của thỏi tập trung nhiều tạp chất.

Bọt khí: lớp tinh thể nhỏ mịn ngoài cùng do kết tinh nhanh nên sít đặc và hầu như không có bọt khí. Sau khi hình thành lớp vỏ ngoài, các bọt khí tạo thành ở gần miệng khuôn (cách miệng khuôn khoảng dưới 1/3 chiều cao thỏi) có thể nổi lên và thoát ra ngoài, các bọt khí nằm phía dưới rất khó nổi lên nằm lại trong kim loại tạo thành những rỗ khí phân tán (rỗ tổ ong). Do quá trình kết tinh từ ngoài vào và sau đó là từ dưới lên, đồng thời do các bọt khí nổi lên, nên sau khi kết tinh hoàn toàn ở phần đầu của thỏi tập trung một vùng rỗ khí gọi là rỗ xóp.



Hình 8.11 Rỗ khí trong thỏi thép sôi  
 1) Rỗ khí tổ ong 2) Bọt khí lần 2  
 3) Rỗ xóp tập trung

Do trong thỏi thép sôi hình thành các bọt khí bù vào thể tích co ngót nên trong thỏi thép sôi không tạo thành lỗ co.

### c) Cấu trúc thỏi thép nửa sôi

Quá trình kết tinh và cấu trúc tinh thể của thỏi thép nửa sôi tương tự thép sôi. Tuy nhiên, do hạn chế được sự khuấy trộn của CO nên chất lượng cao hơn thép sôi, đồng thời có sự tạo bọt khí nên trong thỏi thép không có lỗ co, suất thu hồi kim loại tương tự thép sôi.

### 8.3.3. Công nghệ đúc khuôn

#### a) Công nghệ đúc thép lỏng

Nhiệt độ rót: do nhiệt độ bắt đầu và kết thúc kết tinh của mỗi mác thép là khác nhau nên cần xác định nhiệt độ rót cho từng mác thép. Công thức xác định nhiệt độ rót cho một mác thép có dạng:

$$t_{\text{đúc}} = t_{\text{Fe}} - \sum \Delta t_i n_i + \Delta t$$

Trong đó:

$t_{\text{Fe}}$  - nhiệt độ kết tinh của sắt;

$\Delta t_i$  - độ giảm nhiệt độ khi thêm vào 1% nguyên tố tạp chất (độ/1%);

$n_i$  - hàm lượng nguyên tố hợp kim có trong thép (%);

$\Delta t$  - độ quá nhiệt ( $^{\circ}\text{C}$ ), thường chọn  $30 \div 80^{\circ}\text{C}$ .

Bảng 8.4 Độ giảm nhiệt độ ứng với 1% nguyên tố tạp chất

Nguyên tố	$\Delta t_i$	Nguyên tố	$\Delta t_i$
C	70	Cr	5
Si	15	Ni	2
Mn	5	H	40
P	50	N	50
S	30		

Để đảm bảo nhiệt độ đúc, nhiệt độ ra thép phải cao hơn, đảm bảo sao cho bù đủ độ giảm nhiệt độ trong quá trình từ ra thép đến khi rót xong:

$$T_{\text{ra thép}} = t_{\text{đúc}} + \sum t_{\text{mất mát}}$$

Trong đó:

$$\sum t_{\text{mất mát}} = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4$$

$\Delta t_1$  - độ giảm nhiệt độ khi ra thép, vào khoảng  $2 \div 2,5^{\circ}\text{C}/\text{phút}$ ;

$\Delta t_2$  - độ giảm nhiệt độ khi vận chuyển, vào khoảng  $1,5 \div 2,0^{\circ}\text{C}/\text{phút}$ ;

$\Delta t_3$  - độ giảm nhiệt độ khi lắng thép, vào khoảng  $0,5 \div 1,5^{\circ}\text{C}/\text{phút}$ ;

$\Delta t_4$  - độ giảm nhiệt độ khi rót thép, vào khoảng  $1,0^{\circ}\text{C}/\text{phút}$ ;

Tốc độ rót: xác định bởi lượng kim loại rót vào khuôn trong một đơn vị thời gian (kg/s) hoặc bởi tốc độ dâng của kim loại trong khuôn (cm/phút). Nếu chọn tốc độ rót quá lớn có thể gây ra phá hỏng khuôn, gây bắn tóe kim loại và hút khí, nhưng nếu chọn quá thấp có thể làm cho kim loại điền đầy khuôn không tốt hoặc bề mặt thổi bị khộp và giảm năng suất. Thường chọn tốc độ rót theo sổ tay kinh nghiệm.

Chuẩn bị thiết bị: ở các nhà máy sản lượng lớn (>500.000 tấn/năm) khuôn đúc được lắp ráp trên xe gồng và chuyển tới vị trí rót, còn ở các nhà máy và xưởng đúc sản lượng bé (< 200.000 tấn/năm) khuôn đúc được lắp ráp ngay trên nền xưởng.

Việc lắp ráp khuôn tiến hành như sau:

+ Bôi khuôn: dùng dầu bôi khuôn (dầu cok) bôi lên mặt trong khuôn để dễ tháo khuôn và chống hình thành bọt khí dưới lớp vỏ thép. Khi tiếp xúc với thép lỏng, dầu cok cháy tạo ra khí CO hoặc CO<sub>2</sub> tạo thành màng khí chống thổi dính bám vào thành khuôn, đồng thời khí CO hoàn nguyên oxyt sắt trên bề mặt thép lỏng chống sự oxy hóa mặt ngoài thổi.

+ Lắp khuôn: khuôn được lắp theo trình tự sau: đầu tiên đặt đĩa đúc, tiến hành lắp gạch công rót, đặt gạch phân dòng, tiếp tục lắp gạch ống rót, phễu rót, sau đó lắp khuôn đúc thổi và mũ giữ nhiệt. Cuối cùng tiến hành kiểm tra và đậy nắp khuôn.

Để chống âm gây nổ khí, toàn bộ thiết bị luôn được duy trì ở nhiệt độ từ 80 ÷ 120°C.

Thao tác đúc: tiến hành ra thép, dùng thùng rót vận chuyển đến vị trí đúc và chờ lắng thép. Khi chờ thép lắng, để giảm mất nhiệt có thể dùng chất che phủ hoặc trấu, rơm, rạ ... rải lên bề mặt thùng rót. Sau khi thép hết sôi và đồng đều thành phần thì tiến hành rót khuôn. Thao tác rót khuôn yêu cầu phải chính xác và đảm bảo tốc độ rót. Dòng kim loại khi rót vào khuôn phải hướng đúng phễu rót và không được ngắt quãng. Khi thép lỏng dâng lên đến gần mũ giữ nhiệt, giảm bớt tốc độ rót để bổ sung ngọt và khi gần đầy mũ giữ nhiệt ngắt dòng chính xác tránh tràn ra ngoài. Để hạn chế mất nhiệt, khi rót gần hết dùng chất phát nhiệt gồm than cám, hạt Al và hạt ferôsilic phủ lên mặt. Sau khi rót, chờ kim loại kết tinh xong thì tháo khuôn. Theo công thức xác định chiều dày lớp kim loại kết tinh:

$$\xi = K\sqrt{\tau} \quad (8.1)$$

Trong đó:

$\xi$  - chiều dày lớp kết tinh (mm);

$\tau$  - thời gian kết tinh (phút);

K - hệ số làm nguội của thành khuôn (mm/phút<sup>1/2</sup>).

Với phôi tròn, từ công thức (8.1) ta xác định được thời gian để kết tinh hoàn toàn của phôi:

$$\tau = \left( \frac{D_{\text{phôi}}}{2K} \right)^2 \quad (8.2)$$

Trong đó:  $D_{\text{phôi}}$  là đường kính của phôi.

Thao tác tháo khuôn tiến hành như sau: đầu tiên tháo mũ giữ nhiệt, sau đó dùng thiết bị tháo khuôn tống thổi ra khỏi khuôn, kiểm tra chất lượng bề mặt của thổi và vận chuyển tới lò nung hoặc chờ nguội hẳn chuyển tới kho chứa.

Sau khi tháo phôi, khuôn được đưa trở lại vị trí đúc và tiến hành lắp ráp để tiếp tục đúc lần khác.

### **b) Công nghệ đúc thép sôi**

Công nghệ đúc thép sôi tương tự đúc thép lỏng, nhưng trong quá trình đúc cần lưu ý các vấn đề sau:

- + Tốc độ rót chậm hơn khi đúc thép lỏng để tạo điều kiện cho khí CO thoát ra.
- + Để hạn chế sự thiên tích, sau khi rót xong dùng nước dội lên xung quanh miệng khuôn hoặc dùng nắp gang đập kín miệng khuôn. Làm nguội miệng khuôn nhằm tạo ra lớp vỏ đúc trên mặt (hoặc đập khuôn), khi phản ứng oxy hóa cacbon xảy ra do CO không thoát được ra ngoài, tạo nên áp lực lớn không cho CO tiếp tục thoát lên, ngăn phản ứng tiếp tục xảy ra.

### **8.4. Đúc liên tục**

Đúc liên tục là phương pháp đúc có nhiều ưu điểm:

- + Năng suất cao và có thể cấp phôi liên tục cho phân xưởng cán;
- + Đúc trực tiếp ra phôi nên không cần qua khâu cán phá;
- + Hiệu suất thu hồi kim loại lớn (do không cần hệ thống rót, bù ngọt ...), hiệu suất thu hồi thường trên 95 ÷ 96%;
- + Tốc độ kết tinh của kim loại nhanh, tổ chức kim loại mịn đặc;
- + Chất lượng thép và chất lượng bề mặt phôi tốt, thiên tích ít;
- + Giảm diện tích mặt bằng sản xuất;
- + Dễ cơ khí hóa và tự động hóa;

+ Cải thiện điều kiện lao động và giảm ô nhiễm môi trường;

Do những ưu điểm trên, mặc dầu đòi hỏi vốn đầu tư lớn, phương pháp này vẫn được ứng dụng rộng rãi trong sản xuất phôi thép cán hiện nay.

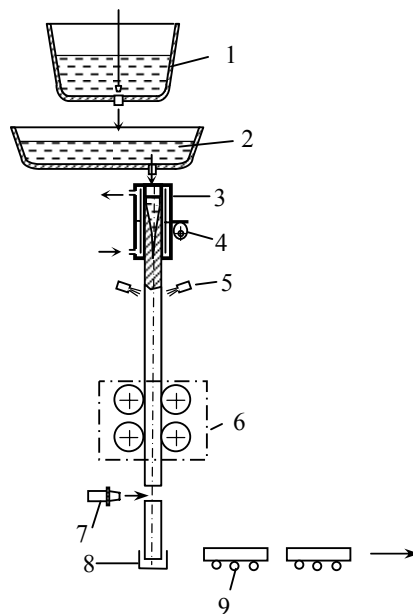
#### 8.4.1. Thiết bị

##### a) Sơ đồ

Hệ thống thiết bị đúc liên tục gồm các bộ phận chính sau:

- + Thùng rót;
- + Thùng rót trung gian;
- + Thùng kết tinh;
- + Bộ phận rung thùng kết tinh;
- + Bộ phận làm nguội lần hai;
- + Hệ thống kéo phôi;
- + Máy cắt phôi.

Trên hình 8.12 trình bày sơ đồ hệ thống đúc liên tục thẳng đứng.

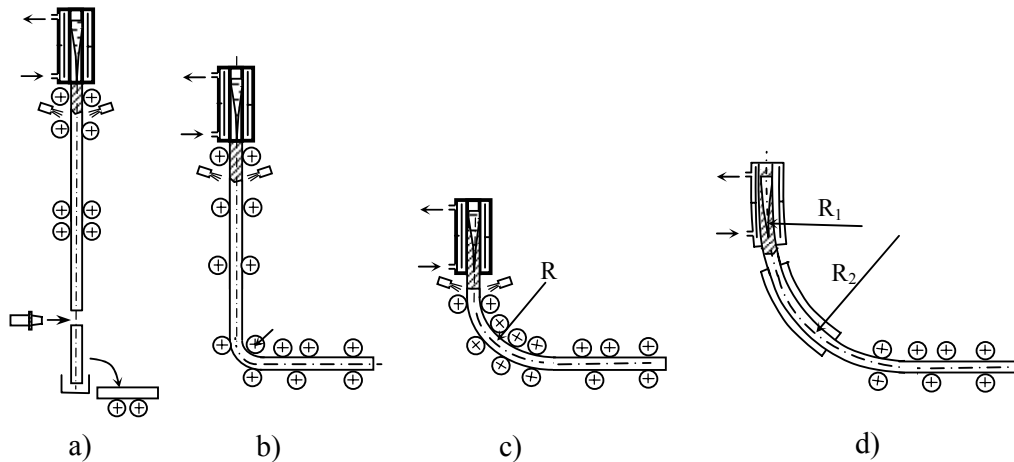


Hình 8.12 Sơ đồ hệ thống thiết bị đúc liên tục thẳng đứng  
1) Thùng rót 2) Thùng rót trung gian 3) Thùng kết tinh 4) Cơ cấu rung thùng kết tinh 5) Bộ phận làm nguội lần 2 6) Hệ thống kéo phôi 7) Hệ thống cắt phôi 8) Cơ cấu hạ phôi 9) Hệ thống vận chuyển phôi

## b) Phân loại

Căn cứ vào phương pháp bố trí thiết bị và ra phôi, người ta chia ra:

+ Hệ thống đúc liên tục thẳng đứng: toàn bộ thiết bị chính như thùng kết tinh, hệ thống trục kéo, máy cắt... bố trí theo phương thẳng đứng. Để đúc liên tục, bộ phận cắt phôi định kỳ cắt phôi và hạ xuống hệ thống vận chuyển bố trí theo phương ngang. Hệ thống này tiết kiệm diện tích mặt bằng, chất lượng phôi tốt (vì kim loại nguội đều xung quanh, điều kiện nổi tạp chất thuận lợi... ) nhưng có hạn chế là đòi hỏi chiều cao xây dựng lớn, khó khăn trong việc bố trí thiết bị, chi phí xây dựng cao và áp lực cột kim loại lỏng lớn.



Hình 8.13 Phân loại hệ thống đúc liên tục  
a) Đúc thẳng đứng b) Đúc kiểu uốn c) Đúc kiểu cong một bán kính  
d) Đúc kiểu cong theo nhiều bán kính

+ Hệ thống đúc liên tục kiểu uốn: thùng kết tinh thẳng và bố trí theo phương thẳng đứng, phôi sau khi ra khỏi thùng kết tinh được kéo xuống theo phương thẳng đứng một khoảng cách nhất định, được máy uốn uốn cong, sau đó được nắn thẳng và tiếp tục kéo theo phương ngang. Hệ thống này giảm được chiều cao thiết bị, phôi có thể cắt theo chiều dài tùy ý nhưng khi uốn phôi dễ bị nứt.

+ Hệ thống đúc liên tục kiểu cong: phôi được uốn cong ngay sau khi ra khỏi thùng kết tinh hoặc cong ngay trong thùng kết tinh theo một bán kính cong hoặc một số bán kính cong kế tiếp. Hệ thống đúc liên tục kiểu cong có chiều cao bố trí thiết bị



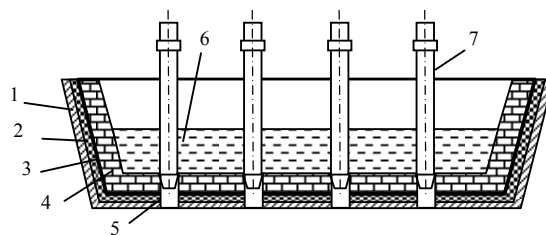
nhỏ, không cần phải bố trí máy uốn, áp lực cột kim loại lỏng nhỏ, chi phí xây dựng thấp hơn đúc đứng, nhưng trong quá trình đúc điều kiện nổi tạp chất không tốt, đòi hỏi kỹ thuật đúc phức tạp hơn, trong đó việc chọn bán kính cong có ý nghĩa rất lớn, nếu chọn không đúng có thể gây ra nứt phôi trong quá trình kéo.

### c) Các bộ phận cơ bản của hệ thống thiết bị

**Thùng rót:** dùng để vận chuyển thép lỏng từ lò đến vị trí rót. Thùng rót thường được chế tạo có dạng hình trụ, vỏ ngoài bằng thép bên trong xây gạch chịu lửa hoặc đầm bằng vật liệu chịu lửa. Trên đáy thùng rót có bố trí lỗ rót thép, để điều chỉnh quá trình rót dùng cơ cấu cần nút.

**Thùng rót trung gian:** dùng để khống chế tốc độ rót, phân dòng kim loại khi đúc nhiều vị trí, tiếp tục làm đồng đều kim loại và nhiệt độ nước thép.

Cấu tạo của thùng rót trung gian trình bày trên hình 8.13.



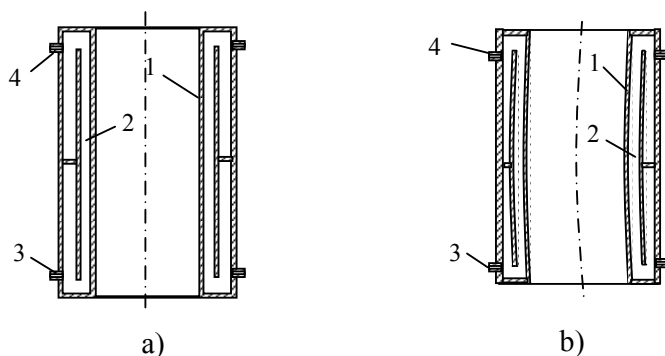
Hình 8.13 Thùng rót trung gian

- 1) Vỏ 2) Lớp amiăng 3) Lớp cát 4) Lớp gạch chịu lửa  
5) Lỗ rót 6) Thép lỏng 7) Cần nút

**Thùng kết tinh:** nhiệm vụ của thùng kết tinh là làm nguội kim loại và định hình tiết diện và kích thước phôi. Cấu tạo thùng kết tinh có dạng như hình 8.14.

Thành thùng kết tinh được chế tạo bằng đồng, mặt trong là mặt trụ thẳng hoặc uốn cong, tiết diện diện ngang là hình tròn hoặc hình vuông. Giữa thành ngoài và thành trong của thùng kết tinh là hộp nước làm nguội. Do khi đi từ trên xuống, kim loại nguội và đông đặc, tạo thành lớp vỏ rắn, lớp vỏ rắn tăng dần chiều dày và co giảm kích thước. Khi lớp vỏ rắn co, sẽ hình thành khe hở giữa kim loại và thành thùng kết tinh, làm giảm tốc độ nguội nên phần dưới của thùng kết tinh thường có độ côn để hạn chế khe hở. Chiều dài thùng kết tinh được chọn phụ thuộc vào tốc độ đúc, phải đảm bảo

sao cho chiều dày lớp kim loại đông đặc khi ra khỏi khuôn đủ bền dưới tác dụng của áp lực kim loại lỏng bên trong và lực kéo phôi. Chiều dày lớp vỏ rắn khi ra khỏi khuôn thường vào khoảng  $8 \div 12$  mm.



Hình 8.14 Thùng kết tinh  
 a) Thùng kết kiểu thẳng b) Thùng kết tinh kiểu cong  
 1) Thành thùng 2) Ngăn nước làm nguội  
 3) Đường dẫn nước vào 4) Đường dẫn nước ra

Cơ cấu rung khuôn: dùng để rung khuôn trong quá trình đúc, chống lại sự dính bám của kim loại vào thành thùng kết tinh gây ra đứt phôi khi kéo. Khi lớp vỏ rắn mới hình thành, nhiệt độ chỉ thấp hơn nhiệt độ kết tinh khoảng  $3 \div 5^{\circ}\text{C}$ , độ bền của thép còn rất thấp, dưới tác dụng của lực kéo có thể bị rạn nứt và dính vào thành thùng kết tinh. Khi thùng kết tinh dịch chuyển xuống, lớp kim loại dính bám bị đẩy lên do đó vết nứt không thể hình thành, khi thời được kéo xuống sẽ dễ dàng tách khỏi thành thùng kết tinh và được kéo ra.

Trong đúc liên tục, sử dụng ba phương thức rung khuôn: rung đồng bộ, rung trượt âm và rung hình sin. Khi rung đồng bộ, bình kết tinh đi xuống đồng bộ với phôi, sau đó đi lên với tốc độ gấp ba lần tốc độ kéo phôi. Phương thức này hiện nay ít dùng vì kết cấu phức tạp do đòi hỏi sự đồng bộ giữa cơ cấu rung và cơ cấu kéo phôi. Khi rung trượt âm, bình kết tinh đi xuống với tốc độ cao hơn tốc độ kéo một ít gọi là trượt âm, sau đó đi lên với tốc độ khá lớn. Phương thức rung này phù hợp với yêu cầu của công nghệ đúc liên tục, có lợi cho việc hàn gắn các vết nứt lớp vỏ và cho phép nâng cao tốc độ kéo. Khi rung hình sin, quan hệ giữa tốc độ rung và thời gian có dạng hình sin, ưu điểm của phương thức rung này là sự thay đổi tốc độ trong quá trình rung

chậm, không gây xung lực, kết cấu rung đơn giản, do đó hiện nay được sử dụng rất phổ biến.

Thiết bị làm nguội lần hai: khi ra khỏi bình kết tinh nhiệt độ mặt ngoài của thỏi còn rất cao  $\sim 1000 \div 1100^{\circ}\text{C}$ , và bên trong vẫn còn kim loại lỏng tiếp tục kết tinh. Để thỏi đúc nguội nhanh và kết tinh hoàn toàn, người ta bố trí hệ thống vòi phun nước phun trực tiếp lên mặt ngoài thỏi. Trong vùng này cũng bố trí các trục lăn để nắn thẳng thỏi đúc tránh hiện tượng cong vênh thỏi. Tốc độ phun của nước làm nguội lần hai không được quá cao để tránh bắn tóe, nhưng cũng không được quá thấp để tránh nước tiếp xúc lâu với mặt thỏi bị hóa hơi nhiều, tạo thành lớp hơi nước trên mặt thỏi làm giảm tốc độ làm nguội. Trong vùng làm nguội lần hai, lượng nhiệt truyền qua hơi nước  $\sim 33\%$ , qua nước  $\sim 25\%$  và trục lăn  $\sim 17\%$ , phần còn lại truyền nhiệt bằng bức xạ ra không khí.

Hệ thống trục kéo và nắn thẳng: đảm bảo kéo phôi ra khỏi thùng kết tinh theo tốc độ đúc yêu cầu và nắn thẳng phôi. Để kéo phôi người ta dùng hệ thống các trục lăn, dẫn động từ các động cơ riêng lẻ hoặc phối hợp nhiều trục cùng một động cơ qua các bộ truyền. Tốc độ kéo thường vào khoảng 6 m/phút.

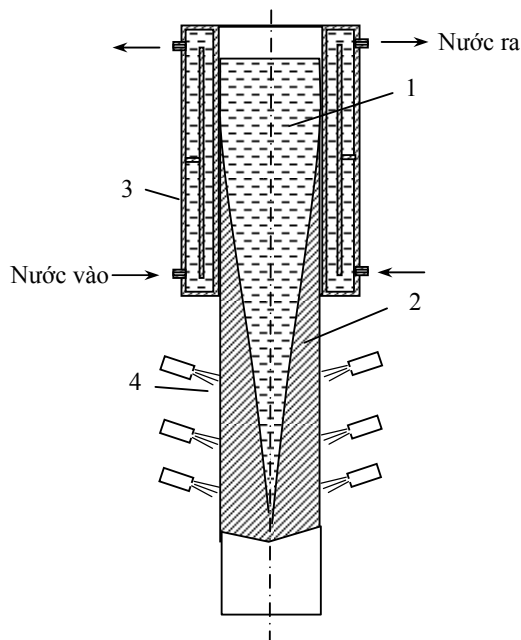
Máy cắt: để đảm bảo quá trình đúc liên tục, khi phôi đạt một chiều dài nhất định cần phải tiến hành cắt phôi. Hiện nay để cắt phôi người ta dùng phổ biến thiết bị cắt bằng khí. Thiết bị cắt được gắn trên hệ thống xe lăn, khi phôi đạt chiều dài cần thiết, cơ cấu kẹp phôi gắn trên xe lăn tiến hành kẹp chặt phôi, làm cho xe lăn mang thiết bị cắt chuyển động cùng với phôi và cắt phôi. Khi phôi được cắt xong, cơ cấu kẹp phôi nhả ra và xe lăn chuyển động trở lại vị trí ban đầu.

#### **8.4.2. Sự kết tinh của kim loại khi đúc liên tục**

Quá trình kết tinh của thỏi đúc liên tục thể hiện trên hình 8.15.

Khi kim loại lỏng quá nhiệt được rót vào thùng kết tinh tiếp xúc trực tiếp với thành thùng kết tinh làm bằng đồng, bên ngoài có nước làm nguội nên nguội nhanh và mất dần nhiệt quá nhiệt. Khi lớp ngoài đạt đến nhiệt độ kết tinh, thì quá trình kết tinh xảy ra và lớp kim loại rắn hình thành. Tiếp tục dịch chuyển xuống phía dưới, kim loại

lông tiếp tục được làm nguội và kết tinh, chiều dày lớp kim loại kết tinh tăng dần, khi lớp kim loại kết tinh đủ bền, chống được áp lực của kim loại lỏng bên trong thì bắt đầu co, hình thành nên khe hở giữa kim loại và thành thùng kết tinh, làm cho tốc độ nguội giảm xuống. Khi ra khỏi thùng kết tinh, đến vùng làm nguội thứ hai, nhờ sự làm nguội trực tiếp của nước, tốc độ nguội tăng lên và quá trình kết tinh xảy ra nhanh cho đến khi thổi đúc kết tinh hoàn toàn.



Hình 8.15 Quá trình kết tinh của thổi đúc  
 1) Kim loại lỏng 2) Kim loại rắn  
 3) Thùng kết tinh 4) Vùng làm nguội lần hai

Trong thùng kết tinh, tốc độ làm nguội phụ thuộc rất lớn vào sự tiếp xúc giữa kim loại và thành thùng kết tinh. Nhiệt trở của kim loại rắn vào khoảng  $\sim 1\%$ , nhiệt trở tiếp xúc giữa kim loại rắn với thành thùng kết tinh vào khoảng  $\sim 1\%$ , nhiệt trở của thành thùng kết tinh bằng đồng vào khoảng  $0,2 \div 0,3\%$ , nhiệt trở tiếp xúc giữa thành thùng kết tinh với nước vào khoảng  $\sim 1\%$ , nhiệt trở của khe hở rất lớn vào khoảng  $70 \div 80\%$ . Bởi vậy, để tăng tốc độ nguội trong thùng kết tinh cần hạn chế khe hở bằng cách tạo độ côn ngược ở mặt trong thành thùng kết tinh (thường chế tạo với độ côn  $1\%$ ) hoặc phủ kín khe hở bằng vật liệu dẫn nhiệt tốt hơn không khí.

Trong vùng làm nguội lần hai, nhờ sự tiếp xúc trực tiếp giữa kim loại và nước, sự bốc hơi của nước, tốc độ làm nguội nhanh, kim loại kết tinh nhanh và cuối cùng đông đặc hoàn toàn. Do chênh lệch nhiệt độ giữa mặt ngoài và bên trong lớn có thể gây ra ứng suất nhiệt làm nứt bề mặt thổi, do đó trong vùng làm nguội lần hai cần bố trí làm nguội tăng dần từ trên xuống.

Để xác định chiều cao cột kim loại lỏng ở giữa, trên cơ sở đó xác định chiều cao thùng kết tinh và chiều dài vùng làm nguội lần hai, cần xác định tốc độ kết tinh của thổi. Tốc độ kết tinh của thổi xác định qua chiều dày lớp kim loại kết tinh và có thể tính được theo công thức (8.1), với  $K = 13 \div 20 \text{ mm/phút}^{1/2}$  khi ở trong thùng kết tinh và  $K = 25 \div 28 \text{ mm/phút}^{1/2}$  trong vùng làm nguội lần hai.

Đối với phôi tròn đường kính  $D$ , có thể xác định được thời gian kết tinh hoàn toàn theo công thức:

$$\tau = \left( \frac{D}{50,8} \right)^2 \quad (\text{phút}) \quad (8.3)$$

Tính được thời gian đông đặc hoàn toàn, ta có thể xác định được chiều cao cột kim loại lỏng ở giữa thổi khi đúc liên tục:

$$L = v \cdot \tau \quad (\text{mm}) \quad (8.4)$$

Với  $v$  là tốc độ kéo thổi (hay tốc độ đúc) tính bằng mm/phút.

Khi đúc liên tục, do được làm nguội nhanh và rót liên tục, kim loại có cấu trúc tinh thể hạt nhỏ và không có lỗ co, rỗ khí phân tán, nhưng ở tâm do sự bù ngót khó khăn nên thường xuất hiện rỗ xộp đường tâm. So với đúc khuôn, chất lượng thổi đúc bằng phương pháp đúc liên tục cao hơn.

#### 8.4.3. Công nghệ đúc thổi liên tục

a) **Nhiệt độ đúc:** nhiệt độ đúc là nhiệt độ nước thép khi rót khuôn, được chọn dựa vào mác thép, kết cấu thùng kết tinh và tốc độ đúc.

b) **Thao tác chuẩn bị:** tiến hành chuyển thép lỏng từ lò đến thùng rót trung gian, kiểm tra nhiệt độ nước thép. Trước lúc rót thép lỏng phải tiến hành kiểm tra bình kết tinh, hệ thống nước làm nguội bình kết tinh, làm nguội lần hai (lưu lượng, áp lực nước,

vị trí vòi phun...) và sự hoạt động bình thường của các thiết bị rung thùng kết tinh, thiết bị kéo, nắn, cắt phôi. Sau đó tiến hành lắp đầu thanh dẫn vào thùng kết tinh.

c) **Thao tác đúc:** tiến hành rót kim loại từ thùng rót trung gian vào thùng kết tinh. Chờ một thời gian để kim loại kết tinh và bám chắc vào đầu thanh dẫn và mặt ngoài thỏi bắt đầu hình thành lớp kim loại đủ bền thì tiến hành khởi động hệ thống kéo để kéo phôi. Sau khi tiến hành cắt đầu thỏi thì vận hành cơ cấu cắt để cắt phôi theo chiều dài yêu cầu.

## Mục lục

Chương I. Khái quát chung	5
1.1. Khái niệm và phân loại thép	5
1.1.1. Khái niệm	5
1.1.2. Phân loại thép	5
1.1.3. Ký hiệu thép	7
1.2. Lưu trình sản xuất thép	8
1.3. Phân loại lò luyện thép	9
Chương II. Nguyên vật liệu dùng để luyện thép	10
2.1. Nguyên vật liệu	10
2.1.1. Nguyên vật liệu kim loại	10
2.1.2. Chất oxy hóa	13
2.1.3. Chất tạo xỉ	14
2.1.4. Chất tăng cacbon	15
2.1.5. Vật liệu chịu lửa	16
2.2. Tính toán thành phần phối liệu	19
Chương III. Lý thuyết quá trình luyện thép	24
3.1. Lý thuyết về sự oxy hóa và hoàn nguyên	24
3.2. Sự oxy hóa và hoàn nguyên các nguyên tố	26
3.2.1. Sự oxy hóa và hoàn nguyên sắt	26
3.2.2. Sự oxy hóa và hoàn nguyên mangan	26
3.2.3. Sự oxy hóa và hoàn nguyên silic	29
3.2.4. Sự oxy hóa và hoàn nguyên cacbon	32
3.2.5. Khử photpho	34
3.2.6. Khử lưu huỳnh	36
3.2.7. Khử khí	37
3.2.8. Tạp chất phi kim	39
3.3. Xỉ trong quá trình luyện thép	39
3.3.1. Nguồn gốc và thành phần của xỉ luyện thép	39

3.3.2. Các tính chất của xỉ luyện thép	41
3.4. Cân bằng nhiệt trong quá trình luyện thép	45
3.4.1. Nguồn nhiệt cung	45
3.4.2. Nguồn nhiệt chi	45
Chươngng IV. Luyện thép trong lò điện hồ quang	46
4.1. Đặc điểm và phân loại	46
4.1.1. Đặc điểm	46
4.1.2. Phân loại	46
4.2. Thiết bị	46
4.2.1. Cấu tạo chung và nguyên lý làm việc	46
4.2.2. Buồng lò	48
4.2.3. Thiết bị nâng hạ điện cực	51
4.2.4. Cơ cấu nghiêng lò	52
4.2.5. Thiết bị điện	52
4.2.6. Điện cực	55
4.3. Công nghệ nấu luyện	58
4.3.1. Nguyên vật liệu	58
4.3.2. Công nghệ luyện thép trong lò điện hồ quang bazơ	58
4.3.3. Tinh luyện ngoài lò	61
Chương V. Luyện thép trong lò điện cảm ứng và một số lò điện khác	63
5.1. Đặc điểm và phân loại	63
5.1.1. Đặc điểm	63
5.1.2. Phân loại	63
5.2. Thiết bị	63
5.2.1. Sơ đồ cấu tạo và nguyên lý làm việc	63
5.2.2. Các bộ phận cơ bản của lò	65
5.3. Công nghệ nấu luyện	70
5.4. Thiết bị và công nghệ nấu thép trong một số lò điện khác	70
5.3.1. Nấu thép trong lò điện xỉ	70



5.3.2. Nấu thép trong lò điện hồ quang chân không	71
Chương VI. Luyện thép trong lò thổi	73
6.1. Đặc điểm và phân loại	73
6.2. Luyện thép trong lò thổi sừng	75
6.2.1. Cấu tạo lò	75
6.2.2. Công nghệ luyện thép trong lò thổi sừng bazo	76
6.2.3. Công nghệ luyện thép trong lò thổi sừng axit	85
6.3. Luyện thép trong lò LD	86
6.3.1. Cấu tạo lò	86
6.3.2. Quy trình luyện thép trong lò LD	88
Chương 7. Luyện thép trong lò mactanh	89
7.1. Đặc điểm	89
7.2. Thiết bị	89
7.2.1. Cấu tạo	89
7.2.2. Nguyên lý làm việc	89
7.3. Công nghệ nấu thép trong lò mactanh	91
7.3.1. Nấu thép trong lò mactanh bazo	91
7.3.2. Nấu thép trong lò mactanh axit	92
Chương 8. Đúc phôi thép	94
8.1. Phân loại và đặc điểm	94
8.2. Lý thuyết về quá trình kết tinh	94
8.2.1. Điều kiện hình thành và lớn lên của tinh thể	95
8.2.2. Quá trình kết tinh và tỏa nhiệt	97
8.2.3. Quá trình kết tinh và co ngót thể tích	98
8.2.4. Quá trình kết tinh và thiên tích	99
8.3. Thiết bị và công nghệ đúc khuôn	100
8.3.1. Khuôn đúc	100
8.3.2. Cấu trúc thổi thép	103
8.3.3. Công nghệ đúc khuôn	106

8.4. Đúc liên tục	109
8.4.1. Thiết bị	110
8.4.2. Sự kết tinh của kim loại khi đúc liên tục	114
8.4.3. Công nghệ đúc thổi liên tục	116
<b>Tài liệu tham khảo</b>	118
<b>Mục lục</b>	119

### **Tài liệu tham khảo**

1. **Giáo trình đúc thép.** Bộ môn Đúc, Đại học Bách Khoa Hà Nội - 1985.
2. Trần Văn Dy. **Kỹ thuật lò điện luyện thép.** Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật Hà Nội - 2006.
3. Ngô Trí Phúc, Nguyễn Sơn Lâm. **Thiết bị và công nghệ đúc phôi thép.** Nhà xuất bản Bách Khoa Hà Nội - 2006.
4. Phan Tử Phùng. **Sổ tay đúc thép.** Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật. Hà Nội -1997.
5. V.M. Trurêin, P. N. Buđulia. **Vôprôxu teori lichêinux prôtxecxôp.** Goxuđarstvenoe Hautrnô-tecnicreckscoe izđachienxtvô mashinostroenie licheturu. Moskva - 1980.