

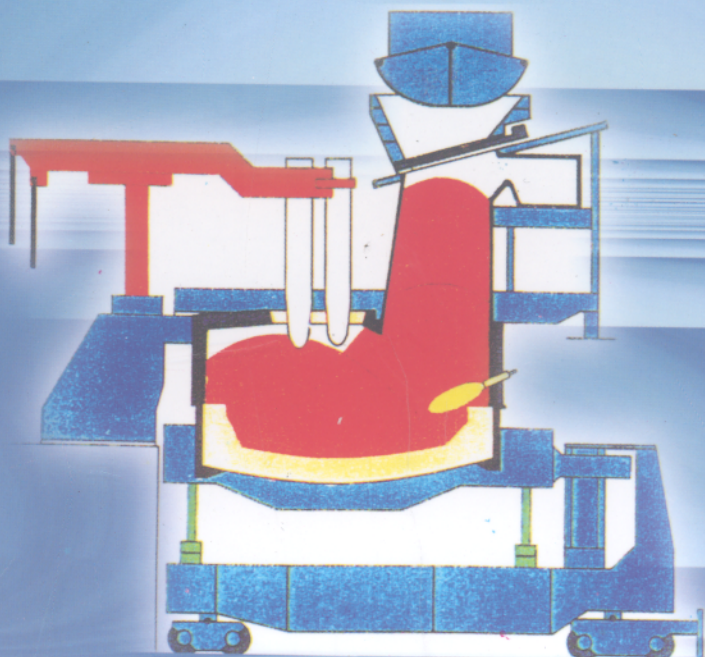


1956 - 2006

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

PGS. TS. TRẦN VĂN DÝ

Kỹ thuật lò điện luyện thép



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

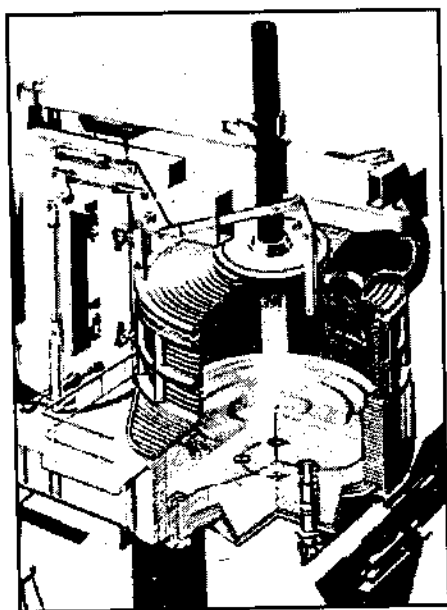




TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
50 NĂM XÂY DỰNG VÀ PHÁT TRIỂN

PGS. TS. TRẦN VĂN DÝ

KỸ THUẬT LÒ ĐIỆN LUYÊN THÉP



**NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI**

LỜI NÓI ĐẦU

Các thiết bị và công nghệ luyện kim nói chung trong đó có kỹ thuật lò điện luyện thép nói riêng đã và đang được áp dụng rộng rãi để sản xuất ra các chủng loại thép phục vụ kịp thời cho các ngành cơ khí, đóng tàu, giao thông vận tải, xây dựng, hoá chất v.v.

Tài liệu kỹ thuật lò điện và quy trình công nghệ nấu luyện thép hầu như rất ít, nhu cầu đòi hỏi của các nhà luyện kim rất lớn, nhất là cán bộ giảng dạy và sinh viên luyện kim ở Trường Đại học Bách Khoa, Trường Cao đẳng Kỹ thuật Cơ khí – Luyện kim Thái Nguyên cần được cung cấp đầy đủ và kịp thời các tài liệu về thiết bị và quy trình công nghệ nấu luyện thép ở lò điện. Vì vậy chúng tôi xuất bản quyển sách **Kỹ thuật lò điện luyện thép** để:

- Làm giáo trình cho sinh viên luyện kim hệ chính quy, tại chức và cao đẳng kỹ thuật.

- Làm tài liệu thiết kế, nghiên cứu khoa học để nâng cao trình độ chuyên môn cho cán bộ giảng dạy và nghiên cứu sinh ngành luyện kim nói chung và ngành luyện thép nói riêng.

- Làm tài liệu cho cán bộ kỹ thuật và công nhân nhà máy luyện kim nắm vững cơ sở lý thuyết và kinh nghiệm sản xuất thép trên thế giới cũng như trong nước.

Quyển sách **Kỹ thuật lò điện luyện thép** được đề cập đến các nội dung chủ yếu sau:

Phần I: Đặc điểm phương pháp lò điện luyện thép và hệ thống hoá các cơ sở lý thuyết về lò điện hồ quang và lò điện cảm ứng luyện thép.

Phần II: Nêu đầy đủ, tỷ mỉ về quy trình công nghệ luyện thép trong lò điện hồ quang, lò cảm ứng trung tần, lò điện xỉ, lò điện tử chân không và lò plasma tinh luyện thép.

Phần III: Các phương pháp cường hoá quá trình luyện thép và các kỹ thuật công nghệ mới trong các loại lò điện hồ quang hiện đại.

Phần IV: Tổng kết, phân tích các công đoạn luyện thép và các dây chuyền công nghệ sản xuất thép liên hợp trên thế giới, đồng thời nêu khả năng lựa chọn dây chuyền công nghệ thích hợp cho sản xuất thép ở trong nước.

Cuốn sách **Kỹ thuật lò điện luyện thép** được xuất bản lần đầu tiên nên không tránh khỏi thiếu sót, chúng tôi mong nhận được nhiều ý kiến đóng góp của các bạn đọc để kịp thời chỉnh lý, bổ sung trong lần tái bản sau.

Tác giả

Phần I

PHƯƠNG PHÁP Lò ĐIỆN LUYỆN THÉP

Chương 1

KHÁI QUÁT QUÁ TRÌNH LUYỆN THÉP Lò ĐIỆN

1.1. MỞ ĐẦU VÀ LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN PHƯƠNG PHÁP Lò ĐIỆN

1.1.1. Đặt vấn đề

Trước kia các ngành công nghiệp chưa được phát triển nhất là ngành luyện kim và ngành chế tạo máy, nên vấn đề chất lượng thép và thép hợp kim chưa được quan tâm đúng mức. Vào thế kỷ 20, nhất là sau Chiến tranh thế giới lần thứ nhất, nền công nghiệp ngày càng phát triển mạnh. Trên thế giới lúc bấy giờ các ngành công nghiệp, nhất là ngành luyện thép và hợp kim, ngành đúc chi tiết, ngành chế tạo máy, ngành điện lực, ngành điện tử... đang đà phát triển về sản lượng và chất lượng sản phẩm. Do yêu cầu và điều kiện kỹ thuật mới, sắt thép thông thường như trước không thoả mãn với các dụng cụ, máy móc, thiết bị tối tân; vì ở đây đòi hỏi chúng phải làm việc trong điều kiện nhiệt độ và áp suất cao, chống được ăn mòn hoá học, điện hoá, chống bào mòn cơ học, chống nóng, chống gỉ..., do đó đòi hỏi phải sản xuất ra các chủng loại thép và hợp kim có những tính năng đặc biệt như độ bền cơ học cao, độ bền chống ăn mòn của môi trường axit, nước sông, nước biển, chống mài mòn do va đập v.v. Đặc biệt cần phải sản xuất các loại thép có tính đàn hồi cao, có tính nhiễm từ tốt, có tính chống nhiễm từ cao. Do các tính chất đặc biệt trên nên thép được sản xuất ra từ lò thổi không khí, lò Besmer, lò Mactin (lò bằng) không thể đáp ứng được nữa, mà phải nấu luyện trong các loại lò điện. Vậy phương pháp luyện thép trong lò điện là một công nghệ mới và hiện đại. Để luyện thép và hợp kim trong lò điện, người ta tận dụng điện năng biến thành nhiệt năng dưới dạng hồ quang, cảm ứng điện từ, điện trở và dạng plasma. Thường sử dụng lò điện hồ quang xoay chiều (AC – EAF), lò điện hồ quang một chiều (DC – EAF) để sản xuất thép cacbon chất lượng, thép hợp kim thấp, trung bình và cao với sản lượng lớn. Để luyện một số mác thép hợp kim chuyên dùng, hoặc thép hợp kim cao ít cacbon, người ta sử dụng các loại lò điện cảm ứng cao tần, trung tần và tần số công nghiệp. Để nấu lại thép và hợp kim, tinh luyện kim loại và thép đạt chất lượng cao hơn nữa

người ta sử dụng lò điện xỉ, lò điện cảm ứng chân không, lò hồ quang chân không, lò điện từ chân không sâu, lò plasma v.v. Để nung nguyên liệu, ferro, các loại vật liệu, các dụng cụ, chi tiết máy người ta sử dụng lò điện trở nung trực tiếp hoặc gián tiếp.

1.1.2. Đặc điểm chủ yếu của phương pháp lò điện luyện thép

1- Để nấu luyện thép và hợp kim trong lò điện người ta sử dụng năng lượng điện biến thành nhiệt năng, do đó tập trung được lượng nhiệt lớn để nung chảy kim loại nhanh đặc biệt các loại kim loại khó chảy như wolfram, molipden...

2- Ở lò điện có nhiệt độ cao $\geq 1700^{\circ}\text{C}$ nên tạo điều kiện hoà tan các nguyên tố hợp kim nhiều trong thép, thoả mãn đầy đủ cho các phản ứng luyện kim (oxy hoá, khử) tạo điều kiện tăng tốc độ phản ứng hoá học, thúc đẩy các quá trình oxy hoá và hoàn nguyên kim loại xảy ra nhanh chóng và triệt để.

3- Trong quá trình nấu luyện thép ở lò điện, dễ dàng nâng nhiệt độ cho bề kim loại và đồng thời tiến hành điều chỉnh chính xác thành phần hoá học của thép lỏng và xỉ.

4- Nấu luyện được tất cả các loại thép cacbon cao, thấp có chất lượng tốt, luyện được tất cả các loại thép hợp kim cao hoặc đặc biệt mà đảm bảo cháy hao các nguyên tố hợp kim rất thấp. Đặc biệt luyện được các mác thép có hàm lượng phospho và lưu huỳnh rất thấp ($P, S \leq 0,02\%$).

5- Giá thành thép lò điện còn cao vì tiêu tốn điện năng và điện cực lớn (điện cực grafit phải nhập ngoại vì một số nước và nước ta chưa sản xuất được).

Vì vậy cần phải áp dụng các biện pháp cải tiến thiết bị và cường hoá quá trình luyện thép trong lò điện để nâng cao chất lượng và hạ giá thành sản phẩm:

- Chọn và tính toán hợp lý phế thép, đảm bảo ít phospho và lưu huỳnh; kích thước liệu phải phù hợp với dung lượng lò và phương pháp chất liệu vào lò để đảm bảo vận hành lò tốt.

- Sử dụng và khống chế chế độ điện một cách tối ưu trong quá trình nấu luyện thép, đảm bảo thời gian nấu một mẻ thép thấp nhất, năng suất lò (tấn/giờ) cao nhất.

– Áp dụng triệt để các biện pháp cường hoá trong giai đoạn nấu chảy, oxy hoá và hoàn nguyên.

– Áp dụng các công nghệ mới như tạo xỉ đơn, tạo xỉ bọt, thổi oxy nguyên chất, thổi các chất khử với khí trợ vào lò để đảm bảo tốc độ phản ứng luyện kim xảy ra nhanh, do đó khử bỏ được các tạp chất và các khí có hại trong thép một cách triệt để.

1.1.3. Lịch sử phát triển phương pháp lò điện

Trên thế giới, lò điện được xây dựng đầu tiên ở Pháp vào năm 1889 với dung lượng 3 tấn/mẻ và dung lượng biến áp 2000 kVA để nấu luyện thép hợp kim. Đến năm 1900 ở Mỹ đã sử dụng lò điện hồ quang 10 ÷ 20 tấn/mẻ để nấu thép cacbon và thép hợp kim. Năm 1910 ở Nga đã xây dựng lò điện 3 ÷ 15 tấn/mẻ để sản xuất thép cacbon và thép hợp kim thấp.

Sau Chiến tranh thế giới lần thứ hai, lò điện đã được xây dựng và phát triển rộng rãi khắp thế giới, như ở Đức đã ứng dụng lò điện hồ quang 10 ÷ 60 tấn/mẻ để sản xuất thép công cụ và thép hợp kim, ở Tiệp Khắc đã sử dụng lò điện hồ quang 20 ÷ 30 tấn/mẻ để nấu tất cả các loại thép cacbon và thép hợp kim thấp. Ngày nay người ta sử dụng rộng rãi và phổ biến các loại lò điện hồ quang với dung lượng 100 ÷ 400 tấn/mẻ, dung lượng biến áp 35.000 ÷ 165.000 kVA.

Đặc biệt, ở Mỹ người ta đã chạy thường xuyên loại lò 360 tấn/mẻ với chế độ siêu công suất 160.000 kVA để sản xuất thép cacbon chất lượng, đảm bảo năng suất 100 ÷ 120 tấn thép/giờ.

Từ năm 1990 đến nay người ta đã thiết kế xây dựng các loại lò điện hồ quang hiện đại như lò hồ quang một chiều siêu công suất (150 tấn/mẻ), lò hồ quang thân cột (Thủy Điện) có dung lượng lò 100 ÷ 300 tấn/mẻ.

Sản lượng thép lò điện hồ quang chiếm 80 ÷ 90% tổng lượng thép lò điện. Số lượng thép còn lại được sản xuất ra từ lò cảm ứng cao tần, trung tần và tần số công nghiệp.

Lò cảm ứng cao tần có dung lượng 50 ÷ 100 kg/mẻ với tần số làm việc $f = 35.000 \div 55.000$ Hz được sử dụng để sản xuất loại thép hợp kim chuyên dùng. Hiện nay loại lò này ít được sử dụng để nấu thép mà chủ yếu để tôi bề mặt chi tiết máy. Lò cảm ứng trung tần có dung lượng 100, 200, 300, 500, 900

và 1000 kg/m³ với tần số làm việc từ 1000 đến 3000 Hz được sử dụng để nấu thép hợp kim cao có hàm lượng cacbon thấp ($C \leq 0,10\%$). Loại lò này được ứng dụng phổ biến khắp nơi như ở xưởng đúc, xưởng cơ khí, xưởng luyện thép, luyện gang v.v. Ngày nay nền công nghiệp điện tử đang đà phát triển thì lò điện cảm ứng trung tần được trang thiết bị tối tân để vận hành lò thuận lợi nhanh chóng và chính xác.

Sau đây xin nêu con số tỷ lệ sản xuất thép lò điện tại một số quốc gia trên thế giới (từ năm 1990 đến năm 2000):

- Liên bang Nga: 10 ÷ 15% tổng lượng thép sản xuất;
- Mỹ: 30 ÷ 40% tổng lượng thép sản xuất;
- Nhật Bản: 31 ÷ 41% tổng lượng thép sản xuất.

1.2. TÌNH HÌNH THIẾT BỊ VÀ CÔNG NGHỆ LUYỆN KIM TRONG NƯỚC

1.2.1. Nhà máy Luyện thép Lưu Xá (Công ty Gang thép Thái Nguyên)

Trước đây theo thiết kế nhà máy gồm ba phân xưởng: phân xưởng luyện thép, phân xưởng xây dàn tháo dỡ, tinh chỉnh khuôn đúc và phân xưởng gia công thép phế. Phân xưởng luyện thép có 2 lò bằng, dung lượng mỗi lò 50 tấn/m³, công suất 100.000 tấn/năm (do Trung Quốc chế tạo) và đúc thổi thép 630 kg để phục vụ cho xưởng cán. Qua thực tế sản xuất người ta thấy được công nghệ luyện thép lò bằng 50 tấn quá lạc hậu, chỉ tiêu sản xuất đạt được rất thấp cho nên phải thay bằng lò điện hồ quang với dung lượng 30 tấn/m³ với dung lượng biến áp 16.000 kVA (Trung Quốc chế tạo). Đây là loại lò điện lớn và hiện đại nhất so với tất cả các loại lò điện hiện có ở trong nước. Nhờ có loại lò này mà hàng năm nhà máy đã sản xuất được 90.000 ÷ 100.000 tấn thép. Năm 1995 Công ty đã lắp đặt một máy đúc liên tục 4 dòng, bán kính cong $R = 4\text{ m}$, do hãng Concast của Ấn Độ chế tạo. Máy đúc thổi có kích thước 80 × 80 mm và 130 × 130 mm với tốc độ đúc tối đa 3 m/phút.

Những thiết bị chính và tính năng kỹ thuật của chúng được giới thiệu trong bảng I.1.

Bảng 1.1. Tính năng kỹ thuật thiết bị chính của Nhà máy Thép Lưu Xá

TT	Tên gọi chỉ tiêu	Đơn vị tính	Tính năng theo thiết kế
1	Lò điện hồ quang	1 cái	3 pha xoay chiều, công suất cao
2	Dung lượng lò	tấn/mẻ	30
3	Dung lượng biến áp lò	kVA	16.000
4	Điện áp sơ cấp	kV	35
5	Điện áp thứ cấp	V	$353 \div 135$
6	Cường độ dòng điện	A	30.287
7	Công suất thiết kế	tấn/năm	96.000
8	Thời gian luyện 1 mẻ thép	giờ, phút	2h30ph
9	Máy đúc liên tục 4 dòng	1 cái	kiểu cong R = 4 m
10	Tiết diện phôi thiết kế	mm	$80 \times 80 \div 130 \times 130$
11	Tiết diện phôi lắp đặt	mm	100×100
12	Tốc độ đúc	m/phút	$1,3 \div 3,0$
13	Kiểu cắt phôi	mỏ axetylen	4 mỏ tự động

1.2.2. Nhà máy Cán thép Gia Sàng

Nhà máy được lắp đặt 2 lò thổi oxy với dung lượng 5 tấn/mẻ do Cộng hoà Dân chủ Đức chế tạo, 3 lò quilibô nấu chảy gang từ gang thỏi lò cao; sản lượng thiết kế 72.000 tấn thép lỏng/năm hoặc 62.000 tấn thép thổi/năm, trọng lượng thỏi 170 kg/1 thỏi, thời gian nấu luyện 1 mẻ là 52 phút; thời gian thổi oxy là 45 phút, tiêu hao oxy là $68 \text{ m}^3/\text{tấn}$, tiêu hao gang thỏi là 1,1 tấn/tấn thép. Thực tế năm 1978 sản lượng đạt tối đa là 43.000 tấn thép thổi. Năm 1985 do thiếu than cốc, thiếu gang, chi phí sản xuất lại quá lớn, do đó Công ty cho lắp đặt 1 lò điện hồ quang dung lượng 5 tấn/mẻ (do Hungari chế tạo) với dung lượng biến áp 2.800 kVA. Năm 1987 Công ty thiết kế chế tạo 3 lò điện hồ quang có dung lượng 6 tấn/mẻ với dung lượng biến áp $3.200 \div 4.000 \text{ kVA}$, do đó sản lượng thép đạt 47.000 tấn/năm. Năm 1994, Công ty cho đầu tư cải tạo lò và biến áp lò đạt dung lượng 8 tấn/mẻ 1 lò với dung lượng biến áp lò 5.200 kVA. Vì vậy sản lượng thép lỏng hàng năm tăng đến 75.000 tấn/năm.

**Bảng 1.2. Chỉ tiêu kinh tế – kỹ thuật đã đạt được từ 1992 đến 1997
của Nhà máy Cán thép Gia Sàng**

TT	Tên gọi các chỉ tiêu	Đơn vị	Thiết kế	Thực hiện trong các năm					
				1992	1993	1994	1995	1996	1997
1	Số lượng lò điện	cái	4	4	4	3	3	3	3
2	Sản lượng 1 mẻ	tấn/mẻ	6	6,69	7,10	8,45	8,50	8,80	9,30
3	Thời gian luyện 1 mẻ	giờ/phút	3.30'	3.20'	3.36'	3.45'	3.13'	3.00	3.35'
4	Sản lượng năm	tấn/năm	47.000	54.919	59.502	52.300	54.500	61.300	56.770
5	Tiêu hao								
	– Phế thép	kg/tấn	1150	1272	1285	1298	1125	1120	1096
	– Gang	kg/tấn	100	–	–	–	145	140	160
	– FeMn	kg/tấn	9	9,2	8,4	8,2	10	8,6	8,108
	– FeSi	kg/tấn	12,0	13,0	11,5	10,1	9,57	8,0	8,824
	– Nhôm	kg/tấn	0,9	0,87	0,85	0,70	0,50	0,50	0,50
	– Điện cực grafit	kg/tấn	9,50	8,90	9,20	9,20	9,10	8,00	10,02
	– Điện năng	kW.h/tấn	900	887	915	910	917	850	846,65

1.2.3. Nhà máy Cơ khí (Công ty Gang thép Thái Nguyên)

Nhà máy gồm ba phân xưởng: phân xưởng đúc gang, phân xưởng đúc thép và phân xưởng cơ khí chế tạo. Diện tích của phân xưởng đúc gang là 4.280 m² trong đó đặt 2 lò quilibô với $\phi 700$ mm, năng suất mỗi lò 3 tấn/giờ, lò phản xạ nấu gang 15 tấn/mẻ để đúc những vật lớn không kinh tế nên năm 1991 Công ty đã đầu tư lắp đặt 1 lò điện hồ quang 10 tấn/mẻ với dung lượng biến áp lò là 6.000 kVA. Năm 1994 Công ty đã đầu tư cải tạo lò và thiết bị cũ, nâng dung lượng lò điện lên 12 tấn/mẻ với dung lượng biến áp 9.600 kVA chuyên nấu luyện thép cacbon để cung cấp thép thời cho Nhà máy Cán thuộc Công ty. Ngoài ra, nhà máy được trang bị thêm 1 lò cảm ứng trung tần có dung lượng 1.000 kg/mẻ với biến áp lò 400 kVA.

Còn phân xưởng đúc thép có diện tích 1.770 m² trong đó có đặt 2 lò điện hồ quang dung lượng 1,5 tấn/mẻ 1 lò với dung lượng 1.250 kVA và 3 lò nung ngọn lửa để ủ vật đúc. Công suất của phân xưởng này là 1.500 tấn/năm (đúc các chi tiết máy) và 400 tấn/năm (đúc các thời nhỏ). Sau nhiều năm sản xuất thực

tế, sản lượng thép đúc của phân xưởng này vượt quá thiết kế ban đầu, có thể đạt > 3.000 tấn/năm.

1.2.4. Nhà máy Luyện thép Biên Hoà (Công ty Thép Miền Nam)

Trước năm 1976 nhà máy đã có 1 lò điện hồ quang 15 tấn/mẻ với dung lượng biến áp lò 6.500 kVA và 2 lò điện hồ quang 6 tấn/mẻ 1 lò với dung lượng biến áp lò 2.400 kVA (do Đài Loan chế tạo). Do lò quá cũ, chỉ tiêu sản xuất quá lạc hậu nên năm 1994 Công ty lắp đặt cho 1 lò điện hồ quang có dung lượng 20 tấn/mẻ với dung lượng biến áp lò 12.500 kVA (do Trung Quốc chế tạo) và 1 thiết bị máy đúc liên tục 2 dòng (do Ấn Độ chế tạo) với công suất 70.000 tấn/năm, đúc phôi có kích thước 100 × 100 đến 110 × 110. Để phục vụ công nghệ luyện thép ở lò điện, nhà máy đã lắp đặt một trạm sản xuất oxy với công suất 300 m³/giờ.

1.2.5. Nhà máy Thép Nhà Bè (Công ty Thép Miền Nam)

Trước năm 1975 nhà máy đã có 1 lò điện hồ quang dung lượng 10 tấn/mẻ với công suất biến áp 9.000 kVA. Năm 1994, Công ty đã đầu tư thêm 1 lò điện hồ quang 12 tấn/mẻ với công suất biến áp 9.000 kVA để sản xuất thép thời phục vụ cho máy cán của Công ty. Máy đúc liên tục 2 dòng với công suất 70.000 tấn/năm, đúc phôi 100 × 100 đến 110 × 110 từ các mác thép xây dựng thông dụng. Ngoài ra nhà máy xây dựng trạm sản xuất oxy với năng suất 300 m³/giờ.

1.2.6. Nhà máy Thép Thủ Đức (Công ty Thép Miền Nam)

Năm 1990 Công ty đã lắp đặt cho 1 lò điện hồ quang dung lượng 8 tấn/mẻ với công suất biến áp lò 6.000 kVA. Năm 1994 Công ty đầu tư thêm cho 1 lò điện hồ quang 12 tấn/mẻ với công suất biến áp lò 9.000 kVA và 1 máy đúc liên tục 2 dòng với công suất 70.000 tấn/năm, đúc phôi có kích thước 100 × 100 đến 110 × 110 và 1 trạm sản xuất oxy với công suất 150 ÷ 300 m³/giờ. Còn lò điện cũ 8 tấn/mẻ chuyên sản xuất thép cacbon và đúc các thời nhỏ cho máy cán mini.

1.2.7. Phân xưởng Luyện thép Nhà máy Cơ khí – Luyện kim (Công ty Thép Miền Nam)

Trước năm 1975 nhà máy đã có 1 lò điện hồ quang dung lượng 5 tấn/mẻ với công suất biến áp 4.000 kVA (do Đài Loan chế tạo). Năm 1992 Công ty lắp đặt cho 1 lò điện hồ quang 8 tấn/mẻ với dung lượng biến áp lò 6.000 kVA. Hai

lò này được sử dụng để sản xuất chủ yếu thép cacbon và đúc các loại thỏi nhỏ cung cấp cho các máy cán của các nhà máy khác trong Công ty. Ngoài ra phân xưởng còn có 1 lò điện hồ quang 1,5 tấn/mẻ với dung lượng biến áp là 1.000 kVA chuyên sản xuất thép để chế tạo thiết bị luyện kim.

1.2.8. Nhà máy Hợp kim sắt Nhà Bè (Công ty Thép Miền Nam)

Trước năm 1975 nhà máy chỉ có 1 lò điện hồ quang với công suất biến áp 2.000 kVA (do Đài Loan chế tạo) để nấu ferro silic và 1 lò quilibô nấu gang. Năm 1980 Công ty đã lắp đặt cho nhà máy 2 lò điện hồ quang với công suất biến áp lò 2.000 kVA và 1.000 kVA để chuyên sản xuất ferro silic và cacbit canxi (đất đèn). Sau năm 1990 Công ty coi trọng sản xuất thép nên đã đầu tư thêm 1 lò điện hồ quang 3 tấn/mẻ với công suất biến áp 4.000 kVA. Hiện nay các lò điện này được sử dụng để sản xuất thép và đúc thỏi nhỏ cho máy cán mini.

1.2.9. Nhà máy Thép Đà Nẵng

Đây là một nhà máy liên doanh giữa Công ty Gang thép Thái Nguyên và tỉnh Quảng Nam - Đà Nẵng; đến nay 100% vốn do Tổng Công ty Thép Việt Nam cung cấp.

Phân xưởng thép được xây dựng và lắp đặt 2 lò điện hồ quang dung lượng 1,5 tấn/mẻ 1 lò, biến áp cũ có công suất 1.250 kVA được chuyển từ Nhà máy Luyện gang (Công ty Gang thép Thái Nguyên) vào phân xưởng chuyên sản xuất thép thỏi nhỏ cho phân xưởng cán kéo dây. Lò và thiết bị quá cũ nên đạt được các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật quá thấp.

Các chỉ tiêu sản xuất thép từ năm 1993 đến 1997 của Công ty Thép Miền Nam được nêu ở bảng 1.3.

Sản xuất thép tại các nhà máy cơ khí không thuộc Tổng Công ty Thép Việt Nam.

Hiện nay ở một số nhà máy cơ khí lớn trong nước có một số lò điện được tận dụng để sản xuất thép xây dựng. Công ty Diesel Sông Công có 2 lò điện hồ quang 6 tấn/mẻ 1 lò do Liên Xô (cũ) viện trợ với sản lượng thép thỏi xây dựng đạt trên 10.000 tấn/năm. Nhà máy Cơ khí Cẩm Phả có 1 lò điện hồ quang 3 tấn/mẻ và 3 lò điện hồ quang 1,5 tấn/mẻ do Liên Xô (cũ) chế tạo, hàng năm sản xuất được gần 10.000 tấn thép xây dựng; Công ty Cơ khí Hà Nội cũng có 1 lò điện 3 tấn/mẻ và 1 lò 6 tấn/mẻ chuyên sản xuất thép và thép hợp kim theo đơn

**Bảng 1.3. Các chỉ tiêu sản xuất thép của Công ty Thép Miền Nam
từ năm 1993 đến 1997**

TT	Các chỉ tiêu tiêu hao của các nhà máy	Đơn vị tính	Thực hiện trong các năm				
			1993	1994	1995	1996	1997
1	Phế thép định mức:	tấn/tấn	—	—	—	1,36	1,26
	— Thép Biên Hoà		—	—	—	1,38	1,28
	— Thép Nhà Bè		—	—	—	1,17	1,15
	— Cơ khí - luyện kim		—	—	—	1,39	1,32
	— Thép Thủ Đức		—	—	—	1,35	1,24
	— Hợp kim sắt Nhà Bè		—	—	—	1,43	1,23
2	Ferro mangan (FeMn)	kg/tấn	8,21	7,60	6,88	7,59	6,59
	— Thép Biên Hoà		7,68	6,52	6,59	6,43	6,07
	— Thép Nhà Bè		9,66	6,52	6,59	6,43	6,07
	— Cơ khí - luyện kim		10,1	10,5	9,00	7,96	8,06
	— Thép Thủ Đức		8,73	9,12	9,32	9,71	6,72
3	Ferro silic (FeSi)	kg/tấn	8,68	8,60	7,64	8,11	6,35
	— Thép Biên Hoà		8,92	6,82	7,11	7,65	5,88
	— Thép Nhà Bè		7,78	9,35	6,39	7,66	5,45
	— Cơ khí - luyện kim		10,1	10,5	9,00	7,96	8,06
	— Thép Thủ Đức		8,73	9,12	9,32	9,71	6,72
4	Điện cực grafit	kg/tấn	6,75	7,66	6,87	8,08	5,49
	— Thép Biên Hoà		7,33	7,44	7,16	8,49	5,23
	— Thép Nhà Bè		5,33	7,70	6,25	7,67	5,38
	— Cơ khí - luyện kim		8,02	8,10	6,49	7,83	5,58
	— Thép Thủ Đức		5,60	6,52	7,26	8,43	5,40
	— Hợp kim sắt Nhà Bè		7,37	7,20	6,41	7,54	5,60
5	Khuôn thổi (định mức)	kg/tấn	33,11	29,61	27,71	30,39	25,60
	— Thép Biên Hoà		41,30	31,60	29,00	—	—
	— Thép Nhà Bè		30,30	28,00	25,20	38,82	22,81
	— Cơ khí - luyện kim		36,00	37,90	31,30	50,70	32,68
	— Thép Thủ Đức		27,80	21,60	30,20	25,74	18,41
	— Hợp kim sắt Nhà Bè		28,80	19,8	21,10	25,74	18,41
6	Điện năng (chỉ tiêu)	kW.h/tấn	892	929	880	908	793,14
	— Thép Biên Hoà		1013	967	912	852	769,36
	— Thép Nhà Bè		842	947	788	941	810,84
	— Cơ khí - luyện kim		887	873	847	1064	831,88
	— Thép Thủ Đức		788	903	1065	1141	789,20
	— Hợp kim sắt Nhà Bè		888	890	927	1091	730,43

đặt hàng; Nhà máy Cơ khí xây dựng Ninh Bình có 2 lò điện hồ quang với dung lượng 1,5 tấn/mẻ 1 lò chuyên luyện thép xây dựng, thép hợp kim thấp để chế tạo các chi tiết, dụng cụ máy; Nhà máy Cơ khí Duyên Hải có 1 lò điện hồ quang 6 tấn/mẻ và 1 lò điện nhỏ có dung lượng 1,5 tấn/mẻ để sản xuất thép cacbon chế tạo các chi tiết máy và đúc sản phẩm mặt hàng trực tiếp. Ngoài ra, các nhà máy của quân đội, các liên doanh sản xuất thép của Công ty Gang thép Thái Nguyên cũng được trang bị các loại lò điện hồ quang cỡ 1,5 ÷ 3 tấn/mẻ để sản xuất thép xây dựng có công suất đạt hơn 100.000 ÷ 150.000 tấn/năm.

Nhìn chung thiết bị luyện thép tại các đơn vị trên đều đã cũ nên các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật đạt được rất thấp.

Tổng hợp các thiết bị, công nghệ nấu, đúc thép trong toàn ngành thép Việt Nam hiện nay được giới thiệu ở bảng I.4.

Bảng I.4. Số lượng thiết bị và các chỉ tiêu luyện và đúc thép

Danh mục	Đơn vị tính	Công ty Cán thép Thái Nguyên	Công ty Cán thép Miền Nam	Nhà máy Đà Nẵng	Các đơn vị ngoài	Tổng cộng
1. Thiết bị luyện thép						
– Số lò điện HQ	cái	09	14	02	~ 20	~ 45
– Dung lượng lò	tấn/mẻ	1,5 ÷ 30	1,5 ÷ 20	1,5	1,5 ÷ 6	–
– Tổng dung lượng	–	82,50	97,0	3,0	~ 46,5	~ 229
– Tổng công suất luyện	tấn/năm	252.000	300.000	8.000	~120.000	~680.000
2. Thiết bị đúc						
– Số lượng máy đúc liên tục	cái	01	03	Đúc khuôn	Đúc khuôn	04
– Số dòng đúc	dòng	1×4	3×2	–	–	06
– Tổng công suất đúc	tấn/năm	120.000	210.000			330.000

Nói chung sản xuất thép trong nước hiện nay chủ yếu bằng lò điện hồ quang. Tính năng kỹ thuật của lò điện, máy đúc liên tục và công suất sản xuất thép trong năm 1995 được nêu ở bảng I.5 và I.6.

Bảng 1.5. Sản xuất thép lò điện tại các nhà máy trong nước (năm 1995)

TT	Tên nhà máy	Dung lượng lò (tấn/mẻ)	Sản lượng thép $\times 10^3$ tấn/năm	Mẻ nấu thực tế tấn/mẻ	Thời gian luyện giờ, phút	Khả năng sản xuất $\times 10^3$ tấn/năm	Sản lượng thực tế $\times 10^3$ tấn/năm
1	Lưu Xá (TN)	30 $\times$ 1 lò	54,0	35	3.30	60	42
2	Gia Sàng (TN)	6 $\times$ 4	45,0	9 $\times$ 4	3.00	63	60
3	Đà Nẵng	1,5 $\times$ 2	5,4	2,3 $\times$ 2	1.30 ÷ 2.30	12	7,5
4	Biên Hoà	20 $\times$ 1	36,0	22 $\times$ 1	2.10	60	50
5	Thủ Đức	12 $\times$ 1	21,6	16 $\times$ 1	3.00	32	35
6	Thép Nhà Bè	12 $\times$ 1 10 $\times$ 1	40,0	16 $\times$ 2	3.15	60	43
7	Hợp kim sắt (NB)	3 $\times$ 1 3 $\times$ 2	5,4	3 $\times$ 1 3 $\times$ 2	3,0 —	6 —	5,4 —
8	Các nhà máy cơ khí TP.Hồ Chí Minh	8 $\times$ 1 5 $\times$ 1 1,5 $\times$ 4	34,2 — —	8 $\times$ 1 5 $\times$ 1 1,5 $\times$ 4	3,0 — —	40 — —	34,2 — —
	Bình quân	8,2 $\times$ 20	28	—	—	—	—
	Tổng cộng		289	—	—	398	300

Bảng I.6. Tính năng kỹ thuật của lò EAF ở các nhà máy

Tên nhà máy thép	Sản xuất thép và đúc thép			
	Đặc tính - chỉ tiêu kỹ thuật	Đặc tính máy đúc liên tục và đúc thổi	Trang bị khác	Năm xây dựng
1. Lưu Xá	30 tấn × 1 lò dung lượng biến áp P = 16.000 KVA	Máy đúc liên tục 4 dòng cs: 120.000 tấn/năm		EAF-1994 ĐLT-1996
2. Gia Sàng	6 tấn × 4 lò P = 5.200 KVA cs: 50.000 tấn/năm	Đúc thổi CĐ cs: 75.000 tấn/năm		EAF-1985
3. Đà Nẵng	1,5 tấn × 2 lò P = 125 KVA cs: 16.000 tấn/năm	Đúc thổi CĐ cs: 16.000 tấn/năm		EAF-1992
4. Biên Hoà	20 tấn × 1 lò P = 6000 KVA	Đúc liên tục 2 dòng cs: 70.000 tấn/năm	oxy + cacbon	ĐLT-1992
5. Thủ Đức	8 tấn × 1 lò; P = 6.000 KVA 12 tấn × 1 lò; P = 6.500 KVA cs: 46.000 tấn/năm	Đúc liên tục 2 dòng cs: 70.000 tấn/năm	oxy + cacbon	EAF-1975 -1994 ĐLT-1994
6. Nhà Bè	12 tấn × 1 lò, P = 9.000 KVA 10 tấn × 1 lò, P = 9.000 KVA cs: 45.000 tấn/năm	Đúc liên tục 2 dòng cs: 70.000 tấn/năm	oxy + cacbon	EAF-1973 -1992 ĐLT-1995
7. Hợp kim sắt NB	3 tấn × 1 lò, P = 4000 kVA cs: 12.000 tấn/năm 2 tấn × 2 lò, P = 2000 kVA 1 tấn × 2 lò, P = 1000 kVA	Đúc thổi CĐ cs: 12.000 tấn/năm	FeSi 45 2500 tấn/năm CaC ₂ 1200 tấn/năm	EAF-1975
8. Nhà máy cơ khí	8 tấn × 1 lò, P = 6000 KVA 5 tấn × 1 lò, P = 4000 KVA 1,5 tấn × 1 lò, P = 1500 kVA cs: 20.000 tấn/năm	Đúc thổi CĐ cs: 20.000 tấn/năm		
Tổng cộng	cs: 357.000 tấn/năm	Đúc liên tục: 330.000 tấn/năm Đúc CĐ: 146.000 tấn/năm		

Ngoài ra, Tổng Công ty Thép Việt Nam còn đầu tư xây dựng các loại lò điện cảm ứng trung tần, lò điện xỉ để phục vụ cho việc nghiên cứu khoa học và công nghệ được nêu ở bảng I.7.

Bảng I.7. Thiết bị phục vụ nghiên cứu khoa học tại Viện Luyện kim và Viện Công nghệ

TT	Tên thiết bị	Số lượng	Tình trạng kỹ thuật	Nước chế tạo
1	Lò trung tần 300 kg/mẻ	1	Đã sử dụng dụng 7 năm vẫn còn tốt	Anh quốc
2	Lò trung tần 500 kg/mẻ	1	Mới lắp đang sử dụng	Trung Quốc
3	Lò ICT trung tần 160 kg/mẻ	2	Đã sử dụng > 25 năm	Liên Xô (cũ)
4	Lò điện xỉ 100 kVA	1	Đang làm việc	Trung Quốc
5	Lò điện xỉ 250 kVA	1	Đang làm việc	Tự chế tạo

Hiện nay ở các cơ sở sản xuất người ta đã đầu tư xây dựng nhiều loại lò cảm ứng trung tần như Công ty Cơ khí Hà Nội có 4 lò trung tần dung lượng 500 kg/mẻ và 1000 kg/mẻ; Nhà máy Cơ khí Cẩm Phả có 2 lò trung tần 250 kg/mẻ; Công ty Xe điện Hà Nội có 2 lò trung tần 500 kg/mẻ v.v.; ước tính có khoảng trên 100 lò trung tần với dung lượng 500 ÷ 1000 kg/mẻ đã và đang được sử dụng để sản xuất thép hợp kim chuyên dùng.

1.2.10. Kết luận

Tình hình sản xuất thép của các cơ sở hiện tại trong công nghệ luyện kim Việt Nam:

Tổng số lò điện hồ quang sản xuất thép hiện có 40 chiếc, dung lượng lò từ 1,5 tấn đến 30 tấn/mẻ; tổng dung lượng lò 164 tấn, bình quân 8,2 tấn/mẻ. Sản lượng bình quân theo định mức 289.000 tấn thép/năm. Thực tế năm 1995 sản lượng thép thời đạt 300.000 tấn/năm. Tổng số máy đúc liên tục gồm 4 máy, trong đó 1 máy × 4 dòng và 3 máy × 2 dòng; tổng công suất máy đúc liên tục là 330.000 tấn/năm. Ngoài ra, một số nhà máy chưa được trang bị máy đúc liên tục, hàng năm chỉ có thể đúc 146.000 tấn thép thời. Điều đó chứng tỏ công suất máy đúc liên tục hiện còn dư thừa quá nhiều. Chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật (KTKT) rất thấp và tiêu hao vật tư quá cao. Ví dụ thời gian nấu luyện một mẻ thép bình quân 180 phút, tiêu hao điện năng từ 700 ÷ 900 kW.h/tấn và tiêu hao điện cực grafit 5 ÷ 8 kg/tấn, năng suất lao động thấp. Sở dĩ như vậy là do các nguyên

nhân sau đây:

1- Chất lượng phế thép không tốt: tỷ trọng đồng chỉ $0,3 \div 0,5$ tấn/m³, nhiều lần nạp liệu vào lò và thời gian nạp liệu kéo dài, phế thép han gỉ và lẫn đất cát nhiều, nên hiệu suất thu hồi thép lỏng thấp và khối lượng xỉ tăng.

2- Nguồn cung cấp sắt thép phế không đủ (nhất là ở miền Bắc), do đó không phát huy hết công suất của lò điện và công suất của máy đúc liên tục.

3- Dung lượng lò quá nhỏ, nhiều lò và bố trí rải rác ở nhiều nhà máy khác nhau.

4- Lò điện chạy hay bị sự cố về thiết bị vì quá cũ, hơn nữa trang thiết bị cho lò không đồng bộ.

Ví dụ: Lò điện hồ quang 30 tấn/mẻ ở Nhà máy Thép Lưu Xá, Thái Nguyên hay bị gãy điện cực và không có hệ thống hút và lọc bụi...

Tình hình sản xuất ở Nhật Bản trong những năm 1970 cũng như Việt Nam hiện nay (1998) thời gian nấu luyện là 180 phút/mẻ, tiêu hao điện năng 700 kW.h/tấn và tiêu hao điện cực grafit là 8 kg/tấn. Từ năm 1970 đến năm 1993, Nhật Bản đã cải tạo thiết bị và lò và áp dụng một số công nghệ hiện đại vào sản xuất thép như thổi oxy, tinh luyện thép ngoài lò, làm nguội tường và nắp lò bằng nước, áp dụng đưa chế độ điện siêu công suất và ngọn lửa hồ quang dài, sử dụng xỉ tổng hợp, xỉ đơn v.v., lỗ ra thép lệch tâm ở đáy lò, nung liệu và nạp liệu liên tục, sử dụng lò điện hồ quang 1 chiều vào nấu luyện thép, lò yếm khí, phun bột than, phun dầu mazut, thiết kế cải tạo lò đáy sâu và các hệ thống thiết bị phục vụ hoàn hảo. Do áp dụng các biện pháp công nghệ hiện đại như trên cho nên năm 2000 sản xuất thép của Nhật Bản đã đạt được thời gian nấu luyện 45 phút/mẻ, tiêu hao điện năng là 300 kW.h/tấn và tiêu hao điện cực 2,2 kg/tấn thép. Trên cơ sở kinh nghiệm sản xuất thép của Nhật Bản và những tồn tại sản xuất thép ở Việt Nam hiện nay, cần thiết phải cải tạo, quy hoạch lại các cơ sở sản xuất thép và áp dụng một số biện pháp sau:

5- Gia công cắt, phá và ép phế thép để tăng tỷ trọng đồng và làm sạch phế thép để thời gian nạp liệu vào lò giảm 10 phút/mẻ.

6- Thổi oxy và phun than bột vào lò để giảm thời gian nóng chảy 40 phút/mẻ (20% so với thời gian trước).

Ví dụ: Nhà máy Thép Biên Hoà đã sử dụng biện pháp trên nên đã giảm thời

gian nấu từ 180 phút xuống 140 phút/mẻ. Với thiết bị thổi oxy và phun than bột trên sẽ được áp dụng vào Nhà máy Thép Lưu Xá và Nhà máy Thép Nhà Bè. Ngoài ra còn sẽ phun thêm dầu FO vào lò điện 30 tấn/mẻ.

7- Đầu tư lò thùng LF để giảm thời gian tinh luyện thép, giảm được 30 phút/mẻ (20%), đồng thời phải tác động điều phối giữa lò điện hồ quang và máy đúc liên tục làm việc theo 1 thời gian ngắn hợp lý nhất.

8- Đưa gang lỏng từ lò cao sang lò điện 30 tấn/mẻ: hiện nay lò cao sản xuất được 100 tấn gang/ngày cấp cho lò điện 20 tấn/ngày, còn lại 80 tấn cấp cho các cơ sở sản xuất khác. Với tỷ lệ phối liệu 20 tấn gang thỏi/ngày và 140 tấn phế thép/ngày thì sản lượng đạt 125 tấn thép/ngày. Nếu chúng ta sử dụng 100 tấn gang lỏng/ngày và 140 tấn thép phế/ngày thì sản lượng đạt 190 tấn thép/ngày. Như vậy tỷ lệ gang lỏng đạt 42% trong phối liệu.

9- Đầu tư hệ thống hút bụi và lọc bụi cho lò điện hồ quang 30 tấn/mẻ.

10- Quy hoạch lại các nhà máy sản xuất thép và tập trung các lò điện hồ quang lại nhằm tận dụng hết công suất máy đúc liên tục và thực hiện đúc thời liên tục > 3 mẻ/1 lần. Ở Công ty Gang thép Thái Nguyên có 2 cơ sở sản xuất thép sẽ tập trung lại chỉ còn một nhà máy sản xuất với 2 lò điện hồ quang $\times$ 30 tấn/mẻ. Ở Công ty Thép Miền Nam có 6 nhà máy sản xuất thép sẽ quy hoạch lại chỉ còn 3 nhà máy từ 13 lò chỉ còn 9 lò điện hồ quang, mỗi nhà máy được trang bị 3 lò. Bằng các biện pháp trên, các cơ sở sản xuất thép sẽ đạt được năng suất cao và hiệu quả KTKT tốt.

1.3. PHÂN LOẠI CÁC LÒ ĐIỆN

Lò điện thường được chia làm ba loại chủ yếu: lò điện hồ quang, lò điện cảm ứng và lò điện trở. Mỗi loại lò đều có tính năng kỹ thuật và khả năng sử dụng theo mục đích khác nhau.

1.3.1. Lò điện hồ quang

Theo cấu tạo và ứng dụng lò hồ quang gồm ba loại: lò hồ quang gián tiếp, lò hồ quang trực tiếp và lò hồ quang phủ kín (hình 1.1).

1.3.1.1. Lò hồ quang trực tiếp EAF (*electric arc furnace*)

Theo cấu tạo mạch điện, lò hồ quang được chia thành hai loại: lò hồ quang xoay chiều AC-EAF (*alternating current*) và lò hồ quang một chiều DC-EAF

(direct current). Nguồn điện cung cấp cho lò theo ba chế độ: chế độ điện bình thường RP (regular power), chế độ điện cao HP (high power) và chế độ siêu công suất UHP (ultrahigh power).

Lò hồ quang trực tiếp được sử dụng phổ biến trên thế giới cũng như trong nước là nấu luyện thép các loại, do đó luyện thép trong lò điện hồ quang là phương pháp chủ yếu trong quá trình sản xuất thép lò điện hiện nay.

1.3.1.2. Lò điện hồ quang gián tiếp sử dụng hai điện cực grafit

Loại lò này có thể sử dụng nguồn điện một chiều, cũng có thể dùng nguồn điện xoay chiều. Hai cực nằm ngang được xuyên qua hông lò vào lò. Nhiệt độ trong lò đạt được không cao, khoảng $1300 \div 1350^{\circ}\text{C}$, do đó loại lò này được dùng để nấu luyện kim loại dễ chảy, kim loại mẫu như đồng (Cu), chì (Pb), thiếc, kẽm...

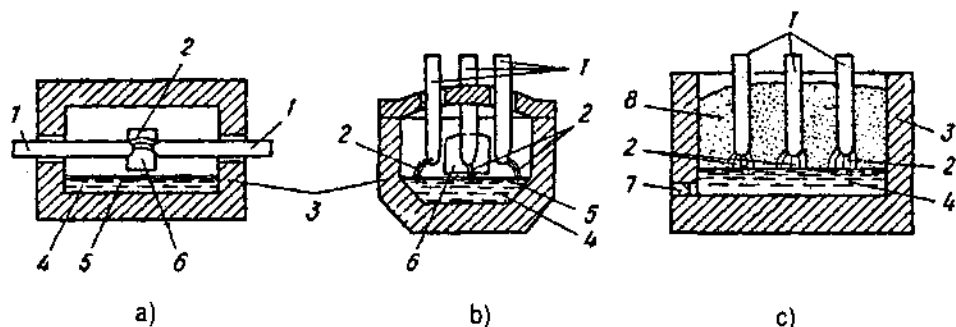
1.3.1.3. Lò điện hồ quang phủ kín hay còn gọi là lò ferro hợp kim

Biến áp lò được thiết kế theo nhiều mức điện áp ra ($15 + 31$ mức) từ 120 V xuống tới $50 \div 60$ V. Mức điện áp ra phụ thuộc vào các loại ferro cần nấu. Khi nấu ferro crom (FeCr) cần có điện áp ra (thứ cấp) $120 \div 80$ V; khi nấu ferro silic (FeSi) cần có điện áp ra $90 \div 70$ V; còn khi nấu FeMn cần có điện áp ra $80 \div 60$ V... Trong quá trình nấu ferro, hồ quang phát ra dưới 3 điện cực tự thiêu kết, chòm hồ quang ngắn và rộng bị chìm sâu trong bể liệu, do đó liệu tiếp thụ nhiệt của hồ quang và nhiệt điện trở của bản thân liệu mà được nóng chảy. Quá trình nấu luyện ferro hợp kim là quá trình xảy ra liên tục kéo dài trong một thời gian nhất định. Sản phẩm được tháo ra qua lỗ ở hông lò theo định kỳ (xem hình 1.1c).

1.3.2. Lò cảm ứng không có lõi sắt

Lò cảm ứng không có lõi sắt dùng để nấu luyện thép và hợp kim và là loại lò được sử dụng phổ biến nhất. Theo cấu tạo mạch điện có thể chia ra ba loại: lò cảm ứng tần số cao có dung lượng định mức từ $10 \div 50$ kg/mẻ với tần số làm việc $35.000 \div 75.000$ Hz. Để tạo ra tần số cao như vậy người ta dùng máy phát điện bằng bóng đèn điện tử 3 cực. Loại lò này hiện nay ít sử dụng để nấu thép mà chủ yếu để nung, tôi các chi tiết máy. Lò cảm ứng trung tần có dung lượng lò từ $100 \div 1000$ kg/mẻ với tần số làm việc $1000 + 3000$ Hz. Để tạo ra được tần số này người ta sử dụng máy phát điện hoặc máy phát từ quay. Loại lò này đã và đang được sử dụng nhiều và rộng rãi khắp trong nước để nấu luyện các loại thép

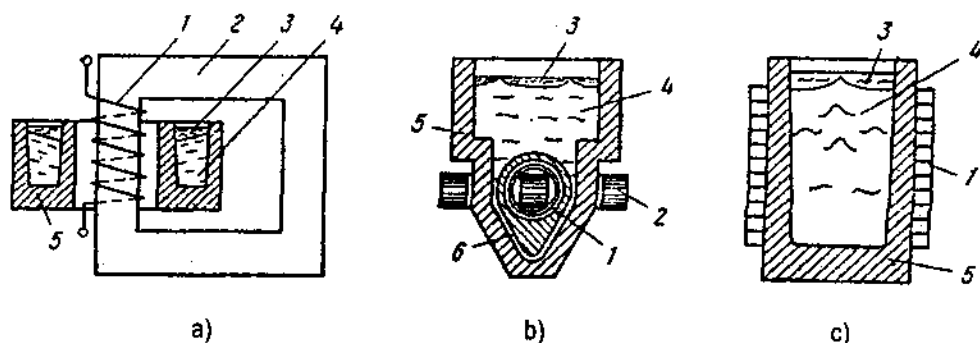
hợp kim cao, ít cacbon. Lò cảm ứng tần số công nghiệp được sử dụng để nấu hợp kim dễ chảy, gang hợp kim, hợp kim đồng - nhôm, hoặc để nung sấy các loại vật liệu như ferro hợp kim...



Hình 1.1. Sơ đồ loại lò hồ quang

(a) lò hồ quang gián tiếp 2 cực; (b) lò hồ quang trực tiếp; (c) lò hồ quang phủ kín hay gọi là lò ferro hợp kim;

1- điện cực grafit; 2- chùy hồ quang điện; 3- nôi lò bằng vật liệu chịu lửa; 4- kim loại lỏng trong lò; 5- lớp xỉ; 6- cửa thao tác chất liệu phụ và tháo xỉ; 7- lò tháo sản phẩm; 8- liệu nấu ferro hợp kim.



Hình 1.2. Sơ đồ loại lò cảm ứng:

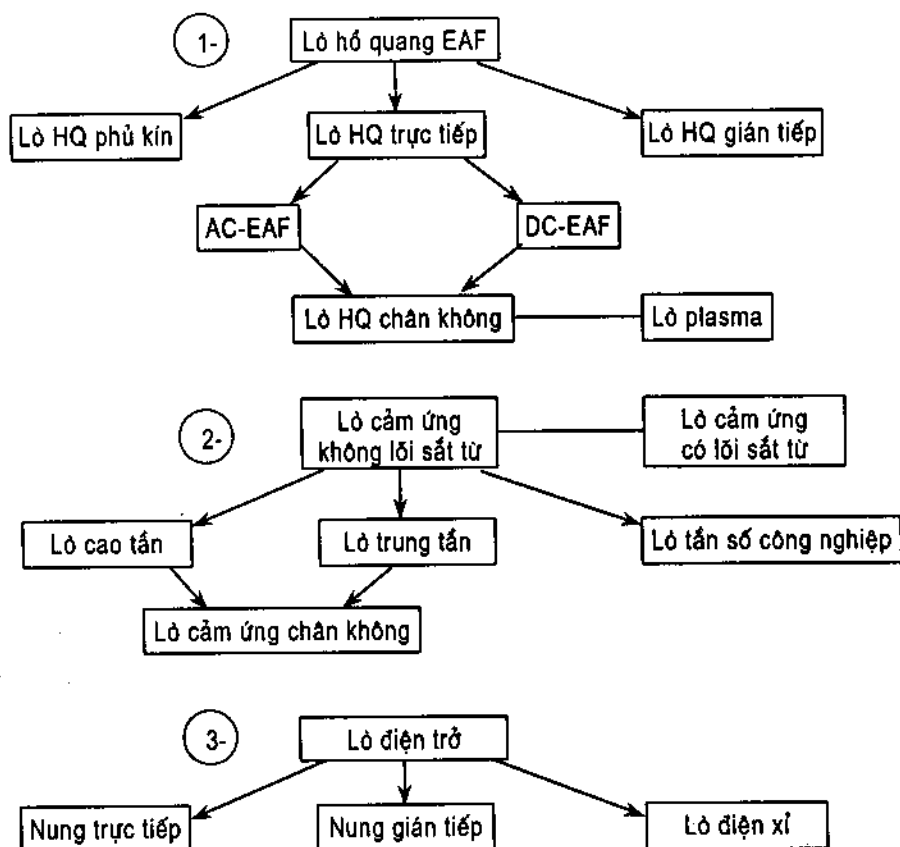
(a) lò cảm ứng có lõi sắt từ kiểu kênh để nấu kim loại màu: đồng, chì, kẽm, thiếc, nhôm; (b) lò cảm ứng có lõi sắt từ kiểu hầm; (c) lò cảm ứng không lõi sắt từ kiểu nổi;

1- cuộn cảm ứng; 2- lõi sắt từ; 3- lớp xỉ; 4- kim loại; 5- nôi chứa kim loại bằng vật liệu chịu lửa; 6- rãnh chuyển động kim loại.

1.3.3. Lò điện trở

Lò điện trở được sử dụng để nung các chi tiết, các dụng cụ máy phục vụ cho ngành nhiệt luyện và ngành cơ khí chế tạo. Thường có hai loại lò điện trở để làm nhiệm vụ nung sấy: lò nung trực tiếp và lò nung gián tiếp. Lò nung trực tiếp dùng để nung các chi tiết có kích thước nhỏ, có dạng thù hình đơn giản. Bộ phận nung được bọc sát xung quanh vật nung, do đó nhiệt toả trực tiếp truyền vào vật nung. Còn lò nung gián tiếp dùng để nung đều các vật chi tiết to, hình dạng phức tạp. Bộ phận nung được đặt vào áo và nắp, do đó nhiệt bức xạ trực tiếp lên áo lò, sau đó phản xạ nhiệt vào lòng lò (vật nung để cố định trong lò). Hiện nay người ta hay sử dụng lò nung gián tiếp để nung các loại vật liệu, các dụng cụ, chi tiết máy, các loại ferro hợp kim...

Sơ đồ phân loại các lò điện được nêu ở hình 1.3.



Hình 1.3. Sơ đồ phân loại các lò điện.

KỸ THUẬT Lò ĐIỆN HỒ QUANG XOAY CHIỀU (AC-EAF) LUYỆN THÉP

2.1. MỞ ĐẦU

Luyện thép lò điện chủ yếu là luyện thép lò điện hồ quang xoay chiều. Hiện nay trên thế giới cũng như một số nước Châu Á sử dụng lò điện hồ quang kiểm tính để nấu luyện thép cacbon chất lượng và các loại thép hợp kim. Lò điện hồ quang chủ yếu tận dụng nhiệt của chùm hồ quang phát ra giữa điện cực và kim loại chứa trong lò, do đó có những đặc điểm sau:

- Biến điện năng thành nhiệt năng dưới dạng hồ quang, do đó tận dụng được nhiệt hữu ích tối đa (hiệu suất nhiệt cao $\eta_t \geq 70\%$).

- Nhiệt độ ở vùng hồ quang giữa ba điện cực đạt được $t \geq 3000^\circ\text{C}$, do đó nâng được nhiệt độ thép lỏng $> 1600^\circ\text{C}$, thoả mãn điều kiện kỹ thuật luyện các mác thép và hợp kim khác nhau.

- Trong quá trình nấu luyện ở lò có thể tạo ra được môi trường oxy hoá, môi trường hoàn nguyên, có thể khống chế và điều chỉnh một cách chính xác thành phần hoá học và nhiệt độ thép lỏng, đảm bảo khử được lưu huỳnh (S), khí thể và các tạp chất có hại trong thép đến giới hạn thấp nhất, đặc biệt khống chế cháy hao các nguyên tố hợp kim đến giới hạn cho phép, đồng thời đảm bảo chất lượng thép và năng suất lò cao (hệ số thu hồi $\geq 90\%$).

- Kết cấu lò và thiết bị tương đối đơn giản, gọn, chiếm diện tích mặt bằng ít, vốn đầu tư xây dựng thấp và thời gian xây dựng xưởng nhanh.

- Trong công nghệ nấu luyện thép, dễ dàng áp dụng các biện pháp tự động và cơ khí hoá cao, dễ dàng tiến hành luyện thép trong môi trường chân không. Do đó phương pháp lò điện có khả năng nấu luyện được các kim loại, thép hợp kim đặc biệt có độ sạch cao và siêu sạch. Tuy vậy, lò điện hồ quang luyện thép còn tồn tại những yếu điểm cần phải chú ý khắc phục.

- Trong quá trình phát hồ quang điện luôn luôn tạo ra môi trường ion hoá khí trong lò, do đó có khả năng hoà tan khí nitơ (N_2) nhiều vào thép lỏng, làm giảm chất lượng sản phẩm đúc.

– Hồ quang là một nguồn điểm bức xạ nhiệt nên phân bố nhiệt không đồng đều trong lò làm ảnh hưởng đến quá trình nấu chảy liệu, ảnh hưởng lớn đến sự bay hơi của các nguyên tố hợp kim (volfram, mangan...) và ảnh hưởng đến tuổi thọ áo lò (hay bị cháy cục bộ).

– Phôi liệu được đưa vào nấu chủ yếu là sắt thép phế có thành phần hoá học tương đối ổn định, nhất là (P) và (S) thấp. Thông thường người ta đã tận dụng thép từ các khâu đúc, rèn, cán quay vòng lại, do đó lượng sắt thép phế như trên không thoả mãn nhu cầu cung cấp cho lò điện luyện thép. Đặc biệt đối với lò điện hồ quang cỡ lớn > 30 tấn/mẻ lượng thép phế do nội bộ nhà máy cung cấp chỉ đạt $15 \div 20\%$ (30%), số còn lại > 70% phải nhập ngoại. Vì vậy cần phải tận dụng các loại liệu như gang thổi hoặc gang lỏng, sắt xốp, sắt hạt, sắt cacbit v.v. để cung cấp cho lò điện hồ quang, có như vậy mới phát huy được hết khả năng làm việc của lò và thiết bị, đảm bảo tăng năng suất và hạ giá thành sản phẩm.

– Tiêu hao điện năng và điện cực khá lớn; đặc biệt nhiều nước chưa sản xuất được điện cực grafit, giá tiền điện còn cao. Giá thành thép thành phẩm phụ thuộc chính vào giá tiền của hai loại nguyên nhiên liệu trên (chiếm $65 \div 70\%$ giá thành sản phẩm).

Để lò điện hồ quang luyện thép vừa đi vào hoạt động ổn định lâu dài vừa đảm bảo năng suất cao và hạ giá thành sản phẩm hợp lý cần áp dụng các biện pháp cụ thể sau:

+ Loại bỏ bớt các loại lò nhỏ $1,5 \div 6$ tấn/mẻ, cải tạo lò $15 \div 20$ tấn/mẻ thành lò có dung lượng $30 \div 100$ tấn/mẻ, đồng thời xây dựng lò hồ quang cỡ lớn và hiện đại $100 \div 400$ tấn/mẻ.

Hiện nay CHLB Nga đã đi vào sản xuất thép trong lò điện $100 \div 250$ tấn/mẻ, Mỹ sử dụng loại lò $200 \div 360$ tấn/mẻ để sản xuất thép cacbon chất lượng, còn Trung Quốc, Ấn Độ, Triều Tiên đã sử dụng lò điện cỡ $100 \div 200$ tấn/mẻ để sản xuất thép cacbon và thép hợp kim.

+ Áp dụng các thiết bị cơ khí và tự động hoá cao vào khâu chất liệu, vá lò, cào xỉ, khuấy trộn kim loại bằng máy cảm ứng điện từ, đặc biệt cần điều chỉnh nhanh, chính xác điện cực trong quá trình nấu luyện thép bằng hệ thống thiết bị bán dẫn tiristor silic điều khiển.

+ Thực hiện các biện pháp cường hoá quá trình luyện thép:

- Sử dụng 30 ÷ 50% gang lỏng trong phối liệu, vừa giảm được lượng thép phế đáng kể, vừa giảm thời gian nấu chảy, năng suất lò tăng.
- Thổi oxy nguyên chất vào lò ở giai đoạn nấu chảy và đầu giai đoạn oxy hoá, tăng tốc độ phản ứng luyện kim.
- Phun dầu, bột cacbon hoặc thổi khí argon với các chất phản ứng, chất khử...
- Thực hiện tinh luyện thép ngoài lò, giảm đáng kể thời gian hoàn nguyên kim loại trong lò điện như lò điện thùng (LF), lò yếm khí v.v.
- Áp dụng chế độ điện cao, hoặc siêu công suất trong quá trình nấu luyện thép, giảm đáng kể thời gian nấu chảy, năng suất lò tăng cao.

+ Áp dụng phương pháp công nghệ phối hợp giữa lò thổi oxy với lò điện để tăng năng suất lò và đồng thời giảm chỉ tiêu tiêu hao.

+ Đưa lò điện hồ quang một chiều siêu công suất với dung lượng 100 ÷ 150 tấn/mẻ vào nấu thép, bảo đảm tăng năng suất lò ~100 tấn/giờ, tiêu hao điện năng và điện cực giảm tới giới hạn cực tiểu.

($W_{dn} = 300 \div 360 \text{ kW.h/tấn}$ và $W_{dc} = 1,2 \div 2 \text{ kg/tấn thép}$).

+ Nung liệu trước ngoài lò hoặc nung đồ liệu trước trong lò kiểu SF (lò thân cột của Thụy Điển). Đặc biệt hiện nay đã và đang sử dụng phổ biến công nghệ nung, nấu luyện thép trong SF. Đây là một công nghệ mới: nung, nấu theo chu trình tuần hoàn và liên tục, mẻ tiếp mẻ.

2.2. CẤU TẠO LÒ VÀ CÁC THIẾT BỊ

2.2.1. Cấu tạo lò

Lò điện hồ quang gồm có vỏ ngoài bằng thép chịu nhiệt, có độ dày 10 ÷ 25 mm; thân lò dạng hình trụ đáy cong hoặc đáy phẳng, hay thân dạng hình côn đáy cong. Bên trong vỏ có xây hoặc đầm vật liệu cản nhiệt và gạch chịu lửa cao. Trên thân lò có nắp đáy kín cố định hoặc dịch chuyển được khi chất liệu vào lò theo phương pháp trên xuống. Nắp lò không có vỏ bọc bằng kim loại, nhưng để đảm bảo độ cứng và bền chắc người ta làm một vành đai bằng kim loại ôm kín chân vòm nắp. Tùy theo dung lượng lò (tấn/mẻ) mà người ta xây đầm các loại, các lớp gạch khác nhau và có độ dày phù hợp.

Vật liệu xây lò:

Lò hồ quang bazơ thường được xây bằng gạch manhezit (MgO), crom-manhezit ($\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-MgO}$), manhezit-cromit ($\text{MgO-Cr}_2\text{O}_3$), cũng có khi dùng gạch alumin cao (Al_2O_3) để xây nắp lò. Ngoài ra còn sử dụng gạch samot A ($\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2$) để cản nhiệt và giữ nhiệt. Gạch manhezit được dùng để xây phần trên của tường lò và phần đáy lò, có thành phần hoá học: $\text{MgO} = 86\%$, $\text{CaO} = 2\%$, $\text{FeO} = 5\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 1,5\%$, $\text{MnO} = 0,8\%$ và $\text{SiO}_2 = 4\%$. Gạch manhezit có độ chịu lửa cao $1700 \div 1800^\circ\text{C}$, nhiệt độ bắt đầu biến mềm 1500°C và độ dẫn nhiệt lại cao, nhưng gạch này lại có tính bền nhiệt kém hay bị nứt vỡ khi nhiệt độ thay đổi đột ngột, do đó người ta không sử dụng gạch để xây nắp lò và chân tường lò (phần dưới).

Gạch crom-manhezit ($\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-MgO}$) có thành phần hoá học $\text{Cr}_2\text{O}_3 = 20 \div 30\%$, $\text{MgO} = 40 \div 45\%$. Loại gạch này có độ chịu lửa cao, độ dẫn nhiệt tốt và chịu được sự thay đổi nhiệt độ đột ngột, do đó người ta thường dùng để xây chân tường lò, chỗ tháo thép, đôi khi dùng để xây nắp lò.

Gạch manhezit-cromit có thành phần hoá học $\text{MgO} = 65 \div 70\%$, $\text{Cr}_2\text{O}_3 = 8 \div 18\%$. Loại gạch này được sử dụng phổ biến để xây nắp lò điện hồ quang bazơ.

Gạch samot, đây là loại gạch có tính chất trung tính, có thành phần hoá học $\text{Al}_2\text{O}_3 = 20 \div 30\%$, $\text{SiO}_2 = 55 \div 60\%$. Thường dùng loại gạch này để xây lớp cản nhiệt ngoài cùng ở đáy, tường, máng rót thép và nổi rót thép.

Phương pháp xây lò:

Nắp lò điện hồ quang luyện thép phải làm việc trong điều kiện nhiệt độ cao và áp suất lớn. Trong quá trình nấu luyện thép, nắp lò là nơi tập trung lượng nhiệt khá lớn, nhiệt độ $> 1700^\circ\text{C}$, khói bụi nóng nhiều, vì vậy cần phải dùng loại gạch vừa có độ chịu lửa cao vừa bền nhiệt, đồng thời phải tiến hành xây đúng kỹ thuật, cẩn thận và chắc chắn. Đầu tiên đặt vành nắp lò lên nền cát có độ vòm giống như độ cong của nắp lò, tiếp theo xác định chính xác tâm của ba lỗ điện cực, mỗi tâm của lỗ cách nhau 120° tạo thành một tam giác đều ở chính giữa khung vành đai nắp lò, sau đó xây ba lỗ điện cực trước, xây gân nắp lò, tiếp theo xây nắp lò theo cách từ ngoài vào trong, cứ xây xong $3 \div 4$ viên gạch thì lót một tấm tôn dày $1 \div 1,5$ mm, các viên gạch đều được xây dựng đúng và chèn chặt các viên gạch xây. Sau khi xây xong đưa nắp vào nơi khác để nung sấy cẩn thận (hình I.4).

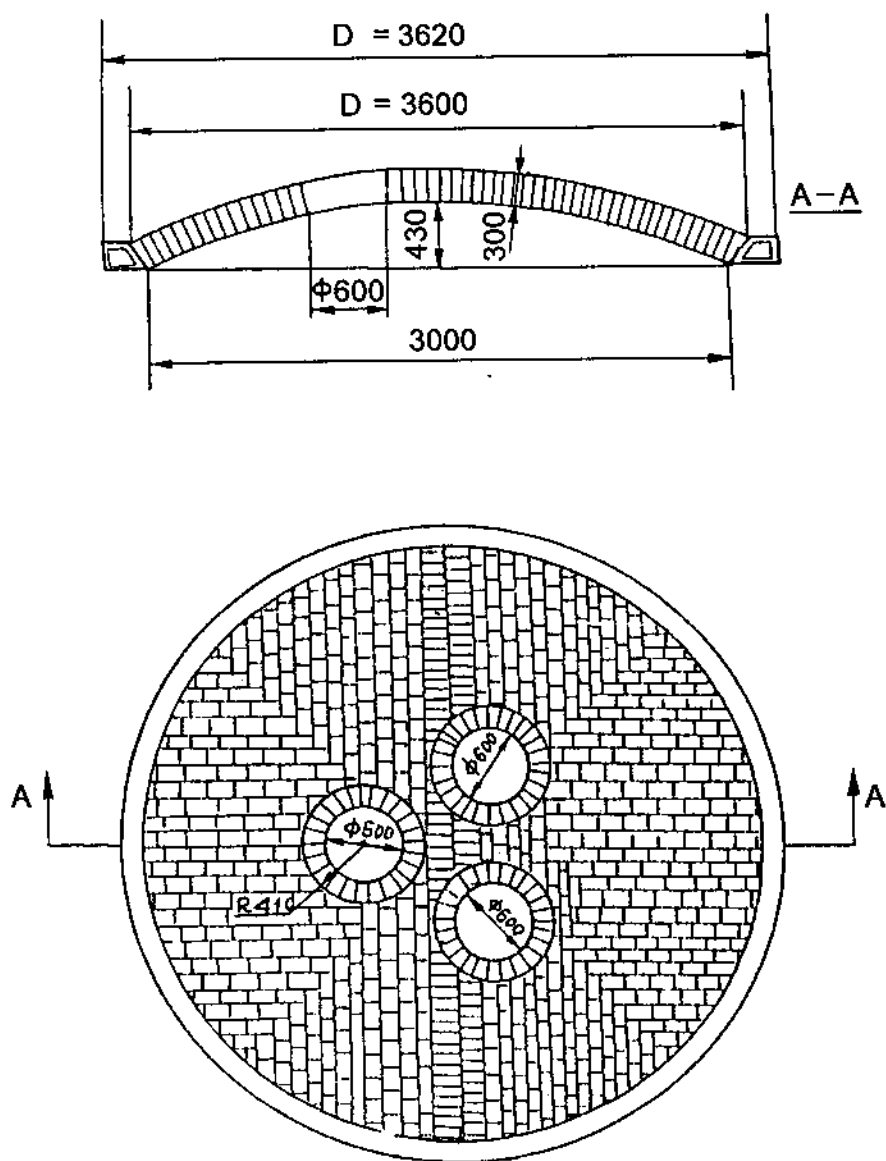
Nắp lò điện hồ quang luyện thép thường được xây một lớp gạch dựng đứng có độ dày $230 \div 400$ mm. Đối với những loại lò lớn và hiện đại ($100 \div 400$ tấn/mé), nắp lò thường được nâng lên và quay một góc 60 hay 120° để chất liệu vào lò. Do đó nắp lò ngoài yêu cầu về độ chịu lửa cao, bền nhiệt, còn phải bền cơ học, chắc chắn không bị vênh uốn cong trong quá trình nấu luyện thép cũng như thao tác nâng hạ, quay nắp lò.

Tường lò có hai phần, phần trên mỏng hơn, phần dưới dày hơn, nghĩa là tường lò luôn luôn có độ vát $\sim 10\%$, tức là cứ 100 mm phần trên được vát vào 10 mm. Nhờ có độ vát như vậy cho nên việc chất liệu vào lò cũng thuận lợi, mặt khác tránh được cháy mòn do tia hồ quang phát ra. Phần trên chủ yếu xây loại gạch chịu lửa cao, còn phần dưới luôn luôn bị va động của liệu rắn chất trên xuống, vừa phải chịu quá trình bào mòn, tẩm thực của xỉ và thép lỏng, do đó cần phải xây loại gạch vừa bảo đảm tính chịu lửa cao, bền nhiệt và vừa bền cơ học.

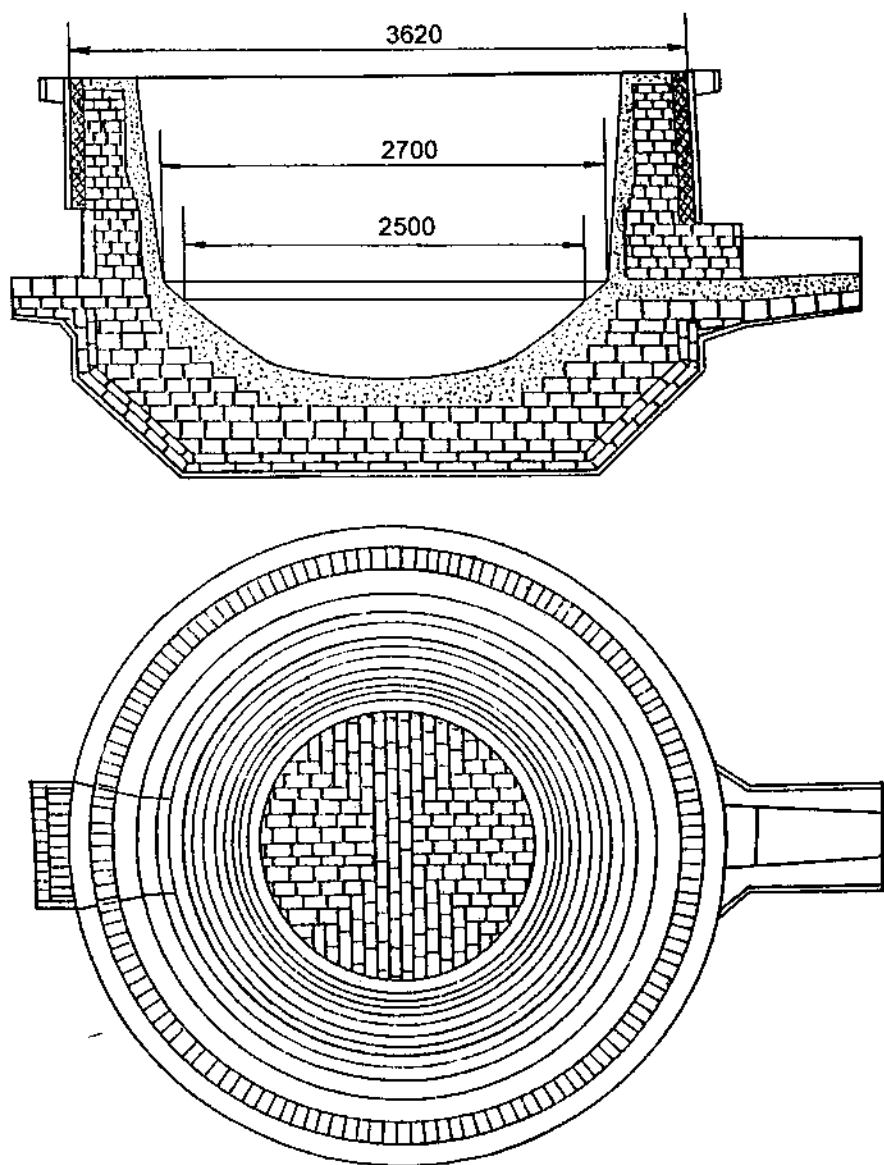
Sau khi xây đáy xong thì tiến hành xây tường lò, xây từ trong ra tâm lò và xây từ chân tường phía dưới lên trên.

Đối với lò cỡ trung bình và lớn thường tường được xây ba lớp: sát vỏ thép lớp đầm hoặc gạch samot có độ dày $10 \div 20$ mm, tiếp theo xây hoặc đầm lớp gạch samot dày $30 \div 120$ mm, tiếp lớp gạch samot là xây lớp gạch làm việc có độ dày $230 \div 450$ mm (gạch manhezit được xây ở phần trên còn gạch crom-manhezit ở phần dưới). Tổng độ dày của tường lò $300 \div 700$ mm (trên $\delta_T = 300$ mm, dưới $\delta_T = 700 \div 600$ mm). Xây đáy lò – lò điện hồ quang bazơ cần được xây đáy lò đúng kỹ thuật và có độ dày phù hợp với dung lượng lò (hình I.5 và I.6).

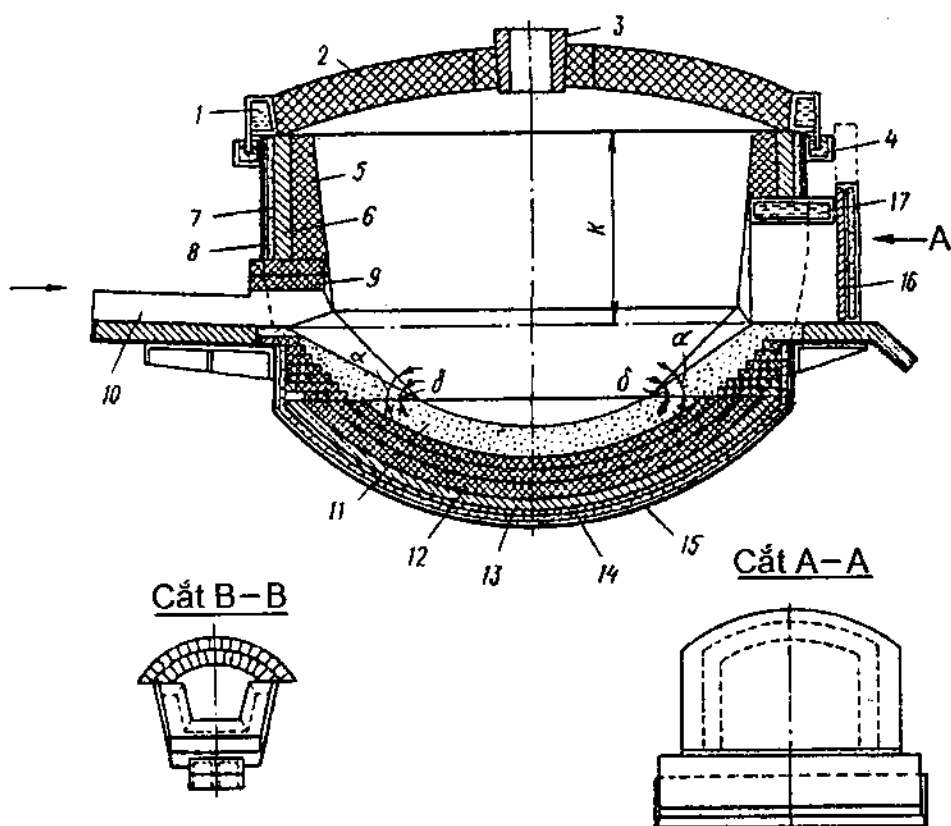
Độ dày của đáy thường $450 \div 900$ mm, được xây 4 lớp: lớp sát vỏ lò là bột hoặc sạn samot xốp có độ dày $10 \div 25$ mm, tiếp theo xây lớp gạch samot dày $65 \div 130$ mm, trên lớp gạch samot là lớp gạch manhezit xây nghiêng 115 mm, độ dày của lớp này thường $115 \div 345$ mm, trên cùng là một lớp đầm bằng sạn manhezit có độ dày $100 \div 250$ mm. Đáy lò là nơi chứa thép lỏng và xỉ, cần đảm bảo độ chịu lửa cao, giữ nhiệt tốt, chịu được quá trình sôi thép lỏng, chống tẩm thực của xỉ lỏng (nhất là xỉ bột). Đặc biệt đáy lò phải bền chắc để chống được va đập mạnh của quá trình chất liệu rắn từ trên xuống.



Hình 1.4. Cấu tạo nắp lò điện hồ quang 10 tấn/mê
(Nhà máy Cơ khí Thái Nguyên).



Hình 1.5. Cấu tạo nội hình lò điện hồ quang với dung lượng 10 tấn/m³
(Nhà máy Cơ khí Thái Nguyên).



Hình 1.6. Cấu tạo nội hình lò điện hồ quang với dung lượng 100 tấn/mẻ
(Liên Xô cũ):

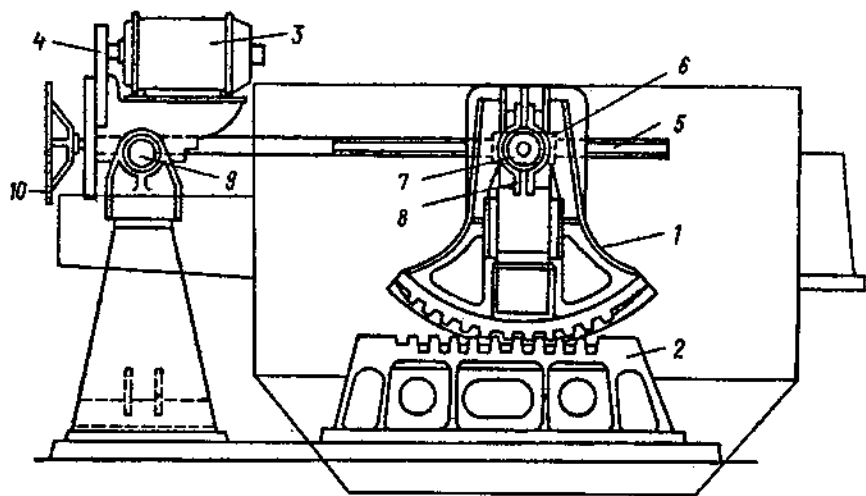
1- vành ôm nắp lò có nước làm nguội; 2- nắp lò; 3- gạch ống lỗ điện cực; 4- rãnh đáy cát (để tránh sự giãn nở thể tích của nắp lò); 5- tường lò phía trên bằng gạch MgO; 6- lớp cản nhiệt bằng gạch samot A; 7- tấm amiăng hoặc bột samot cản nhiệt; 8- vỏ thép dày 20 mm; 9- gạch chân tường lò bằng crom-manhezit ($\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-MgO}$); 10- máng ra thép; 11- lớp đầm đáy bằng bột sạn MgO; 12- lớp gạch đáy bằng manhezit; 13- lớp cản nhiệt samot A; 14- tấm aminăng cản nhiệt; 15- vỏ đáy lò bằng thép.

2.2.2. Thiết bị lò

Thiết bị lò điện hồ quang có nhiều loại: thiết bị cơ điện nâng hạ nắp lò, thiết bị cơ điện chuyển dịch lò ra khỏi nắp lò để chất liệu, thiết bị cơ điện quay lò theo trục lò để đảo liệu, thép lỏng và xỉ lỏng, thiết bị cơ điện nâng hạ nắp cửa thao tác, thiết bị cơ điện nâng hạ điện cực trong quá trình nấu luyện thép v.v.

1. Thiết bị cơ điện quay nghiêng lò về một phía để tháo xỉ, ra thép thường có hai loại: thiết bị cơ điện quay lò đặt bên hông lò và thiết bị cơ điện đặt dưới đáy lò.

Thiết bị quay lò được đặt bên hông. Hệ thống này gồm có bộ tỷ có răng khía được đặt cố định hai bên hông lò; trên có hai trụ đỡ hình viên phân dạng răng khía ăn khớp với răng khía của bộ tỷ ở dưới. Hai trụ đỡ được gắn chặt bên hông lò, xuyên qua một trụ đỡ hình viên phân có trục vít vô tận. Ngoài ra còn có một trụ đỡ trục vít vô tận cố gắn động cơ điện lên trục đỡ, có hộp giảm tốc và có vô lăng. Khi động cơ quay chuyển vào bộ răng khía giảm tốc, kéo theo trục vít vô tận quay theo làm lò quay nghiêng về một phía. Khi có sự cố mất điện thì người ta sử dụng vô lăng quay tay (hình I.7).



Hình I.7. Bộ phận cơ điện quay lò đặt bên hông:

1- trụ đỡ hình viên phân; 2- bộ tỷ cố định ở sàn thao tác; 3- động cơ điện; 4- bánh răng khía của hộp giảm tốc; 5- trục vít vô tận; 6- ổ trục vít; 7- chốt hãm; 8- chốt tháo mở; 9- ổ trục đỡ trục vít; 10- vô lăng quay tay.

* Ưu nhược của thiết bị này như sau:

– Ưu điểm:

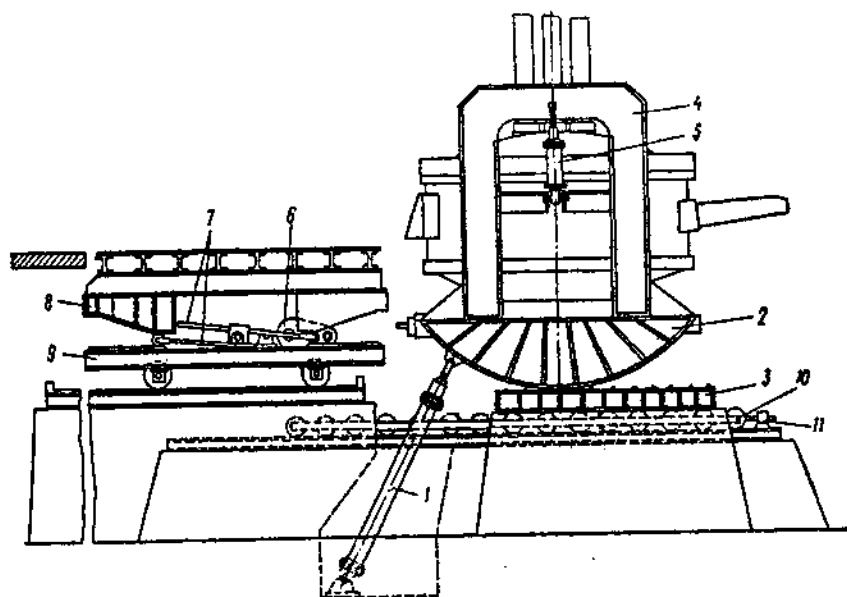
- + Có cấu tạo đơn giản, gọn;
- + Có thể quay bằng tay được;
- + Không có xỉ và thép lỏng bắn té lên động cơ điện và trục vít vô tận.

– Nhược điểm:

- + Sau một thời gian làm việc hay bị lệch trọng tâm lò;
- + Chiếm chỗ ở sàn thao tác;
- + Tốc độ quay lò chậm, lúc lò quay trở lại vị trí ban đầu lò bị rung động mạnh.

Vì vậy thiết bị cơ điện đặt bên hông lò được sử dụng cho các loại lò cỡ nhỏ 1,5 + 5 tấn/m².

Bộ phận cơ điện quay lò đặt dưới đáy lò (hình 1.8).



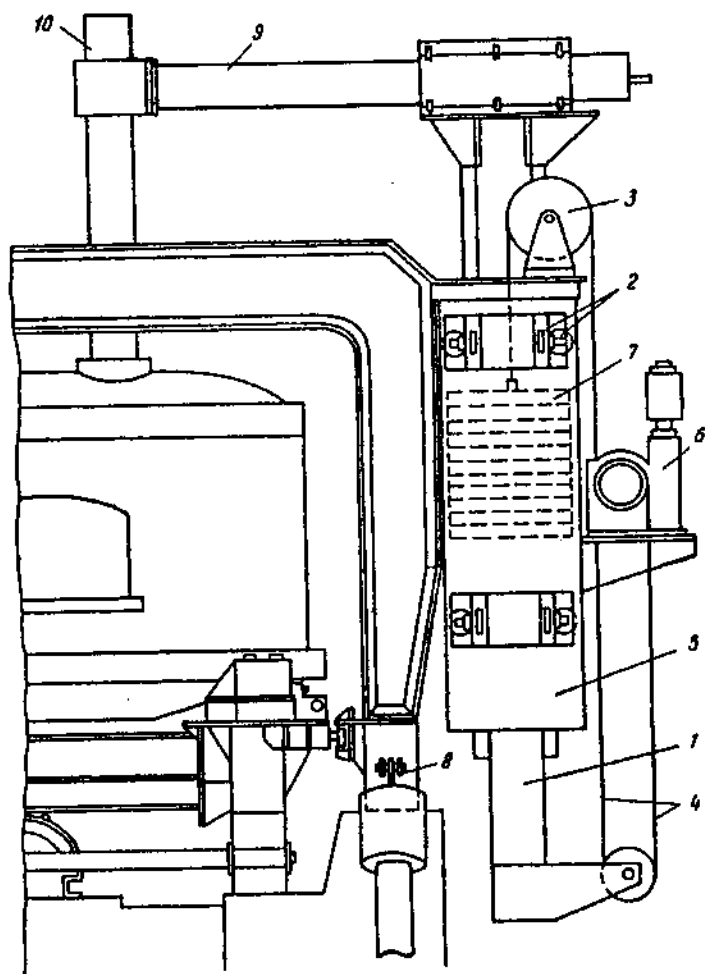
Hình 1.8. Thiết bị cơ điện quay lò được đặt dưới đáy lò:

1- pistông làm nghiêng lò; 2- hai trụ hình viên phân được gắn chặt hai bên hông lò; 3- hệ thống con lăn chuyển dịch lò; 4- khung thép treo nắp lò; 5- bộ phận thủy lực nâng hạ nắp lò; 6- hộp giảm tốc với hệ thống chuyển động; 7- bộ đỡ bộ phận chuyển động; 8- ray chuyển dịch lò có puly dẫn hướng; 9- puly dẫn hướng; 10- đòn bẩy gạt tay chuyển dịch lò; 11- bộ phận hãm đòn bẩy.

2. Thiết bị cơ điện đặt dưới đáy lò thường được sử dụng cho các loại lò trung bình, lớn và hiện đại. Hiện nay thiết bị này được dùng phổ biến vì thực hiện quay lò êm, vững chắc và tự động hoàn toàn. Đặc biệt khi thiết bị này làm việc thì quay lò không làm lệch trọng tâm, không choán chỗ làm việc của công nhân chạy lò. Tuy vậy cần chú ý đến chỗ làm việc của thiết bị này, nhất là động cơ điện; dây điện hay bị rơi xi, kim loại, có khả năng làm cháy hỏng thiết bị điện. Đặc biệt thiết bị cơ điện này được đặt dưới hầm sâu ở đáy lò nên hay bị ngập nước bị ẩm, cần phải kiểm tra và sấy thường xuyên theo chế độ định kỳ trước khi chạy lò.

3. Thiết bị cơ điện nâng hạ điện cực: mỗi điện cực phải có bộ phận nâng hạ riêng. Trong mỗi lò thường có ba điện cực và ba bộ phận nâng hạ điện cực. Nhưng để bảo đảm an toàn, chắc chắn khi làm việc người ta nối bốn động cơ điện với máy khuếch đại từ. Loại này dùng máy khuếch đại điện từ kiểu "ЭМΥ" nối liền trực với động cơ điện (Liên Xô cũ hay dùng loại này). Khi có dòng điện vào máy "ЭМΥ" thì làm động cơ quay, kéo theo dây tời làm cho điện cực dịch lên, dịch xuống. Loại thiết bị này được ứng dụng cho những loại lò cỡ nhỏ và trung bình ($0,5 \div 5$ tấn/mẻ và $10 \div 50$ tấn/mẻ). Còn đối với lò lớn hay dùng thiết bị điều chỉnh bằng thủy lực; hiện nay đối với các loại lò lớn và hiện đại $200 \div 400$ tấn/mẻ người ta dùng phổ biến thiết bị bán dẫn tiristor silic điều khiển để điều chỉnh điện cực lên xuống. Quá trình điều chỉnh xảy ra nhanh chóng và có độ chính xác cao. Theo thực tế, tốc độ nâng hạ điện cực phụ thuộc vào dung lượng lò, đối với lò nhỏ và trung bình cần giữ tốc độ lên của điện cực là $1,5 \div 2,5$ m/ph và xuống là $1,2 \div 1,5$ m/ph, còn đối với lò lớn cần tốc độ lên của điện cực là $1,0 \div 1,5$ m/ph và xuống là $0,5 \div 0,8$ m/ph.

Bộ phận nâng hạ điện cực có 2 trụ lồng vào nhau được dùng nhiều nhất hiện nay. Trụ ngoài rộng ruột được gắn cố định vào vỏ lò, còn trụ trong được lồng vào trong trụ ngoài. Trụ ngoài có gắn chặt 4 hoặc 8 pully bên trong có nhiệm vụ dẫn động trụ trong lên xuống theo hướng nhất định. Trụ trong gắn chặt xà ngang giữ điện cực, khi trụ trong di chuyển lên xuống thì kéo theo điện cực cũng lên xuống theo (hình I.9).



Hình 1.9. Thiết bị nâng hạ điện cực theo 2 trụ đứng lồng vào nhau:

1- trụ đứng trong; 2- puly dẫn hướng; 3- ròng rọc; 4- dây tời; 5- trụ ngoài cố định; 6- động cơ điện với hộp giảm tốc; 7- đối trọng bằng gang; 8- pistông nâng nắp lò; 9- xà ngang giữa điện cực; 10- điện cực grafit.

2.2.3. Thiết bị điện

Thiết bị điện của lò gồm có mạch điện cường độ cao, các loại cầu dao, các thiết bị điều chỉnh tự động điện cực, các dụng cụ đo điện, bảo vệ... (hình 1.11).

Mạch cường độ cao là bộ phận quan trọng nhất, quyết định giá trị và khả năng làm việc của lò, đồng thời có ảnh hưởng lớn đến quá trình sản xuất. Mạch

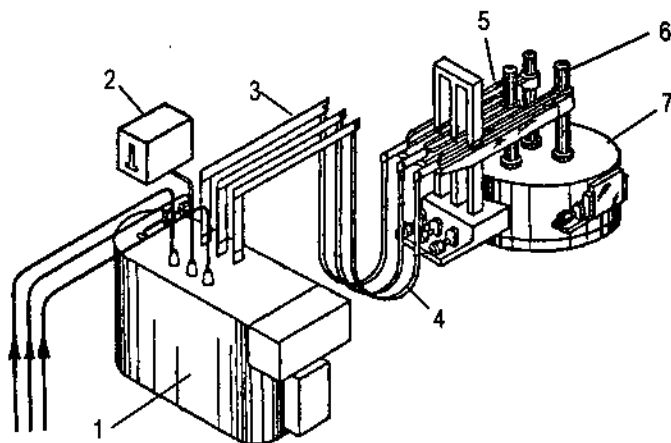
cường độ cao bao gồm cầu dao cách ly, cầu dao công suất cao thế, máy biến áp lò, cuộn cảm kháng (drossel), mạch ngắn và điện cực. Cầu dao cách ly để cắt điện khi sửa chữa hoặc khi kiểm tra thiết bị...; cầu dao công suất cao thế (cầu dao dầu hoặc bộ ngắt điện chân không) dùng để đóng mở mạch điện kể từ lúc bắt đầu chạy lò nấu luyện thép, đặc biệt khi có sự cố về thiết bị (máy biến áp lò quá tải...). Cầu dao này thường chịu ứng lực cao; đóng mở cầu dao khoảng 70 ÷ 80 lần trong 24 giờ nấu luyện.

1. Biến áp lò là bộ phận quan trọng nhất để cung cấp nguồn điện chủ yếu cho lò. Từ cuộn sơ cấp có điện áp 6 ÷ 35 kV vào cuộn thứ cấp hạ xuống 100 ÷ 220 V; biến áp phải làm việc trong điều kiện nóng ($t = 60 \div 70^{\circ}\text{C}$) và quá tải lớn, thường hệ số quá tải 1,25 ÷ 1,50 vì vậy cần phải tăng cường làm nguội máy biến áp lò bằng dầu, không khí hoặc bằng nước cưỡng bức. Đặc biệt cuộn dây sơ cấp của biến áp có nhiều đầu dây tự do, do đó có khả năng thay đổi điện áp ra phù hợp với quá trình nấu luyện thép.

2. Cuộn cảm kháng là bộ phận điều chỉnh và ổn định nguồn hồ quang phát ra ban đầu. Cuộn này có thể được nối ngoài máy biến áp, hoặc cũng có thể nối cùng cuộn dây của máy biến áp. Cuộn cảm kháng thường được thiết kế theo ba mức công suất 10, 15 và 25% so với công suất của máy biến áp lò. Trong quá trình phát hồ quang, khi hồ quang tương đối ổn định (sau 10 ÷ 15 phút) thì cắt điện vào cuộn drossel để tăng công suất điện vào lò nấu luyện.

3. Mạch ngắn: mạch ngắn hay còn gọi là mạch thứ cấp (hạ thế) gồm có cuộn dây thứ cấp của biến áp, thanh đồng dẫn điện, dây cáp đồng mềm, ống đồng dẫn điện, kẹp điện cực, điện cực grafit. Để đảm bảo tổn hao điện năng trên mạch ngắn ít nhất cần phải thiết kế đường dây dẫn điện từ cuộn dây thứ cấp của biến áp đến điện cực grafit ngắn nhất (cho phép), cần bố trí các pha hợp lý, các chỗ nối, kẹp điện cực phải siết chặt, chất lượng điện cực tốt, điện trở suất nhỏ nhất và đường kính điện cực nhỏ nhất cho phép để giảm tổn thất điện do hiệu ứng bề mặt (hình I.10).

Ngoài ra, khả năng làm việc của mạch ngắn còn phụ thuộc vào chỉ tiêu điện trở của nó. Thường các chỉ tiêu điện trở gồm điện trở trong (r) của các mạch dây dẫn điện, phụ thuộc vào bản chất của dây dẫn và kích thước của chúng. Trong quá trình làm việc do hiện tượng tự cảm và cảm ứng lẫn nhau giữa các pha nên xuất hiện điện cảm kháng (x), phụ thuộc vào cách bố trí các pha dây dẫn điện và bản chất dây dẫn.



Hình 1.10. Sơ đồ bố trí mạch ngắn:

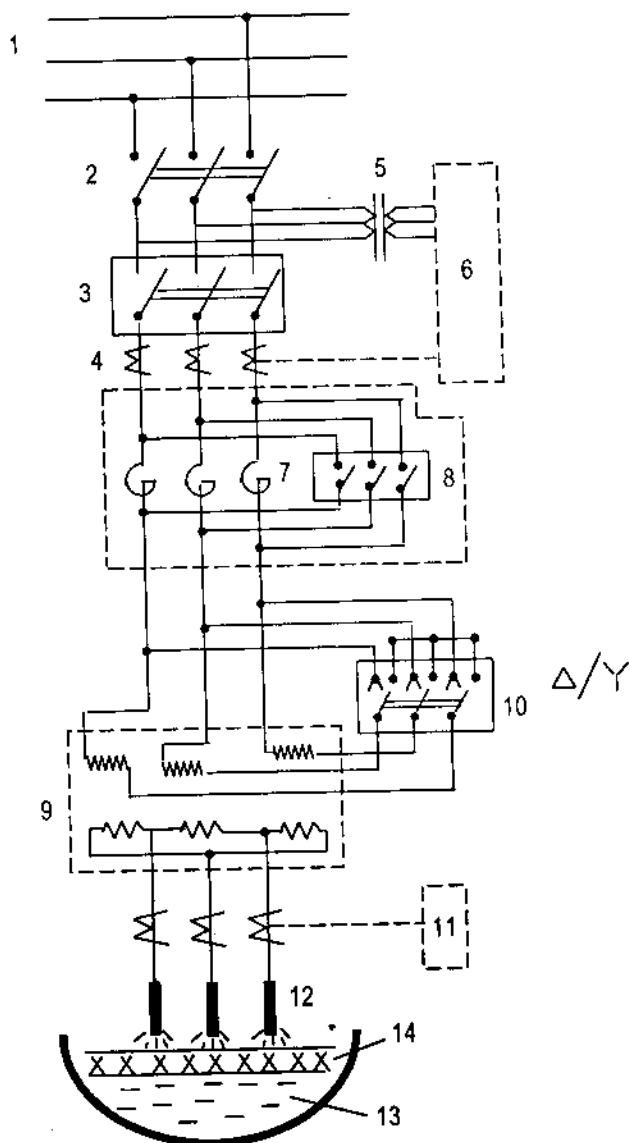
1- máy biến áp lò; 2- thùng dầu phụ; 3- thanh cái bằng đồng; 4- dây cáp mềm; 5- ống hoặc thanh đồng dẫn điện; 6- điện cực grafit; 7- lò điện hồ quang.

Theo kinh nghiệm thiết kế mạch ngắn người ta chọn các chỉ tiêu sau:

	Điện trở r, %	Cảm kháng x, %
- Từ biến áp lò tới dây cáp mềm	11,7	21,8
- Dây cáp mềm gồm có nhiều dây đồng nhỏ bện chặt lại	4,5	17,8
- Ống hoặc thanh đồng dẫn điện	4,8	26,2
- Cặp cực bằng đồng (kẹp điện cực)	11,0	0,2
- Điện cực grafit: Phần ngoài lò	18,0	15,0
Phần trong lò	50,0	19,0
	100%	100%

Điện trở trong của các dây dẫn trong mạch ngắn thường đạt $(0,5 \div 1,5) \cdot 10^{-3} \Omega$, còn cảm kháng của mạch x đạt $(5 \div 15) \cdot 10^{-3} \Omega$.

Mạch ngắn của lò điện hồ quang luyện thép cỡ lớn thường được nối nhiều cặp dây gọi là nối kép làm giảm tổn hao điện năng trong mạch ít nhất $5 \div 15\%$ so với tổng năng lượng cung cấp cho lò và sự lệch công suất điện giữa các pha giảm; đôi lúc công suất lệch giữa các pha (3 pha) lên tới 30% mặc dầu điện trở dây (r) và cảm kháng (x) của các dây dẫn rất bé ($\sim 10^{-3} \Omega$).



Hình 1.11. Sơ đồ mạch điện hồ quang (EAF-AC) luyện thép:

1- đường dây cao thế; 2- cầu dao điện; 3- cầu dao dầu hoặc thiết bị dập hồ quang bằng chân không; 4- biến dòng; 5- biến áp; 6- đồng hồ đo và thiết bị bảo vệ; 7- cuộn drossel mở máy; 8- cầu dao chuyển đổi; 9- biến áp lò; 10- cầu dao chuyển đổi công suất điện; 11- biến dòng; 12- điện cực grafit; 13- bể kim loại; 14- lớp xỉ.

4. Điện cực: Lò hồ quang luyện thép thường sử dụng điện cực than, điện cực grafit để nấu luyện thép; hiện nay người ta hay dùng chủ yếu điện cực grafit. Điện cực là một bộ phận rất quan trọng, vừa đóng vai trò dẫn điện vừa là nguồn điểm phóng điện tử tạo ra chùm hồ quang để cung cấp nhiệt năng cho quá trình nấu luyện thép.

Tính chất vật lý của điện cực được nêu ở bảng 1.8.

Bảng 1.8. Tính chất vật lý của các điện cực

TT	Các tính chất	Điện cực than	Điện cực grafit
1	Điện trở suất (ρ), $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$	40 ÷ 50	6 ÷ 14
2	Nhiệt độ oxy hoá bề mặt, $^{\circ}\text{C}$	450 ÷ 500	> 600
3	Hàm lượng tro trong điện cực, %	5 ÷ 7	0,20 ÷ 0,30
4	Trọng lượng riêng, g/cm^3		
	– Thực	1,9 ÷ 2,0	2,10 ÷ 2,23
	– Biểu kiến	1,50	1,70
5	Độ xốp, %	20 ÷ 25	27 ÷ 32
6	Độ bền nén, kg/cm^2	200 ÷ 450	150 ÷ 350
7	Độ dẫn nhiệt, $\text{kcal}/\text{m.h.}^{\circ}\text{C}$	13	113

Trong quá trình nấu luyện thép, điện cực luôn luôn bị cháy hao. Mức độ cháy hao này phụ thuộc vào chế độ cung cấp điện, dung lượng lò và công nghệ nấu luyện, đặc biệt là thời gian nấu luyện, thời gian nấu luyện càng kéo dài thì cháy hao điện cực càng lớn. Cháy hao điện cực theo thực tế sản xuất (năm 1985) của Liên Xô (cũ):

– Quá trình bazơ: cháy hao điện cực than 13 ÷ 15 kg/tấn, điện cực grafit 6 ÷ 10 kg/tấn thép.

– Quá trình axit: cháy hao điện cực than là 10 ÷ 12 kg/tấn, điện cực grafit là 4 ÷ 5 kg/tấn.

Ngày nay do áp dụng các biện pháp kỹ thuật mới và hiện đại nên cháy hao điện cực chỉ là 1,2 ÷ 2 kg/tấn.

Kích thước điện cực được xác định phụ thuộc vào dung lượng lò (tấn/m²), cường độ dòng điện và mức tải điện của điện cực, tức là mật độ dòng (A/cm²). Mật độ dòng của điện cực lại phụ thuộc vào tính chất vật lý của vật liệu làm điện cực và phương pháp chế tạo điện cực; thường mật độ dòng của điện cực grafit là 15 ÷ 35 A/cm², còn đối với cực than là 6 ÷ 10 A/cm², hiện nay không sử dụng điện cực than để nấu luyện thép. Đường kính điện cực được xác định theo công thức sau:

$$d_{dc} = 2 \sqrt{\frac{I_2}{\pi \cdot \Delta i}}, \text{ cm} \quad (I.1)$$

trong đó: I_2 - dòng điện làm việc của lò, A;

Δi - mật độ dòng, A/cm².

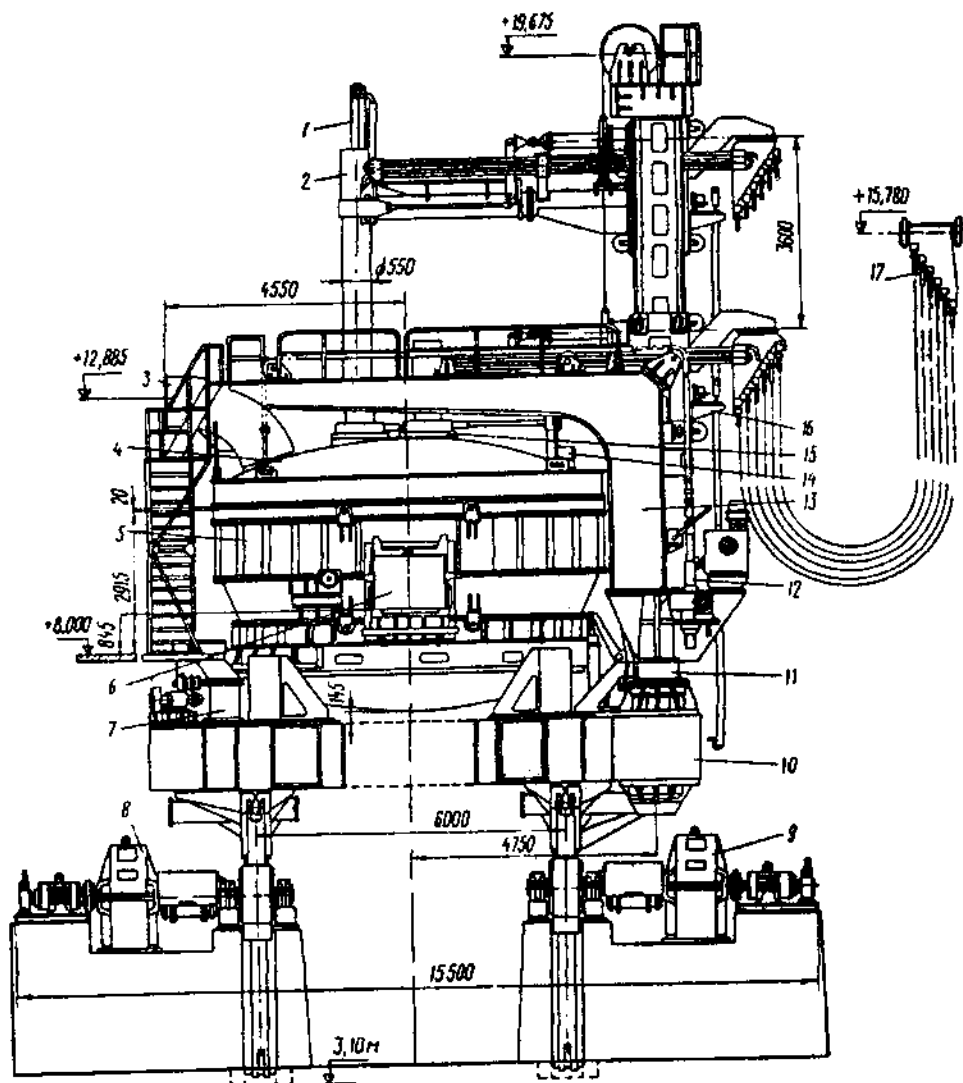
Còn chiều dài của điện cực được tính từ đáy trong của lò lên tới đỉnh nắp lò cộng với đoạn dài dự trữ 200 ÷ 400 mm. Chỉ tiêu kỹ thuật của điện cực grafit được nêu ở bảng I.9.

Bảng I.9. Chỉ tiêu kỹ thuật của điện cực grafit

Đường kính điện cực d_{dc} , mm	100	150	175	200	225	250	275	300	350	400
Điện trở suất ρ , $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$	9,0	9,5	9,5	9,5	10	10	10	10	10	10
Mật độ dòng Δi , A/cm ²	28	24	22	20	20	18	17	17	16	15
Tiết diện ngang của điện cực, cm ²	78,6	176	240	314	378	490	595	706	962	1250
Dòng điện I_2 , A	2200	4200	5300	6300	8000	10200	11000	12400	15400	18500
Cường độ dòng cho phép I_p , A	2400	4300	5600	6600	8200	11000	11500	12600	15800	18700
$I_p/I_2 \times 100\%$	109	102	106	105	102	101	104	101	102	101

Bảng 1.10. Thông số kỹ thuật cơ bản của lò điện hồ quang
xoay chiều luyện thép (EAF-AC).

Dung lượng lò, tấn/mẻ	Đường kính trong vỏ lò, m	Dung lượng biến áp lò, kVA			Ghi chú Φ_{dc} , mm
		Công suất thường	Công suất cao	Siêu công suất	
1	1,70	1.000	—	—	150
2	2,15	1.500	—	—	175
3	2,45	2.000	—	—	200
5	2,75	3.000	5.000	—	200 ÷ 250
8	3,05	4.000	6.000	—	250 ÷ 300
10	3,35	5.000	7.500	10.000	300 ÷ 350
15	3,65	6.000	10.000	12.500	350
20	3,95	8.000	12.500	17.500	350
25	4,30	10.000	15.000	17.500	400
30	4,60	12.000	17.500	22.000	400 ÷ 450
40	4,90	15.000	22.000	27.500	450
50	5,20	17.000	25.000	30.000	450 ÷ 500
60	5,50	20.000	27.000	35.000	500
70	5,80	22.000	30.000	40.000	500
80	6,10	25.000	35.000	45.000	500
100	6,40	27.000	40.000	50.000	500 ÷ 550
125	6,70	30.000	45.000	60.000	550 ÷ 600
150	7,00	30.000	50.000	75.000	600
175	7,30	35.000	60.000	85.000	600
200	7,60	40.000	70.000	100.000	600 ÷ 700
250	7,90	45.000	80.000	125.000	
300	8,20	50.000	90.000	130.000	600 ÷ 700
400	9,80	70.000	110.000	165.000	650



Hình 1.12. Cấu tạo tổng thể lò điện hồ quang luyện thép với dung lượng 100 tấn/mẻ (Liên Xô cũ):

1- vòi phun oxy; 2- điện cực grafit; 3- ống hút khói và khí; 4- nắp lò; 5- vỏ lò bằng thép; 6- cửa thao tác; 7- thiết bị cơ khí dịch vỏ lò; 8, 9- bộ dẫn động cơ điện quay lò; 10- đế tựa bộ phận dịch lò; 11- thiết bị cơ khí quay nắp lò; 12- thiết bị cơ khí nâng nắp lò; 13- bộ phận quay khung lò; 14- quạt thông khí ở nắp lò; 15- bộ phận làm nguội điện cực; 16- thiết bị cơ điện di chuyển điện cực; 17- dây cáp mềm dẫn điện.

2.3. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ Lò ĐIỆN HỒ QUANG LUYỆN THÉP

2.3.1. Năng lượng

Điện năng biến thành nhiệt năng dưới dạng hồ quang tuân theo định luật Joule – Lentz:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t, \text{ joule} \quad (1.2)$$

$$1 \text{ joule} = 0,240 \text{ calo, vậy } Q = \frac{0,240}{1000} \cdot I^2 R t, \text{ kcal}$$

$$\text{hay } Q = 0,240 \cdot 10^{-3} \cdot I^2 \cdot R \cdot t = U \cdot I \cdot t, \text{ kcal}$$

Nếu sử dụng một công suất là 1 kW trong 1 giờ thì tiêu tốn năng lượng điện là $Q = U \cdot I \cdot 10^{-3}, \text{ kW.h.}$

1 kW.h = 860 kcal, vậy năng lượng nhiệt do hồ quang cung cấp là:

$$Q = 860 \cdot U \cdot I \cdot 10^{-3}, \text{ kcal}$$

trong đó: I- cường độ dòng điện làm việc của lò, A;
R- điện trở tác dụng của toàn mạch điện, Ω ;
t- thời gian làm việc của lò, giờ (h).

Trong lò điện hồ quang, dòng điện I chuyển từ đầu điện cực qua chũm hồ quang, qua không khí trong lò vào liệu kim loại rồi về nguồn; còn điện áp U_{HQ} thay đổi giá trị theo các giai đoạn nấu luyện, điện áp hồ quang (U_{HQ}) chủ yếu phụ thuộc vào điện áp nguồn cung cấp. Điện áp nguồn càng lớn thì điện áp hồ quang càng cao, hồ quang được phát ra càng nhanh, càng mạnh, chũm hồ quang càng dài. Trong máy biến áp lò, các cuộn sơ và thứ cấp được quấn xung quanh lõi sắt từ, cuộn sơ cấp có cấu tạo theo nhiều cấp điện áp, khoảng 2 ÷ 31 cấp hay lớn hơn phụ thuộc vào tải của lò. Khi chuyển đổi cấp điện cần phải căn cứ vào tình trạng nung nấu liệu; còn cuộn thứ cấp được nối cố định theo hình tam giác (Δ) hay hình sao (Y).

Khi có dòng điện xoay chiều chạy qua cuộn sơ và thứ cấp thì trong lõi sắt từ của biến áp lò sinh ra một sức điện động cảm ứng E:

$$E = \frac{n \cdot d\Phi}{dt} \cdot 10^{-8}, \text{ V} \quad (1.3)$$

trong đó: n- số vòng cuộn dây;
 Φ - từ thông, Wb (Weber);
t- thời gian, s;
E- sức điện động cảm ứng, V.

Khi nguồn điện có dòng điện I và điện áp U biến đổi theo định luật hình sin thì chúng ta có sức điện động cảm ứng hay gọi là hiệu ứng điện áp.

$$\begin{aligned} E &= 4,44.f.F.B.10^{-8} \\ &= 4,44.f.\Phi.10^{-8}, \text{ v} \end{aligned} \quad (1.4)$$

trong đó: f - tần số dòng, Hz;
 F - tiết diện dây dẫn, cm^2 ;
 B - đại lượng cảm ứng điện từ, H/cm^2 ;
 Φ - từ thông đi qua lõi sắt từ, Wb (Weber).
 $(\Phi = F.B)$

Vì vậy khi biến điện qua hai cuộn dây tỷ số của điện áp giữa cuộn sơ và cuộn thứ tỷ lệ thuận với số vòng của hai cuộn dây đó và tỷ lệ nghịch với tỷ số dòng điện sơ và thứ cấp.

Ta có:
$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad \text{và} \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

trong đó: E_1 - sức điện động cảm ứng được sinh ra trong cuộn sơ cấp của biến áp
 lò, V;
 E_2 - sức điện động cảm ứng trong cuộn thứ cấp, V;
 n_1 - số vòng dây trong cuộn sơ cấp;
 n_2 - số vòng dây trong cuộn thứ cấp.

2.3.2. Hồ quang và tính chất của hồ quang điện trong lò điện

Hồ quang điện là nguồn phát nhiệt chủ yếu trong lò điện; tính chất đặc biệt của hồ quang là do cấu tạo mạch điện. Trong máy biến áp lò người ta thường nối thêm cuộn cảm kháng (drossel) để duy trì hồ quang phát ra ổn định và liên tục nhất là giai đoạn đầu thông điện vào lò.

Hồ quang điện là dạng phóng điện bền vững nhất, tạo ra môi trường khí ion hoá trong lò. Truyền điện vào chũm hồ quang do các điện tử được phóng ra khỏi đầu điện cực là chủ yếu, còn các ion dương tham gia vào quá trình truyền điện là tương đối yếu. Trong môi trường khí, hồ quang điện cân bằng ổn định các ion, nghĩa là tổng lượng các phân tử tích điện âm trong chũm hồ quang cân bằng với tổng lượng các phân tử tích điện dương, nhưng theo độ dài của chũm hồ quang thì sự phân bố phóng điện đó không bằng nhau. Đại đa số các ion dương tập trung thành từng lớp gần cực catốt, còn các điện tử tập trung ở hai

đầu điện cực. Hồ quang điện có mang đầy đủ các tính chất cảm ứng điện ($X_L = \omega L$) và dung kháng ($X_C = \frac{1}{\omega C}$)

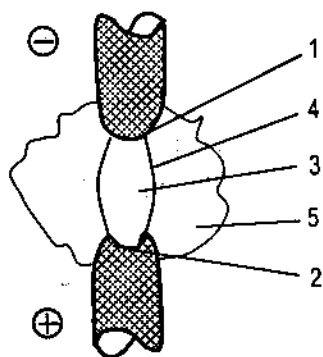
ở đây: ω - tần số góc và bằng $2\pi \cdot f$;

C - điện dung tụ điện, F;

f - tần số dao động, Hz.

Hồ quang là nguồn dẫn điện, nhiệt nhưng đồng thời cũng là nguồn phát điện tử, phát nhiệt, do đó chùm hồ quang bị nén ép lại trong một thể tích rất bé, làm giãn rộng môi trường ion khí xung quanh, tạo nên một lực chuyển động quay. Vì vậy hồ quang là nguồn điểm phát điện, nhiệt lớn tập trung ở chính giữa lò để nung chảy liệu nhanh, đồng thời cũng tạo nên một áp suất động lớn làm cho bề kim loại lỏng bị nén lõm sâu ở vùng dưới điện cực, do đó thép lỏng + xỉ được khuấy trộn mãnh liệt.

Hồ quang điện một chiều: Trong lò điện tạo ra hồ quang "nóng" có nhiệt độ cao ($> 1800^\circ\text{C}$) khác với hồ quang "nguội" được ứng dụng trong các loại máy và thiết bị phóng điện. Dạng hồ quang đơn giản nhất là hồ quang điện một chiều phát ra giữa hai điện cực bằng than hoặc bằng grafit (hình 1.13).



Hình 1.13. Quá trình phát hồ quang điện một chiều:

1- vết dấu nhọn catốt, có nhiệt độ $T_k \geq 3700^\circ\text{K}$; 2- vết lõm đầu anốt, có nhiệt độ $T_a \geq 4200^\circ\text{K}$; 3- phaken hồ quang có $T_p \geq 6000^\circ\text{K}$; 4- viên đen bụi cacbon; 5- vùng ion hoá khí.

Trong chùm hồ quang, trên cực catốt có một đầu nhọn có nhiệt độ $T_k \geq 3700^\circ\text{K}$, điện tử được phóng ra mang một năng lượng nhiệt rất lớn (T_e) làm cho môi trường không khí bị ion hoá có (T_i) của các ion cao, ngoài ra còn có một số nguyên tử khí mang nhiệt (T_a). Theo thực tế chúng ta có giá trị $T_e > T_i > T_a$. Trong môi trường không khí giá trị T_e , T_i , T_a không chênh lệch lớn. Nhưng trong môi trường chân không thì chúng khác nhau rất xa, đặc biệt trong môi trường chân không sâu có áp suất $P_{ck} = 10^{-4} \div 10^{-6}$ mmHg thì có $T_e \gg T_i + T_a$.

Thông thường người ta căn cứ vào mật độ phóng điện tử để đánh giá hồ quang mạnh hay yếu. Theo ông Desmen, mật độ phóng điện tử được xác định theo công thức:

$$\delta_i = A \cdot (T + CE)^2 \exp \frac{(\varphi - \Delta\varphi)}{K \cdot (T + CE)}, \text{ A/cm}^2 \quad (1.5)$$

trong đó: A- hệ số vật lý, phụ thuộc vào vật liệu làm điện cực;

T- nhiệt độ nung nóng đầu điện cực, °K;

C- hệ số vật lý phụ thuộc vào phương pháp sản xuất điện cực;

E- thế năng của điện trường hay là radian điện áp, V/cm;

φ - công thoát điện tử, eV;

$\Delta\varphi$ - số hiệu chỉnh của ông Vottku (do tác động của điện trường bên ngoài làm giảm bớt công thoát);

K- hằng số Boltzmann.

Theo công thức trên, chúng ta có kết luận sau:

– Trong quá trình nhiệt động học, phóng điện tử tăng rất mạnh khi nâng nhiệt độ bức xạ của đầu điện cực; công sinh ra trong quá trình phóng điện tử luôn luôn nhỏ hơn so với công thoát điện tử từ đầu cuối điện cực.

– Phóng điện tử tự động rất mạnh khi tăng điện áp của điện trường (tăng điện áp ở nguồn). Khi phóng điện tử tự động có một số năng lượng bù cho việc giảm nhiệt độ bức xạ của điện cực, nghĩa là làm yếu quá trình phóng điện tử trong điều kiện nhiệt động học.

Theo thực nghiệm người ta đã xác định được đại lượng công thoát điện tử của cacbon, một số kim loại và một số oxyt.

Bảng 1.11. Công thoát điện tử của một số kim loại, một số nguyên tố và một số oxyt kim loại

Nguyên tố	Công thoát φ (eV)	Oxyt	φ (eV)
Cacbon (C)	4,70	SiO ₂	5,0
Volfram (W)	4,50	WO ₃	4,96
Sắt (Fe)	4,31	Al ₂ O ₃	4,70
Mangan (Mn)	3,83	FeO	3,85
Lantan (La)	3,30	MgO	3,10
Canxi (Ca)	2,80	CaO	1,60 ÷ 2,37
Xeri (Ce)	2,70		

Nhận xét:

– Ở trong bảng I.11, các nguyên tố cacbon và wolfram có công thoát điện tử cao nhất cho nên hay được sử dụng làm điện cực phát hồ quang để nấu luyện thép và kim loại.

– Các oxyt kim loại có công thoát điện tử rất cao nhưng vì có hàm lượng oxy lớn trong đó nên không được sử dụng làm điện cực để nấu luyện thép (hoà tan oxy vào thép lỏng).

– Công thoát điện tử càng cao thì cần cung cấp năng lượng điện càng lớn để nung nóng đầu điện cực và tạo điều kiện phát hồ quang càng mạnh, càng nhanh.

Bằng phương pháp thực nghiệm ông G. Airton (Nga) đã xác định được điện áp hồ quang thay đổi theo cường độ dòng điện làm việc (dòng điện hồ quang).

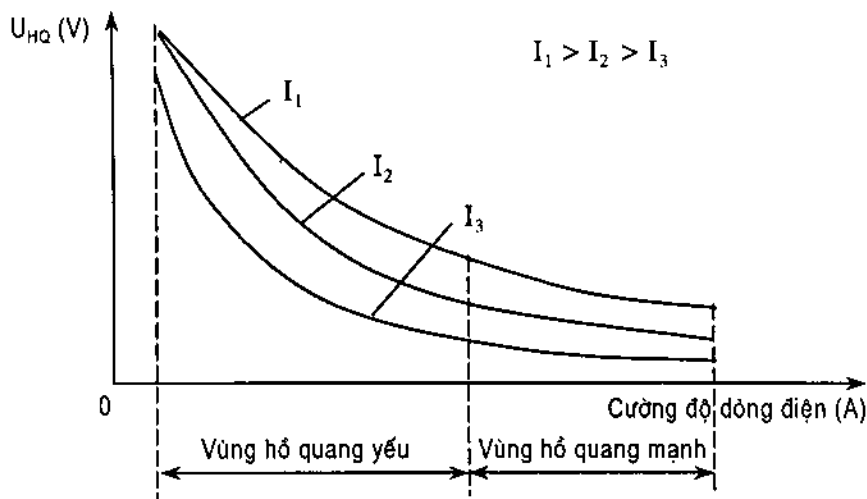
$$U_{\text{HQ}} = \alpha + \beta \cdot L_{\text{HQ}} + \frac{\gamma + \delta \cdot L_{\text{HQ}}}{I_{\text{HQ}}}, \text{ V} \quad (\text{I.6})$$

trong đó: α , β và δ - là các hệ số vật lý phụ thuộc vào nguyên vật liệu và phương pháp sản xuất điện cực;

L_{HQ} - chiều dài của chùy hồ quang, mm;

I_{HQ} - dòng điện hồ quang, A.

Quan hệ giữa điện áp hồ quang và dòng điện làm việc của lò được nêu ở hình I.14.



Hình I.14. Quan hệ giữa điện áp hồ quang và dòng điện làm việc (dòng một chiều).

Khi $I > 100$ A thì điện áp hồ quang được tính theo công thức:

$$U_{HQ} = \alpha + \beta \cdot L_{HQ} = \Delta U_C - \Delta U_h, \quad V \quad (I.7)$$

ΔU_C - tổng hiệu điện áp trên cực catôt và anôt, V;

ΔU_h - tổng hiệu điện áp ở cột hồ quang, V;

α - hiệu điện áp giữa cực âm và cực dương, V;

β - radian điện áp trong cột hồ quang, V/cm.

Vì vậy điện áp hồ quang không phụ thuộc vào cường độ dòng điện làm việc của lò mà chỉ phụ thuộc điện áp nguồn cung cấp và bản chất của vật liệu làm điện cực.

Ông Desmen đã xác định được giá trị α và β :

Vật liệu của điện cực (catôt - anôt)	Giá trị α (V)	Giá trị β (V/mm)
Than - than	38,0	1,6
Than - sắt	12,60	2,0
Sắt - sắt	18,50	1,0

Chúng ta nhận thấy rằng các giá trị vật lý α và β thay đổi phụ thuộc vào tính chất của môi trường xung quanh, cường độ dòng điện làm việc và các yếu tố khác. Khi thay đổi vật liệu làm điện cực thì nhiệt độ nung đầu cực catôt và anôt khác nhau; đồng thời cùng một loại vật liệu làm điện cực thì nhiệt nung đầu cực anôt và catôt cũng khác nhau. Ví dụ nhiệt độ đầu điện cực catôt làm bằng sắt là $\sim 2400^\circ\text{K}$ còn đầu điện cực anôt cũng được làm bằng sắt là $\sim 2600^\circ\text{K}$. Nói một cách khác gần đúng là nhiệt độ nung đầu điện cực bé hơn một ít so với nhiệt độ sôi của vật liệu làm điện cực.

Nói tóm lại, nhiệt bức xạ của hồ quang phụ thuộc vào các điều kiện của môi trường xung quanh, trước hết là áp suất và nhiệt độ nung. Khi giảm áp suất thì hiệu điện áp của chũm hồ quang ở cực anôt giảm, kết quả làm giảm điện áp của hồ quang. Đại lượng hồ quang điện và tính chất của nó là do chế độ điện cung cấp và môi trường xung quanh (trong lò điện) quyết định. Nguồn cung cấp điện lớn (công suất điện và điện áp) thì hồ quang được phát ra mạnh, chũm hồ quang dài. Nếu sử dụng lò điện hồ quang một chiều siêu công suất để luyện thép thì nguồn hồ quang phát ra càng mạnh, êm, không có hoặc ít tiếng kêu ồn của hồ quang.

Nếu phát hồ quang trong môi trường chân không $P_{ck} = 10^{-2}$ mmHg thì tốc độ chuyển động của các điện tử tới kim loại rất lớn, nấu chảy kim loại nhanh hơn rất nhiều so với trong môi trường khí quyển. Trong lò điện hồ quang xoay chiều, hồ quang được phát ra đứt quãng làm ảnh hưởng đến thời gian nấu chảy. Còn trong lò điện hồ quang một chiều thì trái lại, hồ quang phát ra liên tục, bền chắc, do đó thời gian nấu luyện thép nhanh hơn.

2.3.3. Tính chất của hồ quang điện xoay chiều

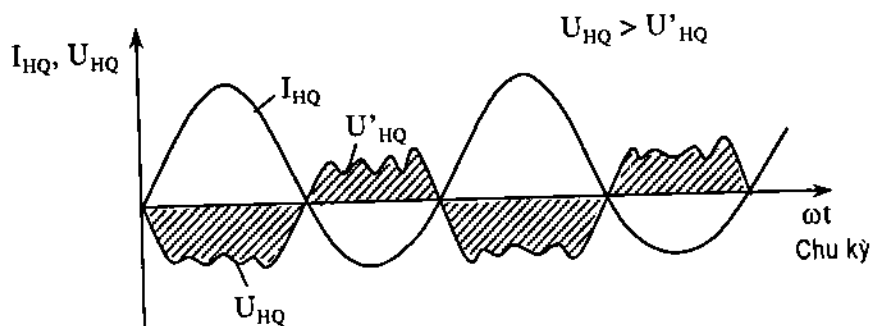
1- Hồ quang phát ra gián đoạn

Đối với lò điện hồ quang ba pha xoay chiều luôn luôn đối cực tính trong thời gian nấu luyện thép, nhất là giai đoạn đầu nấu chảy (thời gian đầu thông điện vào lò) tính chất gián đoạn của hồ quang thể hiện rất rõ, các điện tử được phóng ra không liên tục, do đó kéo dài thời gian nấu luyện, tổn hao nhiệt lớn, năng suất lò thấp. Người ta thường nối vào biến áp lò một cuộn cảm kháng nhằm làm mềm tia hồ quang, đồng thời giảm bớt mức độ phóng hồ quang gián đoạn (hình I.17).

Điện áp hồ quang thay đổi không theo quy luật hình sin, thường dạng hình chữ nhật hoặc hình thang có giá trị U_1 là điện áp bắt đầu phát hồ quang và U_2 - điện áp bắt đầu tắt hồ quang, do đó dẫn tới tiêu hao năng lượng điện lớn, ảnh hưởng đến tuổi thọ thiết bị.

2- Bất đối xứng trong một chu kỳ phát hồ quang

Hiện tượng bất đối xứng của điện áp hồ quang (U_{HQ}) làm giảm công suất hồ quang điện, do đó tận dụng công suất hồ quang có lợi kém, kéo dài thời gian nấu chảy (xem hình I.15).



Hình I.15. Điện áp hồ quang biến đổi bất đối xứng trong chu kỳ phát hồ quang.

3- Trong quá trình nấu chảy liệu kim loại, chũm hồ quang luôn luôn thay đổi độ dài, cường độ phóng điện tử, dòng điện đập mạch nhiều và mạnh, do đó làm tăng tiếng kêu ồn của hồ quang, làm mất bớt nhiệt bức xạ của hồ quang, làm nóng các thiết bị và cuối cùng giảm tuổi thọ của thiết bị (chủ yếu máy biến áp lò) và ảnh hưởng đến vận hành nấu luyện thép.

2.3.4. Các nhân tố ảnh hưởng đến quá trình phát hồ quang

1- Nguồn cung cấp năng lượng điện: Máy biến áp lò có dung lượng lớn (kVA) thì cung cấp nguồn hồ quang lớn, các đại lượng điện áp (U_{HQ}) và cường độ dòng điện (I_{HQ}) cao, do đó quá trình phát hồ quang dễ dàng, mạnh và mức độ gián đoạn của hồ quang giảm đáng kể; còn đối với lò điện cỡ nhỏ có nguồn điện cung cấp thấp, hồ quang phát khó khăn và yếu, do đó kéo dài thời gian nấu luyện.

Công suất hồ quang điện được xác định theo công thức sau:

$$P_{HQ} = U_{HQ} \cdot I \cdot \cos\varphi, \text{ mà } U_{HQ} = U_{ng} - \Delta U \text{ và } \Delta U = I \cdot R$$

Trong đó: I - cường độ dòng điện làm việc của lò, A;

U_{ng} - điện áp nguồn cung cấp, V;

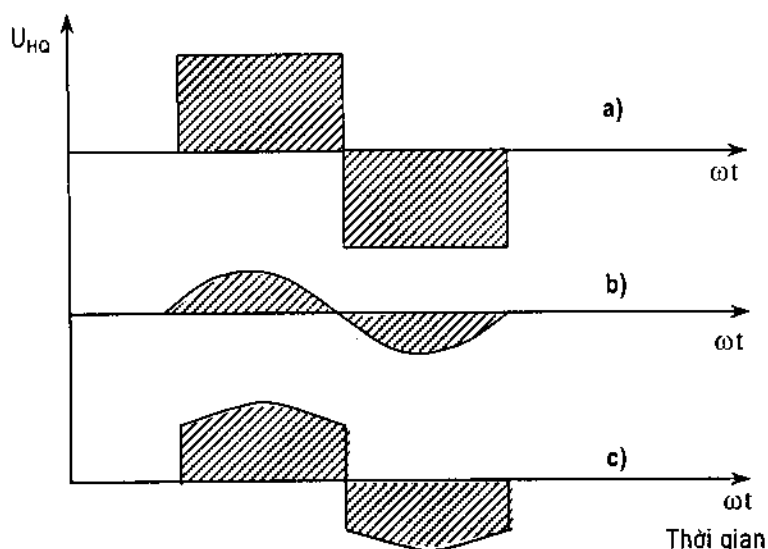
R - điện trở của toàn mạch, Ω .

$$\text{Vậy } P_{HQ} = (U_{ng} - \Delta U) \cdot I \cdot \cos\varphi, \text{ kW} \quad (I.8)$$

Tăng công suất hồ quang bằng cách hoặc tăng cường độ dòng điện làm việc, hoặc tăng điện áp hồ quang. Nếu tăng dòng điện (I) quá mức thì điện áp hồ quang giảm xuống rất nhanh (vì $\Delta U \uparrow = I \uparrow \cdot R$), do đó điều kiện phát hồ quang không thích hợp cho các giai đoạn nấu luyện. Nếu tăng điện áp hồ quang ($U_{HQ} \uparrow$) thì phải tăng điện áp nguồn ($U_{ng} \uparrow$) và giảm ΔU (giảm I hoặc R). Nếu tăng điện áp nguồn thì phải thiết kế lại kích thước và tỷ lệ giữa cuộn sơ cấp và thứ cấp của máy biến áp lò. Nếu giảm I đôi lúc không đáp ứng cung cấp nhiệt cho quá trình nấu luyện ($Q = I^2 \cdot R \cdot t$). Vì vậy cần phải xác định điện áp nguồn và dòng điện làm việc cao hợp lý để thỏa mãn điều kiện nấu chảy liệu nhanh, năng suất lò cao, tiêu hao điện năng thấp và tuổi thọ thiết bị cao. Thông thường người ta đấu nối dây mạch hình tam giác/hình sao, tam giác/tam giác và hình sao/hình sao (Δ/Y , Δ/Δ và Y/Y) hoặc hình sao/tam giác (Y/Δ) để thay đổi đại lượng công suất hồ quang điện cho phù hợp với các giai đoạn nấu.

2- Ảnh hưởng của xỉ: Trong quá trình luyện thép luôn luôn tạo xỉ ngăn

cách đầu điện cực với mặt kim loại lỏng. Như vậy nguồn điện hồ quang được phát ra từ đầu điện cực qua không khí, qua lớp xỉ rồi xuống tới kim loại. Nhiệt bức xạ của hồ quang vừa cung cấp cho việc nung chảy xỉ, vừa nung nóng lại kim loại. Độ dày của lớp xỉ và tính chất của xỉ cũng ảnh hưởng rất lớn đến nguồn cung cấp hồ quang (hình I.16).



Hình I.16. Sơ đồ biểu thị điện áp hồ quang thay đổi trong quá trình nấu thép:

- a) điện áp nguồn hồ quang (U_{HQ} nguồn); b) điện áp trong xỉ (U_{xi}); c) điện áp ở kim loại (U_{kl}).

Đại lượng điện áp nguồn hồ quang vừa chi cho lớp xỉ, vừa cho kim loại (thép lỏng trong lò).

$$U_{HQ} = U_{xi} + U_{kl}, \quad V$$

Vậy đại lượng điện áp hồ quang cung cấp cho thép lỏng phụ thuộc vào điện trở của xỉ. Điện trở của xỉ lớn thì điện áp trong xỉ cũng lớn do đó nguồn cung cấp điện năng phải lớn (U_{ng} lớn).

Điện trở của xỉ axit lớn hơn điện trở của xỉ bazơ, cho nên khi nấu luyện thép trong lò hồ quang tính axit bao giờ cũng phải cung cấp cho lò với chế độ điện cao hơn lò hồ quang bazơ.

3- Biện pháp thực tế để giảm điện trở của xỉ:

– Nâng cao nhiệt độ cho xỉ, làm xỉ loãng bằng cách tạo ra môi trường oxy hoá mạnh hay thổi oxy nguyên chất vào lò.

– Tăng độ bazơ của xỉ bằng cách tăng lượng vôi (CaO) và huỳnh thạch (CaF_2) với lượng $2,5 + 5\%$ so với trọng lượng mẻ nấu thép.

– Tạo xỉ có chứa nhiều cacbit canxi (CaC_2), giảm điện trở của xỉ đáng kể, được thực hiện thuận lợi trong quá trình luyện thép ở lò hồ quang bazơ, hoặc thổi trực tiếp bột CaC_2 vào lò.

4- Bố trí điện cực hợp lý trong lò:

Khi lò chạy bình thường thì hồ quang phát ra đều, liên tục theo các pha. Nếu một trong ba pha không phát hồ quang hoặc phát ra yếu thì các pha còn lại phải chịu tải điện, nhiệt rất lớn, kéo dài thời gian nấu chảy, tuổi thọ lò giảm, áo lò bị cháy mòn cục bộ trầm trọng. Vì vậy trong lò điện hồ quang ba pha, điện cực được bố trí thẳng đứng theo hình tam giác đều. Tuỳ theo dung lượng từng lò mà chọn tỷ số $\frac{d_p}{D_1}$ cho phù hợp, thực tế lấy $\frac{d_p}{D_1} = 0,25 + 0,4$. Đối với lò nhỏ

$$\frac{d_p}{D_1} = 0,35 + 0,4, \text{ còn đối với lò lớn chọn } \frac{d_p}{D_1} = 0,25 + 0,3;$$

ở đây: d_p - đường kính phân bố điện cực (ba điện cực tạo nên một đường kính phân bố); D_1 - đường kính trong của lò.

– Ngoài việc bố trí đều ba điện cực trong lò, người ta kiểm tra thực tế mật độ nhiệt bức xạ của hồ quang trên ba pha, mỗi pha đều có điểm nóng nhất và điểm nóng vừa (hình I.18).

Trên hình I.18 pha 1 có điểm A nóng nhất và điểm B nóng vừa (A gần điện cực còn B xa điện cực), pha 2 có điểm E nóng nhất và điểm G nóng vừa, còn pha 3 có điểm C nóng nhất và điểm D nóng vừa. Như vậy mật độ bức xạ nhiệt của hồ quang ($q_{l\omega}$) trong lò không đều. Mỗi điểm trên các pha có một giá trị mật độ bức xạ nhiệt lớn (A, E, C) gọi là điểm nóng nhất làm cho tường lò hay bị cháy mòn cục bộ, còn ở các điểm khác yếu hơn (B, G, D) gọi là bức xạ nhiệt trung bình, còn các điểm hồ quang phát ra quá yếu, gọi là vùng nguội (vùng chết), nhiệt độ tại các vùng này rất thấp. Vì vậy nếu bố trí điện cực không đều trong lò, không cân xứng, hồ quang phát ra chỗ mạnh chỗ yếu thì dẫn tới tổn hao

điện năng lớn, thời gian nấu luyện bị kéo dài, tuổi thọ điện cực và áo lò thấp. Đại lượng nhiệt bức xạ của hồ quang trên một đơn vị diện tích gọi là mật độ bức xạ nhiệt q_r , kW/m².

$$q_r = \frac{P_{HQ}}{4\pi R^2}, \text{ kW/m}^2 \quad (I.9)$$

trong đó: P_{HQ} - công suất điện của hồ quang, kW;

R - bán kính phân bố điện cực chung, m.

Xác định đại lượng nhiệt bức xạ của hồ quang theo bề mặt tại các điểm A, B, C (hình I.18):

- Tại điểm A, mật độ bức xạ nhiệt lớn nhất:

$$q_A = \frac{P_{HQ}}{4\pi} \cdot \left[\frac{a}{(R_1 - r)^2} + \frac{b + c}{(R_1^2 + R_1 \cdot r + r^2)} \right], \text{ kW/m}^2 \quad (I.10a)$$

- Tại điểm B, mật độ bức xạ nhiệt thấp:

$$q_B = \frac{P_{HQ}}{4\pi} \cdot \left[\frac{a}{(R_1 + r)^2} + \frac{b + c}{(R_1^2 + R_1 \cdot r + r^2)} \right], \text{ kW/m}^2 \quad (I.10b)$$

Tỷ số $\frac{q_B}{q_A} = n$ gọi là hệ số chênh lệch mật độ bức xạ nhiệt giữa điểm A và B.

Theo thực tế sản xuất, người ta xác định được $n \geq 0,75 \div 0,8$.

a, b, c là các tỷ số giữa công suất hồ quang tại các điểm A, B, C và công suất hồ quang trung bình ($P_{HQ_{tb}}$), ta có:

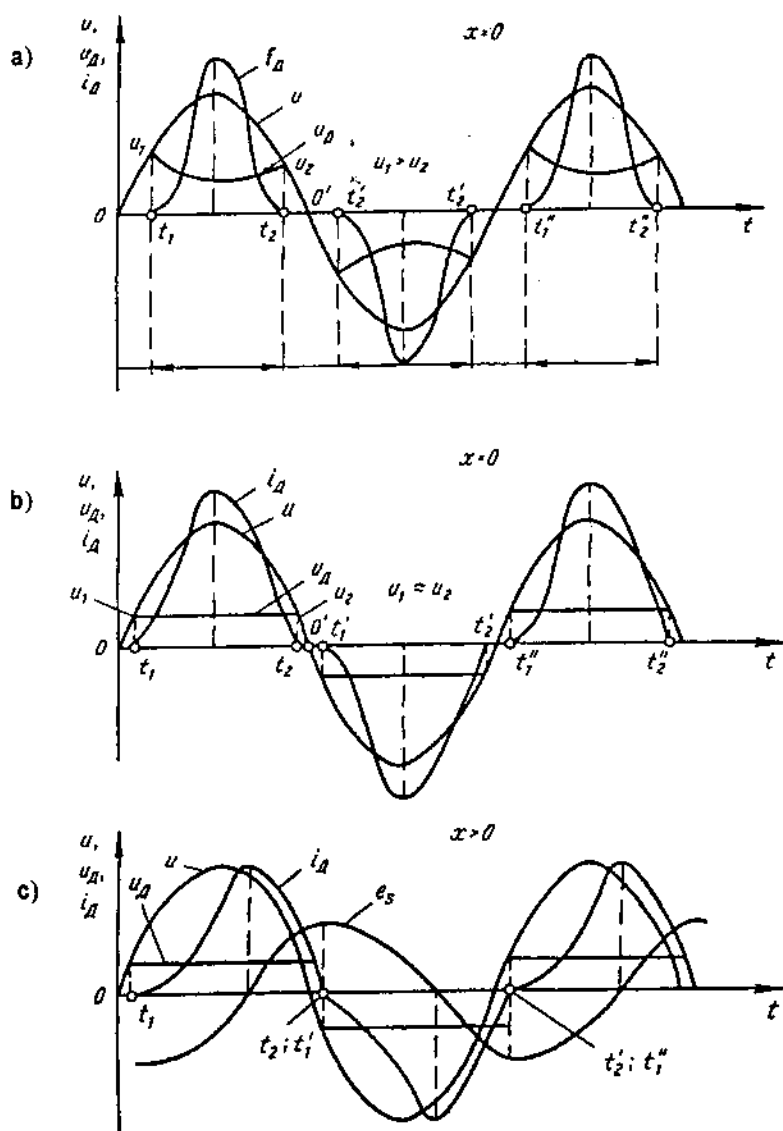
$$a = \frac{P_{HQ(A)}}{P_{HQ_{tb}}}; \quad b = \frac{P_{HQ(B)}}{P_{HQ_{tb}}}; \quad c = \frac{P_{HQ(C)}}{P_{HQ_{tb}}}$$

Thông thường giá trị a, b, c phụ thuộc vào kích thước của lò. Đối với lò cỡ nhỏ có $a \approx b \approx c$, còn đối với lò lớn có $a = 1,2 \div 1,3$; $b = 1,0$; $c = 0,7 \div 0,8$.

Theo thực tế sản xuất thì công suất bức xạ nhiệt trên một đơn vị bề mặt trao đổi nhiệt (mật độ nhiệt bức xạ) được xác định $q_{bx \text{ chung}} = 160 \div 280 \text{ kW/m}^2$ (theo chế độ điện bình thường).

Ghi chú: R_1 - bán kính từ tâm điện cực đến bề mặt trong của lò;

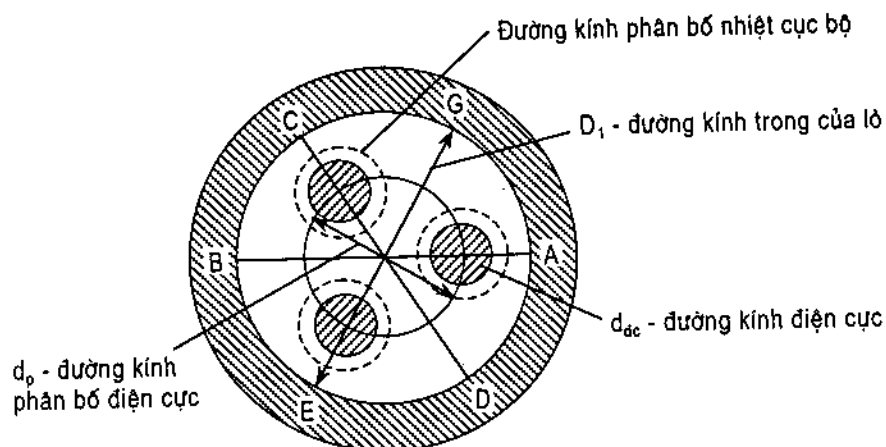
r - bán kính từ điểm bề mặt trong gần nhất đến tâm điện cực.



Hình 1.17. Sơ đồ biểu thị đặc tính điện của hồ quang xoay chiều:

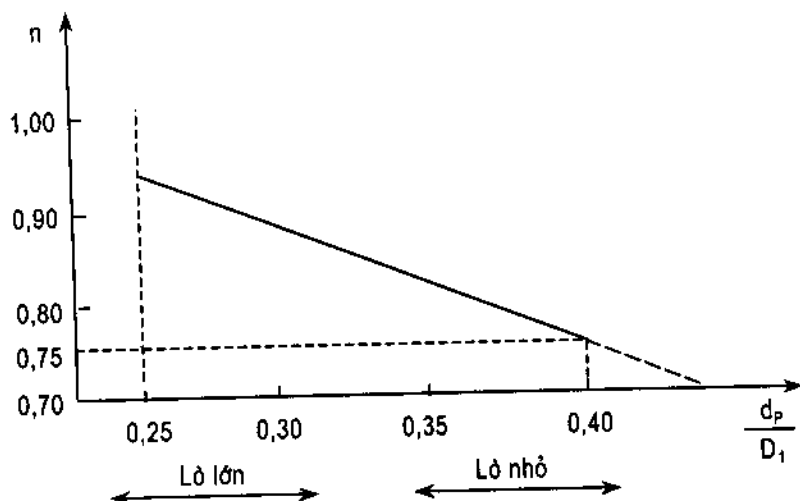
- a) nguồn hồ quang phát yếu: gián đoạn lớn ($t_2 + t'_2$);
- b) nguồn hồ quang phát mạnh: gián đoạn bé ($t_2 + t'_2$);
- c) sử dụng cuộn cảm kháng drossel - giảm hẳn mức độ gián đoạn của chùm hồ quang t_2 trùng với t'_1 .

Ghi chú: U - điện áp nguồn; U_g - điện áp hồ quang; U_1 - điện áp phát hồ quang; U_2 - điện áp tắt hồ quang; $t_1 + t_2$ - thời gian phát hồ quang; e_s - sức điện động cảm ứng.



Hình 1.18. Phân bố nhiệt trong lò điện hồ quang:

- Vùng phân bố nhiệt cực bộ tại từng pha, nhiệt độ rất cao;
- Vùng phân bố nhiệt chung (do 3 điện cực 3 pha tạo nên), nhiệt độ cao;
- Vùng xung quanh lò, nhiệt độ thấp (nhiệt độ ở điểm B $\approx$ D $\approx$ G).



Hình 1.19. Quan hệ tỷ số mật độ bức xạ nhiệt của hồ quang và tỷ số phân bố nhiệt trong lò ($n = \frac{q_B}{q_A}$ và $\frac{d_P}{D_1}$).

5- Môi trường trong lò: không khí, khí đơn thuần là oxy, nitơ, hydro... , hoặc chân không có $P_{ck} = 10^{-3} \div 10^{-4}$ mmHg.

Trong lò điện hồ quang chân không, các chùm tia hồ quang rất dài, tiết diện chùm rất bé, tốc độ phóng và chuyển dịch của các điện tử rất lớn, gấp $10 \div 50$ lần so với hồ quang bình thường, do đó khi nấu và tinh luyện thép trong lò hồ quang chân không cho phép tận dụng nhiệt năng tối đa cho mẻ nấu, thời gian chảy liệu rất nhanh, tiếng kêu ồn của hồ quang giảm đi rất nhiều.

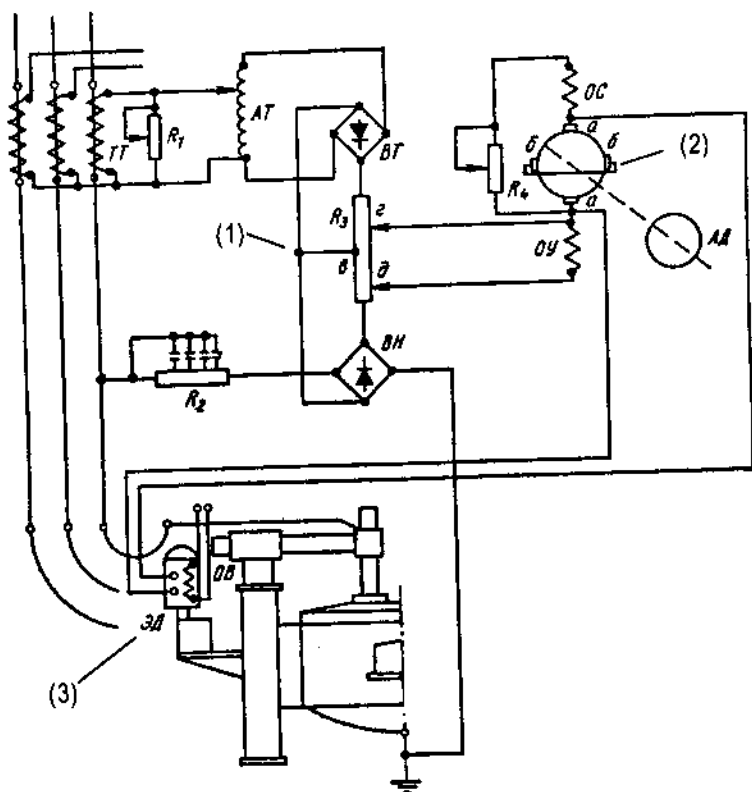
2.3.5. Điều chỉnh hồ quang điện trong các giai đoạn nấu luyện thép

Lò điện hồ quang một pha có hai điện cực nằm ngang, công suất điện cung cấp cho lò thấp, hồ quang phát ra ổn định, chế độ điện không thay đổi, do đó có thể điều chỉnh điện cực (điều chỉnh độ dài L_{HQ}) bằng tay. Còn đối với lò điện hồ quang 3 pha, 3 điện cực được bố trí thẳng đứng theo hình tam giác đều, pha này cách pha kia một góc 120° , công suất điện cung cấp cho lò lớn, đường kính điện cực vừa to vừa nặng, chế độ điện thay đổi liên tục nhất là giai đoạn nấu chảy liệu. Do đó cần phải điều chỉnh hồ quang thường xuyên; điện cực phải được nâng lên hạ xuống phù hợp với tình hình nóng chảy liệu. Vì vậy cần phải ứng dụng máy điều chỉnh sự chênh lệch giữa nguồn cung cấp và nguồn tiêu thụ (hồ quang). Yêu cầu máy điều chỉnh là thời gian điều chỉnh càng nhanh càng tốt, độ nhạy cảm cao, khả năng tự động hoá và cơ khí hoá cao, quá trình điều chỉnh phải đảm bảo chắc chắn, chính xác. Muốn điều chỉnh công suất điện hồ quang cần phải thay đổi đại lượng cường độ dòng điện làm việc hoặc thay đổi điện áp nguồn. Ta biết công suất hồ quang là $P_{HQ} = I.U_{HQ}$. Khi thay đổi I thì rất khó khăn vì phải thay đổi kích thước và số vòng của cuộn sơ và thứ cấp, thay đổi các dây dẫn điện. Thực tế người ta thường thay đổi điện áp nguồn cung cấp bằng cách chỉ việc chuyển mạch nối sang hình tam giác hay hình sao (phía cuộn sơ cấp) để phù hợp với công suất hồ quang. Khi chuyển mạch nối thì điện áp nguồn thay đổi, điện áp hồ quang cũng thay đổi theo tương ứng. Điều chỉnh hồ quang trong giai đoạn nấu chảy liệu rất phức tạp, nặng nề, mức độ điều chỉnh phải thực hiện thường xuyên liên tục phụ thuộc vào tình trạng nung nóng liệu kim loại. Chúng ta đã biết điện áp hồ quang $U_{HQ} = \alpha + \beta.L_{HQ}$. Mỗi một loại lò có đại lượng α và β nhất định (const). Thay đổi chiều dài chùm hồ quang (L_{HQ}) là điện áp hồ quang thay đổi và công suất hồ quang cũng thay đổi phù hợp với giai đoạn nấu luyện thép. Khi L_{HQ} thay đổi là vị trí đầu điện cực cũng xê dịch

cách xa hoặc gần mặt kim loại trong lò. Để điều chỉnh hồ quang, người ta sử dụng 3 loại máy: khuếch đại điện từ “ЭМΥ” của Liên Xô (cũ), được dùng rộng rãi để điều chỉnh hồ quang điện cho những loại lò cỡ bé và trung bình ($0,5 \div 50$ tấn/mẻ). Còn loại lò lớn ≥ 80 tấn/mẻ người ta sử dụng loại máy thủy lực với áp suất $8 \div 18$ at. Hiện nay người ta sử dụng phổ biến máy điều chỉnh bán dẫn bằng tiristor để điều chỉnh hồ quang cho các loại lò lớn và hiện đại ($100 \div 400$ tấn/mẻ).

1- Nguyên lý và chế độ điều chỉnh của máy “ЭМΥ” (hình I.20):

Máy điều chỉnh hồ quang gồm 3 bộ phận chính: Thiết bị chỉnh lưu dòng điện xoay chiều thành một chiều, hệ thống máy khuếch đại điện từ và bộ phận cơ điện nâng hạ điện cực.



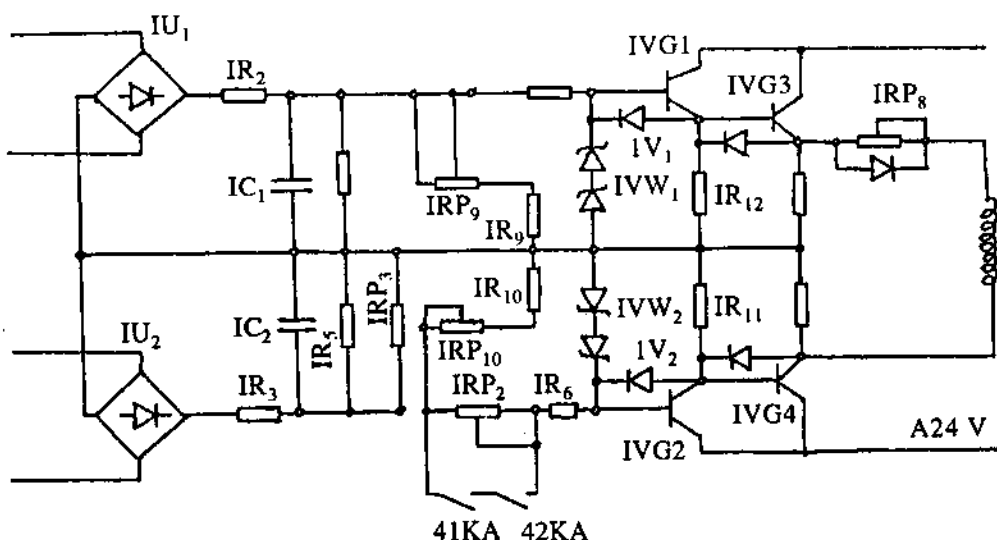
Hình I.20. Sơ đồ điều chỉnh điện cực bằng máy “ЭМΥ” khuếch đại điện từ:
1- hệ thống thiết bị chỉnh lưu dòng điện xoay chiều thành một chiều; 2- hệ thống máy khuếch đại điện từ “ЭМΥ”; 3- hệ thống cơ điện nâng hạ điện cực.

Nguyên lý làm việc của máy theo 3 chế độ làm việc: khi điện áp nguồn U_{ng} lớn hơn điện áp hồ quang U_{HQ} ($U_{ng} > U_{HQ}$, nghĩa là $U_{ng} - U_{HQ} \neq 0$ thì máy chạy làm động cơ quay kéo theo điện cực đi lên; Khi U_{HQ} lớn hơn U_{ng} (điện cực xa mặt kim loại) thì máy chạy làm động cơ quay ngược lại, điện cực được hạ xuống. Khi điện áp nguồn bằng điện áp hồ quang $U_{ng} = U_{HQ}$, tức là $U_{ng} - U_{HQ} = 0$, máy ngừng làm việc, động cơ không quay, điện cực vẫn giữ nguyên vị trí.

Nói tóm lại, máy "ЭМΥ" làm việc khi có giá trị chênh lệch điện áp giữa 2 nguồn xảy ra (điện cung cấp và nguồn hồ quang), điện cực được kéo lên hoặc được hạ xuống làm cho đại lượng công suất hồ quang và chùm hồ quang thay đổi. Khi không có phản ảnh chênh lệch điện áp thì máy không làm việc, điện cực giữ nguyên vị trí, gọi là chế độ làm việc ổn định, hồ quang phát ra liên tục và đại lượng điện hồ quang không thay đổi.

2- Mạch điều chỉnh tự động với hệ thống thuỷ lực nâng hạ điện cực của lò hồ quang 30 tấn/mẻ (Nhà máy Thép Lưu Xá - Thái Nguyên)

Mạch điều chỉnh bằng bán dẫn (hình I.21):



Hình I.21. Mạch bán dẫn điều chỉnh điện cực tự động.

Nguyên lý làm việc của mạch điều chỉnh bán dẫn:

- Khi giảm nấc điện áp, dòng điện I tăng phá vỡ trạng thái cân bằng dẫn đến tranzito IVG_2 sẽ mở rồi IVG_4 tiếp mở, dòng điện một chiều 24 V nguồn

điện bên ngoài thông vào chạy lên cuộn dây van điều khiển thủy lực tác động làm van mở, hệ thống thủy lực điều khiển điện cực đi xuống. Quá trình điện cực đi xuống, dòng điện tăng lên, bộ điện vị (như $IRP_3...$) thực hiện điều chỉnh tín hiệu dòng đạt tại một giá trị yêu cầu, dẫn đến trạng thái trở lại cân bằng.

– Khi tăng nấc điện áp, dòng điện I giảm phá vỡ trạng thái cân bằng dẫn đến tranzito IVG_1 sẽ mở rồi IVG_3 tiếp mở, dòng điện một chiều 24 V nguồn điện bên ngoài thông vào chạy xuống cuộn dây van điều khiển thủy lực tác động làm van mở, hệ thống điều khiển thủy lực điều khiển điện cực đi lên và đạt đến trạng thái cân bằng mới.

– Tại một giá trị điện áp không đổi, việc thay đổi giá trị dòng điện ở mạch một chiều thông qua thay đổi giá trị điện trở thuần R nhờ vào bộ điện vị (như IR_{10}) cho phép chúng ta thay đổi dòng điện hồ quang trong một khoảng hữu ích; khoảng cách này làm cho dòng điện hồ quang đạt được vị trí cân bằng mới. Bộ điện vị IRP_2 có tác dụng điều chỉnh tốc độ điện cực khi đi xuống thông qua điều khiển mở van điều khiển thủy lực.

Nhận xét mạch điều chỉnh bán dẫn:

– So sánh với mạch điều chỉnh “ЭМУ” của Liên Xô cũ thì mạch này đơn giản và gọn nhẹ hơn nhiều, tác động chỉ thị nhanh hơn, chính xác hơn và ít xảy ra sự cố hỏng hóc hơn.

– Hiện nay người ta áp dụng máy điều chỉnh bằng bán dẫn tiristor silic điều khiển có độ nhạy và độ chính xác cao hơn, chất lượng linh kiện tốt hơn, lại ít linh kiện hơn mạch điều chỉnh sử dụng tranzito, diôt v.v.).

Hệ thống thủy lực nâng hạ điện cực.

Hệ thống thủy lực được đặt sát lò, bố trí 3 máy bơm cao áp (bình thường 2 máy làm việc, một máy dự phòng), hệ thống vận hành ở chế độ tự động. Dung dịch nước xà phòng được nén với áp suất công tác $40 + 45 \text{ kg/cm}^2$ và được đưa vào bình chứa 3 m^3 , từ đây dung dịch được cấp cho các cơ cấu cần thao tác thông qua trạm van điện từ.

Để ổn định áp suất công tác $40 + 45 \text{ kg/cm}^2$, khi đẩy lên áp lực được ổn định nhờ vào hai bình ổn áp nằm sát nhau, do đó tốc độ nâng hạ điện cực rất ổn định, còn khi hạ điện cực, tốc độ đi xuống được giữ ổn định bằng kính cân bằng. Tại vị trí điện cực cân bằng, độ rung động của điện cực do phóng hồ

quang cũng giảm. Khoảng cách điều chỉnh hoạt động của hồ quang nhờ hệ thống thủy lực cho phép đạt được độ chính xác cao, khác xa so với hệ thống nâng hạ điện cực bằng động cơ.

Tốc độ nâng điện cực của hệ thống đạt được ~ 6 m/ph. Tốc độ hạ điện cực của hệ thống đạt được ~ 4 m/ph. Để điều chỉnh nâng hạ điện cực trong lò điện hồ quang cỡ trung bình và lớn thì người ta sử dụng hệ thống thủy lực là phù hợp nhất.

2.4. CHẾ ĐỘ NHIỆT TRONG LÒ

2.4.1. Trao đổi nhiệt trong lò

Chúng ta đã rõ, nếu chọn kích thước lò hợp lý thì đảm bảo phân bố nhiệt trong lò tốt, bức xạ nhiệt của hồ quang và phản xạ nhiệt của nắp, tường lò và thép lỏng xảy ra đều và liên tục. Ngoài ra, sự trao đổi nhiệt trong lò còn phụ thuộc vào đại lượng tuyệt đối của công suất hồ quang. Vì vậy muốn đạt được các chỉ tiêu sản xuất tốt cần phải xác định cụ thể, không những công suất điện định mức của máy biến áp lò, dung lượng lò và kích thước khoảng trống lò mà đồng thời chọn chế độ điện hợp lý cho từng giai đoạn nấu luyện thép. Cụ thể, cần phải giải quyết nhiệm vụ chủ yếu sau:

- Bố trí các điện cực đều, thẳng đứng, đảm bảo hồ quang phát ra dưới ba điện cực mạnh, liên tục, thúc đẩy quá trình nung chảy liệu nhanh, đồng thời tránh được hiện tượng cháy mòn cục bộ của tường và nắp lò quá mức.

- Xác định chế độ điện, chế độ thao tác cho từng giai đoạn nấu phù hợp với yêu cầu của mác thép, đảm bảo năng suất lò cao, tổn hao điện năng ít nhất.

- Xác định kích thước khoảng trống lò phù hợp với dung lượng lò và công suất điện cung cấp cho lò, đảm bảo truyền nhiệt khắp các bề mặt trong của áo lò, đồng thời tuổi thọ lò cao.

Đứng về mặt trao đổi nhiệt của hồ quang và khoảng trống lò mà chia ba thời kỳ nấu luyện:

1- Thời kỳ đầu nấu chảy (thông điện): Đầu thời kỳ nấu chảy liệu, hồ quang phát ra trực tiếp lên bề mặt liệu rắn, lên nắp lò và một phần lên tường lò phía trên gọi là thời kỳ hồ quang cháy tự do (cháy hở). Mặt khác lúc bấy giờ nhiệt độ ở nắp lò, tường và đáy lò còn thấp do đó khả năng thu nhận nhiệt của nắp, tường

và đáy lò là lớn nhất. Vì vậy cần duy trì phát hồ quang liên tục, tia hồ quang mềm, công suất hồ quang điện thấp, đảm bảo an toàn cho nắp lò, tường lò và các thiết bị khác.

2- Thời kỳ bắt đầu nóng chảy liệu. Hồ quang phát ra dưới 3 điện cực tạo ra ba hố, đường kính và chiều cao của hố càng ngày càng rộng và sâu dần, ba điện cực được hạ sâu xuống, ở thời kỳ này hồ quang phát trực tiếp vào liệu kim loại, đồng thời chùm hồ quang bị che kín bởi liệu rắn xung quanh. Do đó mức độ bức xạ nhiệt của hồ quang lên tường và nắp lò giảm rõ rệt. Thời kỳ này gọi là thời kỳ bức xạ nhiệt của hồ quang lên liệu kim loại đạt được lượng nhiệt tối đa. Vì vậy để tranh thủ chảy liệu nhanh cần phải tăng công suất điện lớn nhất vào lò.

3- Sau khi liệu đã được chảy lỏng hoàn toàn, điện cực được kéo lên xa mặt kim loại lỏng, nhiệt độ áo lò đã cao cho nên sự trao đổi nhiệt trong kim loại lỏng là do tính dẫn nhiệt, tính chất vật lý của kim loại đó, nghĩa là trong kim loại lỏng tự trao đổi nhiệt cho nhau theo mọi phương mọi hướng. Ở thời kỳ này, nhiệt bức xạ của hồ quang và nhiệt phản xạ từ các bề mặt trong của tường, nắp lò và kim loại lỏng tới khoảng trống lò xảy ra liên tục, thường xuyên, gọi là thời kỳ trao đổi nhiệt mãnh liệt trong khoảng trống lò. Thời kỳ này quyết định tốc độ và mức độ của các phản ứng luyện kim xảy ra trong lò và tuổi thọ của nồi lò.

2.4.2. Trao đổi nhiệt trong khoảng trống lò

Trong lò điện hồ quang, chùm hồ quang phát ra được tập trung lại với một thể tích rất bé, do đó xem hồ quang như là một nguồn điểm bức xạ nhiệt rất lớn $4000 \div 6000^\circ\text{K}$ với áp lực rất mạnh. Dựa vào điều kiện trên chúng ta có thể xác định được đại lượng nhiệt:

$$Q = \frac{P_{HQ} \cdot \cos \varphi}{4\pi \cdot R^2}, \text{ kW/m}^2$$

$$= \frac{860 \cdot P_{HQ} \cdot \cos \varphi}{4\pi \cdot R^2}, \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \quad (I.11)$$

trong đó: P_{HQ} - công suất điện hồ quang, kW;

R- khoảng cách từ tâm điện cực (vùng nóng cục bộ) tới mặt trong của lò, m;

φ - góc tạo nên bởi bán kính R tới đường thẳng góc sát tường lò.

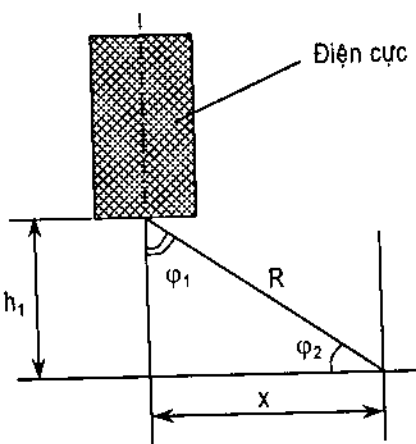
Trong quá trình bức xạ nhiệt của hồ quang thường theo hai hướng chính: bức xạ dọc theo điện cực và bức xạ lên mặt kim loại, tường và nắp lò.

1- Bức xạ nhiệt dọc theo điện cực thường chiếm khoảng 10 ÷ 15% công suất hồ quang điện. Lượng nhiệt này nung nóng điện cực suốt trong quá trình nấu luyện, do đó đầu điện cực không bị nguội, trái lại tạo điều kiện thuận lợi để đầu điện cực phát hồ quang dễ dàng và liên tục.

– Tích vào điện cực một lượng nhiệt nhất định, làm cho điện cực luôn luôn được nung nóng, không cần nguồn nhiệt dự trữ ở ngoài cung cấp.

– Nhiệt bức xạ dọc theo điện cực sau một thời gian lại được phản xạ xuống mặt kim loại và khoảng trống lò.

Xác định lượng nhiệt bức xạ dọc theo điện cực (hình I.22).



$$\begin{aligned}
 Q_1 &= \frac{0,1 \cdot P_{HQ} \cos \varphi_1 \cos \varphi_2}{\pi \cdot R^2} = \\
 &= \frac{0,1 \cdot P_{HQ} \cdot h_1^2}{\pi \cdot (x^2 + h_1^2)^2}, \text{ kW/m}^2 \\
 &= \frac{860 \cdot 0,1 \cdot P_{HQ} \cdot h_1^2}{\pi \cdot (x^2 + h_1^2)^2}, \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h}
 \end{aligned}$$

Hình I.22. Sơ đồ tính toán công suất nhiệt dọc theo điện cực:

h_1 - chiều dài của tia hồ quang, m;

x - khoảng cách từ tâm điện cực tới biên giới vùng nóng.

Theo công thức trên, chúng ta thấy rõ nhiệt bức xạ dọc theo điện cực tỷ lệ thuận với đại lượng công suất điện hồ quang và tỷ lệ nghịch với khoảng cách R .

Kết luận: Lò càng lớn, công suất điện hồ quang càng lớn, bức xạ nhiệt dọc theo điện cực càng mạnh và đầu điện cực càng xa mặt kim loại bao nhiêu thì bức xạ nhiệt dọc theo điện cực càng lớn bấy nhiêu, do đó phát hồ quang càng mạnh càng nhanh, kim loại chảy nhanh và năng suất lò đạt cực đại.

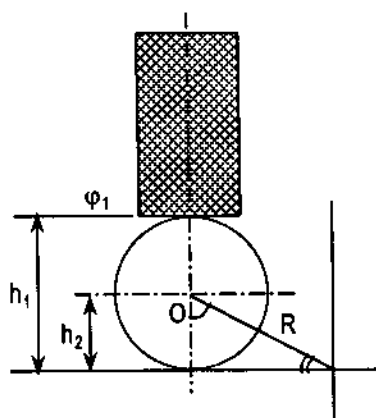
2- Bức xạ nhiệt lên mặt kim loại. Bức xạ nhiệt của hồ quang không phải hoàn toàn lên mặt kim loại mà một phần lên bề mặt tường, nắp lò, do đó kim loại nhận được lượng nhiệt lớn là nhờ hai nguồn cung cấp: một nguồn do hồ quang bức xạ nhiệt trực tiếp, một nguồn nữa do phản xạ nhiệt của tường, nắp lò và khoảng trống lò.

Lượng nhiệt cung cấp cho kim loại thường chiếm khoảng $85 \div 90\%$ công suất hồ quang điện (hình I.23) và được tính như sau:

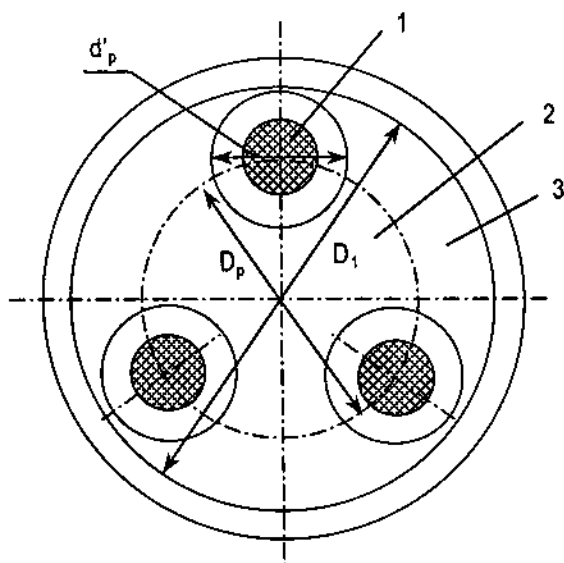
$$Q_2 = \frac{0,9 \cdot P_{HQ} \cdot \cos \varphi}{4\pi R^2}, \text{ kW/m}^2$$

$$= \frac{0,9 \cdot P_{HQ} \cdot h_2}{4\pi \cdot (x^2 + h_2^2)^{1/2}} \text{ hay } \frac{860 \cdot 0,9 \cdot P_{HQ} \cdot h_2}{4\pi \cdot (x^2 + h_2^2)^{1/2}}, \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \quad (\text{I.12})$$

ở đây: h_2 - khoảng cách từ mặt kim loại tới tâm hình cầu vùng nóng nhất (vùng nóng cục bộ do từng điện cực tạo nên).



Hình I.23a. Nhiệt bức xạ lên mặt kim loại trong lò.



Hình I.23b. Các vùng phân bố nhiệt trong lò:
1- vùng nhiệt độ cao cục bộ; 2- vùng nhiệt độ cao chung; 3- vùng nhiệt độ thấp.

Qua hình I.23.b, chúng ta thấy rõ các vùng phân bố nhiệt trong lò khác nhau do hồ quang tạo nên: vùng nóng nhất, có nhiệt độ $> 1800^{\circ}\text{C}$, được gọi là vùng nóng cục bộ do điện cực từng pha tạo nên, có khả năng gây cháy mòn cục bộ tường lò (1); điện cực ba pha tạo nên vùng nóng chung (2), nhiệt độ ở vùng này $> 1600^{\circ}\text{C}$. Vùng này rộng hay hẹp phụ thuộc vào đường kính điện cực, đường kính phân bố điện cực (d_p) và công suất điện cung cấp cho lò. Đây chính là một vùng nhiệt quan trọng nhất quyết định thời gian nung chảy liệu. Vùng nóng vừa là vùng xung quanh lò (3) có nhiệt độ thấp hơn so với 2 vùng trên. Vùng nóng (1) và (2) là những vùng có nhiệt độ bức xạ của hồ quang mạnh nhất lên nắp, tường lò và mặt kim loại trong lò. Còn mức độ phản xạ nhiệt từ nắp, tường và khoảng trống lò phụ thuộc vào nhiệt độ ở vùng (3). Khi nhiệt độ ở vùng xung quanh lò thấp thì phản xạ nhiệt từ nắp và tường lò xuống kim loại mạnh lên.

Ngoài ra, xỉ cũng đóng một vai trò truyền nhiệt và giữ nhiệt quan trọng cho thép lỏng trong lò, mức độ đó phụ thuộc vào các giai đoạn nấu luyện. Xỉ ở giai đoạn nấu chảy và oxy hoá có độ đen tuyệt đối $\varepsilon = 0,6$ do đó xỉ trong hai giai đoạn này hấp phụ nhiệt nhiều hơn, còn ở giai đoạn hoàn nguyên tạo xỉ có $\varepsilon = 0,4$, xỉ ít hấp phụ nhiệt, có khả năng nhiệt bức xạ từ xỉ lên khoảng trống lò lớn và tăng thêm nhiệt độ cho vùng (3).

2.4.3. Phân bố nhiệt trong lò theo các giai đoạn nấu luyện thép

1- Phân phối nhiệt trong lò qua các giai đoạn nấu luyện (bảng I.12) cho chúng ta thấy rõ đại lượng nhiệt tập trung ở các giai đoạn nấu khác nhau, đồng thời bức xạ nhiệt của các mặt riêng trong lò cũng khác nhau. Vì vậy cần phải biết thao tác nấu luyện và biết xử lý chế độ nhiệt thích hợp trong lò, từ đó xác định được chế độ điện phù hợp cho lò trong các giai đoạn nấu luyện thép.

2- Qua số liệu thu được ở bảng I.12, chúng ta có kết luận:

- Thép lỏng thu nhiệt giảm rõ rệt theo thời gian nấu luyện: ở giai đoạn nấu chảy, kim loại thu nhiệt nhiều nhất do đó cần cung cấp lượng nhiệt lớn từ ngoài vào, nghĩa là đưa công suất điện cao nhất $P_{nc} = 70 \div 80\% P_{HQ}$. Trong thời kỳ này, trao đổi nhiệt từ chòm hồ quang xuống kim loại hầu như theo một hướng từ trên xuống dưới. Còn ở giai đoạn oxy và hoàn nguyên thì ngược lại vì lúc bấy giờ tường, đáy lò và kim loại, xỉ lỏng có nhiệt độ khá cao ổn định cho nên phần lớn lượng nhiệt trao đổi theo hướng từ dưới lên trên, tạo cho khoảng trống lò có một lượng nhiệt cao để duy trì ổn định nhiệt độ cho bể lò.

Bảng 1.12. Phân phối nhiệt trong các giai đoạn nấu luyện thép

1. Giai đoạn nấu chảy	
Hồ quang bức xạ lên mặt kim loại $P_{H_1} = 0,1P_{HQ} + 0,45P_{HQ} = 0,55.P_{HQ}$	Nhiệt bức xạ lên tường, nắp lò (hấp thụ) $P_T = 0,45P_{HQ}$
2. Giai đoạn oxy hoá kim loại	
$P_{ox} = 0,55P_{HQ} \times 60\% - 0,33P_{HQ}$	$P_T = 0,55P_{HQ} \times 40\% = 0,22P_{HQ}$
3. Giai đoạn hoàn nguyên	
Bức xạ nhiệt của hồ quang lên mặt kim loại $P_{HN} = 0,55P_{HQ} \times 50\% = 0,275P_{HQ}$	Nhiệt bức xạ lên tường, nắp lò $P_T = 0,55P_{HQ} \times 50\% = 0,275P_{HQ}$

– Ở giai đoạn nấu chảy, tường, đáy, nắp lò và kim loại chứa trong lò có nhiệt độ còn thấp, do đó nhiệt bức xạ của hồ quang trực tiếp lên tường, nắp lò ít, không làm ảnh hưởng đến tuổi thọ lò. Còn giai đoạn hoàn nguyên, nhiệt độ ở các vùng trong lò và kim loại cao ổn định, do đó nhiệt bức xạ lên tường và nắp lò khá lớn, ảnh hưởng rõ rệt đến tuổi thọ lò. Thời gian hoàn nguyên càng kéo dài thì tuổi thọ lò càng giảm xuống rất thấp.

Kinh nghiệm thực tế sản xuất cho thấy rõ khả năng hấp thụ nhiệt của kim loại trong lò cỡ lớn không hạn chế giới hạn, do đó cần phải đưa công suất điện vào lò lớn hơn $1,5 \div 2$ lần so với công suất trung bình. Nhưng nếu tăng công suất điện hồ quang quá lớn thì tuổi thọ lò giảm rất nhanh; Đặc biệt độ bền phần gạch chịu lửa ở tâm nắp lò và phần dưới tường lò (nơi thường xuyên tiếp xúc với kim loại và xỉ lỏng) giảm rất trầm trọng. Vì vậy cần phải bố trí ba điện cực đều, thẳng đứng trong lò, xác định độ vòm của nắp lò và chế độ điện cung cấp cho mẻ nấu phù hợp với kích thước và hình dạng của nồi lò.

Để nắm vững quá trình trao đổi nhiệt trong lò cần phải xác định được các đại lượng nhiệt cụ thể, tỷ mỉ và chính xác để đảm bảo vừa nấu luyện nhanh, năng suất lò cao vừa tuổi thọ lò cao.

Đại lượng nhiệt trong lò điện hồ quang được xác định theo công thức và điều kiện sau đây:

$$C_1 P_{HQ} + C_2 P_{PX} + C_3 \left[\left(\frac{t_{X_1} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_1 + 273}{100} \right)^4 \right] \geq \\ \geq P_{m,n} + P_{tích} + C_4 \left[\left(\frac{t_1 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{X_2} + 273}{100} \right)^4 \right], \text{ kW/m}^2 \quad (I.13)$$

trong đó: P_{HQ} - công suất bức xạ nhiệt của hồ quang trên 1 đơn vị bề mặt, hay gọi là suất bức xạ nhiệt, kW/m^2 ;

P_{PX} - suất công suất phản xạ nhiệt của lò tại vùng nóng nhất, kW/m^2 ;

t_{X_1} - nhiệt độ của xỉ ở vùng nóng nhất, $^{\circ}\text{C}$;

t_{X_2} - nhiệt độ của xỉ ở vùng xung quanh lò (vùng nóng vừa), $^{\circ}\text{C}$;

t_l - nhiệt độ của tường lò, $^{\circ}\text{C}$;

$P_{m,n}$ - suất công suất mất nhiệt của áo lò, kW/m^2 ;

$P_{tích}$ - suất công suất nhiệt tích vào áo lò, kW/m^2 ;

C_1, C_2, C_3 và C_4 - các hệ số bức xạ nhiệt và phản xạ nhiệt của các phần tương ứng trong lò.

Các đại lượng $P_{m,n}$ và $P_{tích}$ thay đổi theo thời gian nấu luyện: đầu giai đoạn nấu chảy liệu $P_{m,n} + P_{tích}$ đạt giá trị cực đại, cuối giai đoạn nấu $P_{m,n} + P_{tích}$ giảm rất nhiều do đó không ảnh hưởng đến tuổi thọ lò. Còn đại lượng $\left(\frac{t_{X_2} + 273}{100}\right)^4$ là một yếu tố làm cháy mòn tường và nắp lò. Khi nhiệt độ của xỉ ở vùng xung quanh lò càng cao thì mức độ bức xạ nhiệt lên tường và nắp lò càng lớn và càng mãnh liệt.

3- Qua bảng phân phối chúng ta có kết luận như sau:

- Lượng nhiệt tích vào áo lò là do bức xạ nhiệt của hồ quang trực tiếp và đồng thời do phản xạ nhiệt của các bề mặt trong lò. Vì vậy nhiệt tải của áo lò tỷ lệ thuận với công suất hồ quang điện.

- Phản xạ nhiệt từ tường, nắp lò lên mặt kim loại ở bể lò phụ thuộc vào nhiệt độ của xỉ ở vùng xung quanh lò. Khi nhiệt độ của xỉ ở vùng này cao thì phản xạ nhiệt từ tường, nắp lò xuống mặt kim loại yếu.

- Để đạt được khả năng truyền nhiệt cho kim loại tốt, đồng thời tăng tuổi thọ lò cần phải tạo lớp xỉ mỏng và có độ dẫn nhiệt tối đa, hoặc tạo lớp xỉ dày, có độ cản nhiệt tốt để hoàn toàn che phủ kín mặt kim loại ở vùng xung quanh lò.

- Trong giai đoạn oxy hoá, kim loại và xỉ sôi mạnh là một điều kiện thuận lợi để tăng lượng nhiệt cho lò và nung nóng thêm kim loại lỏng (quá nhiệt). Muốn vậy cần tạo điều kiện cho kim loại và xỉ sôi mãnh liệt, chùn hồ quang bị lớp xỉ che kín. Còn ở thời kỳ hoàn nguyên xỉ và kim loại lỏng ở trạng thái cân bằng yên tĩnh, bức xạ nhiệt trong lò cũng ở trạng thái cân bằng vì vậy không

cần tăng thêm công suất hồ quang, không cần nung quá nhiệt cho kim loại. Trong thực tế sản xuất thép ở lò điện hồ quang cỡ lớn, khi kim loại sôi mãnh liệt thì độ dẫn nhiệt của xỉ đạt được từ 70 đến 100 kcal/m.^oC.h.

– Khi tăng kích thước hình học của lò do quá trình bào mòn phần gạch chịu lửa quá mức (cuối đời lò) thì điều kiện chịu lửa của áo lò rất nặng nề, tuổi thọ lò giảm rất nhanh vì suất lượng xỉ tăng lên rất nhiều và $g_{xi} \approx \sqrt[3]{g_{kl}}$ (g_{kl} trọng lượng kim loại trong lò), còn bề mặt trao đổi nhiệt riêng giảm đi $\sqrt[3]{g_{kl}}$ lần.

– Để đảm bảo tuổi thọ lò cao, đồng thời truyền và giữ nhiệt của áo lò tốt cần phải chọn nguyên vật liệu xây, đầm lò có độ chịu lửa cao ($t > 1800^{\circ}\text{C}$) và bền nhiệt.

2.5. CHẾ ĐỘ ĐIỆN ĐƯỢC ÁP DỤNG TRONG LÒ HỒ QUANG LUYỆN THÉP

Như trên chúng ta đã rõ, nếu chọn kích thước lò làm việc hợp lý thì đảm bảo sự phân phối nhiệt trong lò, giữa các mặt riêng (kim loại, xỉ, tường lò và nắp lò) phù hợp với điều kiện kỹ thuật.

Ngoài ra, lượng nhiệt tuyệt đối được truyền vào bề mặt này hay bề mặt khác phụ thuộc vào đại lượng tuyệt đối của công suất hồ quang. Vì vậy chế độ điện hợp lý trong các giai đoạn nấu luyện là một yếu tố rất quan trọng và quyết định chất lượng sản phẩm. Chế độ điện hợp lý được xác định tương ứng với quá trình trao đổi nhiệt đều trong khoảng trống lò. Vì vậy công suất điện được đưa vào lò phải phù hợp tương ứng theo các giai đoạn nấu luyện. Tùy theo dung lượng lò định mức (tấn/m³), phần chịu lửa của tường, đáy, nắp lò và công nghệ nấu luyện mà thép yêu cầu cụ thể mà chọn chế độ điện tối ưu cho mẻ nấu.

Tóm lại, chế độ điện rất quan trọng quyết định vận hành nấu luyện, tuổi thọ lò, thời gian nấu. Nếu chọn chế độ điện không hợp lý thì không những làm xấu các chỉ tiêu sản xuất mà ngay cả công việc chạy lò cũng không đảm bảo, đồng thời mất mát điện năng lớn, cháy hao điện cực nhiều, thao tác nấu luyện của công nhân gặp khó khăn vất vả, năng suất lò thấp, tuổi thọ lò giảm.

2.5.1. Giai đoạn nấu chảy liệu

Trong thời kỳ này cần đưa công suất điện cực đại vào lò, nghĩa là:

$$P_{\max} = (1,25 + 1,5) \cdot P_{th} \text{ , kVA}$$

trong đó: P_{lb} - công suất điện trung bình và bằng $0,7 P_{dm}$;
 P_{dm} - dung lượng định mức của biến áp lò, kVA.

Khi xác định được P_{max} thì có thể tính được công suất hồ quang điện; nhờ công suất hồ quang mà biết được đại lượng nhiệt cung cấp cho quá trình nấu luyện thép:

$$P_{HQ} = P_{max} \cdot \cos \varphi \cdot \eta_d, \text{ kW}$$

trong đó: $\cos \varphi$ - hệ số công suất điện sử dụng, $\cos \varphi = 0,8 \div 0,9$;
 η_d - hiệu suất điện, phụ thuộc vào cấu tạo mạch điện thứ cấp, $\eta_d = 0,80 \div 0,95$. Cuối cùng xác định được công suất có lợi, có nghĩa là công suất điện chỉ dùng để nấu chảy liệu và nung thêm kim loại lỏng (tăng nhiệt độ quá tải cho kim loại).

$$P'_{HQ} = P_{HQ} \cdot \eta_t, \text{ kW}$$

ở đây: η_t - hiệu suất nhiệt của lò điện hồ quang, thường $\eta_t \approx 70 \div 75\%$.

2.5.2. Giai đoạn oxy hoá kim loại

Ở giai đoạn này tiến hành quá trình oxy hoá các tạp chất, hình thành lượng xỉ nhiều, độ dày của lớp xỉ cao cho nên phải đưa công suất điện vào khoảng $60 \div 65\% P_{HQ}$. Với công suất điện như vậy đảm bảo nung chảy xỉ nhanh, đồng thời tăng thêm nhiệt độ cho kim loại lỏng (quá nhiệt $\sim 50 \div 100^{\circ}\text{C}$) để sau này tiến hành giai đoạn hoàn nguyên thuận lợi, nhất là việc hợp kim hoá nhanh, các nguyên tố hợp kim hoà tan đều và triệt để trong thép lỏng.

2.5.3. Giai đoạn hoàn nguyên

Ở giai đoạn này, thép lỏng có nhiệt độ tương đối cao theo yêu cầu của mác thép, thành phần hoá học của thép lỏng tương đối ổn định, do đó cần đưa công suất điện vào lò với mức trung bình $45 \div 50\% P_{HQ}$. Để xác định chế độ điện cụ thể cho giai đoạn hoàn nguyên và hợp kim hoá thép cần tính theo ba công đoạn nhỏ sau đây:

1- Tạo xỉ hoàn nguyên cần công suất điện:

$$P_{xi} = \frac{Q_n \cdot g_{kl} + Q \cdot g}{\cos \varphi \cdot \eta \cdot \tau}, \text{ kVA} \tag{I.14}$$

trong đó: P_{xi} - công suất điện đưa vào để tạo xỉ, nung chảy xỉ, kVA;
 Q_n - năng lượng điện cần thiết để nung kim loại quá nhiệt, kW.h/tấn, thường $Q_n = 34 \div 40 \text{ kW.h/tấn thép lỏng}$;

Q_{xi} - năng lượng điện cần thiết để nung chảy một tấn xỉ, kW.h/tấn xỉ,
đối với xỉ bazơ có $Q_{xi} = 630 \div 750$ kW.h/tấn;

g_{kl} - trọng lượng mẻ nấu thép, tấn/mẻ;

g_{xi} - suất lượng xỉ, tấn.

Lượng xỉ được hình thành (g_{xi}) nhiều hay ít phụ thuộc vào công nghệ nấu luyện thép của mác thép.

Thực tế $g_{xi} = (2 \div 10\%) g_{kl}$.

2- Nung lại để nâng cao nhiệt độ cho thép lỏng:

$$P_{nung} = \frac{(Q_n + Q_p) \cdot g_{kl}}{\cos \varphi \cdot \eta_d \cdot \tau_{nung}}, \text{ kVA} \quad (I.15)$$

trong đó: Q_n - điện năng cần thiết để nung lại 1 tấn thép lỏng, kW.h/tấn;

Q_p - điện năng cần thiết để bù cho quá trình luyện kim thu nhiệt.

Thực tế $Q_p = 18 \div 25$ kW.h/tấn.

τ_n - thời gian nung lại, h.

Tuỳ theo mác thép yêu cầu, tuỳ theo công nghệ nấu luyện mà cần phải nung lại đến nhiệt độ cao hơn, tức là quá nhiệt $\sim 50 \div 100^\circ\text{C}$. Khi tiến hành tinh luyện thép ngoài lò thì trong giai đoạn hoàn nguyên cần phải nung quá nhiệt $\sim 100 \div 150^\circ\text{C}$.

3- Công suất điện cần cho quá trình nấu chảy ferro hợp kim:

$$P_{HK} = \frac{Q_{HK} \cdot g_{HK}}{\cos \varphi \cdot \eta \cdot \tau_{HK}}, \text{ kVA} \quad (I.16)$$

trong đó: Q_{HK} = suất tiêu hao điện năng để nấu chảy 1 tấn ferro hợp kim, kW.h/tấn.

Đại lượng này phụ thuộc vào từng loại ferro như:

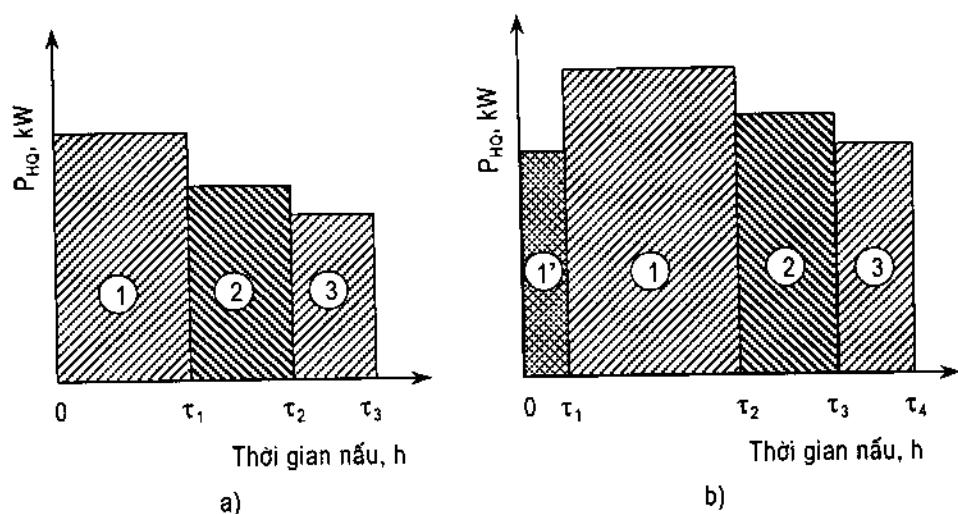
FeMn cần $Q_{HK} \approx 1500 \div 1800$ kW.h/tấn, còn FeCr cần $Q_{HK} \approx 1800 \div 2200$ kW.h/tấn và FeSi₇₅ cần $Q_{HK} \approx 2500 \div 3500$ kW.h/tấn...

g_{HK} - trọng lượng ferro hợp kim cần cho mẻ nấu, tấn;

τ_{HK} - thời gian nung chảy ferro hợp kim, h.

Sau đây nêu một số biểu đồ chế độ điện đã được áp dụng cho lò $0,5 \div 8$ tấn/mẻ và là $10 \div 30$ tấn/mẻ.

Ngoài ra trên hình I.24 (b) có (1') là công suất bắt đầu thông điện vào lò, thời gian thông điện $\sim 10 \div 15$ phút.



Hình 1.24. Chế độ điện được sử dụng để nấu luyện thép:

a) chế độ điện cho lò 0,5 ÷ 8 tấn/mẻ; b) chế độ điện cho lò 10 ÷ 30 tấn/mẻ;

1- giai đoạn nấu chảy; 2- giai đoạn oxy hoá kim loại;

3- giai đoạn hoàn nguyên và hợp kim hoá.

4- Nhận xét, kết luận:

– Ở lò nhỏ cần phải đưa công suất điện cao từ đầu vì tải máy biến áp thấp, điện áp thứ cấp 110 ÷ 190 V, hơn nữa sau khi rót thép mẻ trước lò bị nguội rất nhanh, có khi nhiệt độ nồi lò chỉ còn 700 ÷ 800°C. Còn lò lớn có chế độ điện cung cấp luôn luôn thay đổi, do đó cần phải thao tác, điều chỉnh chế độ điện một cách chính xác. Đặc biệt lò lớn chạy với công suất điện và điện áp cao nên dòng điện đập mạch khá mạnh làm nóng thiết bị đôi khi dẫn tới cháy hỏng thiết bị, vì vậy thông điện vào lò với công suất điện thấp và duy trì trong thời gian 10 ÷ 15 phút, sau đó lập tức đưa công suất tới $P_{HQ \max}$ để tranh thủ nấu chảy nhanh.

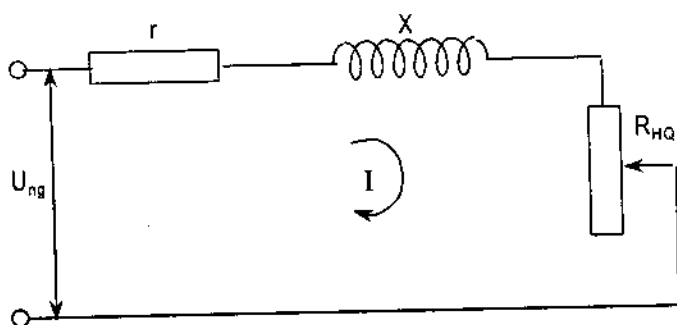
– Giai đoạn nấu chảy liệu là giai đoạn sử dụng công suất điện cao nhất ($P_{\max} \geq 1,25 P_{dm}$) và chiếm thời gian nhiều nhất $\approx 70 \div 80\%$ tổng thời gian nấu một mẻ, tổn hao điện năng lớn nhất, do đó cần áp dụng các biện pháp cường hoá quá trình luyện kim để giảm mạnh thời gian nấu chảy liệu.

– Trong giai đoạn hoàn nguyên, nhiệt độ của áo lò, kim loại và xỉ lỏng đạt cao ổn định cho nên cần đưa công suất điện thấp nhất, giá trị điện áp hồ quang là nhỏ nhất do đó tia hồ quang phát ra rất ngắn chùm hồ quang rộng để duy trì

hiệt độ của thép lỏng cao ổn định và đồng thời tránh được cháy mòn điện cực, nắp và tường lò quá mức.

2.6. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN VÀ XÂY DỰNG CHẾ ĐỘ ĐIỆN CHO LÒ ĐIỆN HỒ QUANG 30 TẤN/MÈ (NHÀ MÁY THÉP LƯU XÁ - THÁI NGUYÊN)

Phương pháp đồ thị vòng tròn là một phương pháp xây dựng chế độ điện cho lò hồ quang luyện thép một cách đúng và hiện thực. Trên đồ thị vòng tròn được biểu diễn sự phụ thuộc những đường đặc tính của các công suất định mức của biến áp lò (S), công suất điện tác dụng (P_d), công suất hồ quang điện (P_{HQ}), công suất mất điện trên mạch ngắn (P_{dm}), công suất mất nhiệt của lò (P_{mn}), hệ số $\cos\varphi$ và hiệu suất điện (η_d) vào điện trở hồ quang (R_{HQ}) và dòng điện I tạo một giá trị điện áp cố định $U = \text{const}$. Chúng ta thấy ở lò điện hồ quang khi làm việc có 3 pha luôn luôn cân bằng, do đó khi xây dựng đồ thị vòng tròn chỉ cần sử dụng mạch điện tương đương 1 pha là đủ (hình 1.25).



Hình 1.25. Sơ đồ mạch điện tương đương một pha.

$$Z = r + R_{HQ} + j.X \quad (1.17)$$

trong đó: Z - tổng trở toàn mạch, Ω

$r + R_{HQ}$ - phần thực của tổng trở Z , Ω ;

r - điện trở của mạch ngắn, Ω ;

R_{HQ} - điện trở của hồ quang, Ω ;

$j.X$ - phần ảo của tổng trở Z ;

X - cảm kháng của mạch, Ω .

Theo thiết kế lò điện hồ quang 30 tấn/mẻ tại Nhà máy Thép Lưu Xá được sử dụng chế độ công suất điện cao để nấu luyện thép.

1- Các số liệu cụ thể:

- Công suất định mức của máy biến áp lò $S = 14500 \div 17500$ kVA;
- Điện áp thứ cấp max $U = 225$ V;
- Điện trở tác dụng của mạch $r = 0,8.10^{-3} \Omega$;
- Cảm kháng của mạch $X = 3,2.10^{-3} \Omega$.

Để tiến hành xác định toạ độ dòng điện đoản mạch không tải:

$$I_K = \frac{U}{X} = \frac{225}{3,2.10^{-3}} = 72.000 \text{ A}$$

Chọn $1 \text{ cm} = 5.000 \text{ A}$, vậy dòng điện I_K có độ dài là:

$$\frac{72.000}{5.000} = 14,40 \text{ cm}$$

Xác định công suất tác dụng cực đại $P_{a,max} = S \cdot \cos\varphi$, kW.

$\cos\varphi$ - hệ số công suất, góc φ được tạo nên bởi dòng điện và điện áp tại $\varphi = 45^\circ \rightarrow \cos\varphi = \cos 45^\circ = 0,707$. Vậy công suất tác dụng cực đại $P_{a,max} = 17.500 \times 0,707 = 12.372,5$ (kW) tương ứng với độ dài 7,2 cm (bán kính vòng tròn công suất), do đó chúng ta xác định được tỷ lệ công suất điện:

$$\frac{12.372,5}{7,2} = 1.778,4 \text{ kW/cm}$$

Xác định độ dài của công suất mất nhiệt: $L = \frac{P_{mn}}{1.778,4}$

mà $P_{mn} = 30\% \cdot P_{HQ} \rightarrow P_{mn} = 30\% \cdot P_a \cdot \eta_d$.

do đó $P_{mn} = 0,30 \times 12.372,5 \times 0,742 = 2.754,1$ (kW) và độ dài $L = 1,6 \text{ cm}$.

- Chọn tỷ lệ điện trở $1 \text{ cm} = 1.10^{-3} \Omega$

$$L_x = \frac{3,2.10^{-3}}{1.10^{-3}} = 3,2 \text{ cm}$$

$$L_r = \frac{0,8.10^{-3}}{1.10^{-3}} = 0,8 \text{ cm}$$

- Chọn tỷ lệ điện áp $1 \text{ cm} = 31,25 \text{ V}$

$$\text{vậy độ dài của điện áp } \frac{225}{31,25} = 7,2 \text{ cm} = \text{OU}.$$

Tiến hành vẽ đồ thị vòng tròn công suất:

– Trục hoành là giá trị cường độ dòng điện đoạn mạch lý thuyết:

$$I_K = 14,4 \text{ cm} = \text{OS}$$

– Trục tung là giá trị điện áp, biểu thị $\text{OU} = 7,2 \text{ cm}$.

– Trên trục hoành lấy n_1 là tâm điểm đoạn OS, dùng compa quay bán vòng tròn có đường kính là OS và đoạn $n_1.C_1$ gọi là bán kính vòng tròn công suất.

– Trên trục tung lấy tâm điểm đoạn OU là tâm vẽ bán vòng tròn đường kính OU gọi là bán vòng tròn điện áp, hình 1.26 (a).

2- Xác định các đại lượng trên toàn bộ đồ thị:

– Công suất tác dụng P_a :

$$C_1.n_1 = 7,2 \text{ cm ứng với } P_{a_1 \max} = 12.372,5 \text{ kW}$$

$$C_2.n_2 = 6,9 \text{ cm ứng với } P_{a_2} = 11.857,0 \text{ kW}$$

$$C_3.n_3 = 5,0 \text{ cm ứng với } P_{a_3} = 10.340,4 \text{ kW}$$

– Công suất mất điện:

$$C_n = 3,30 \text{ cm ứng với } P_{md \max} = 5.670,7 \text{ kW}$$

$$m_1.n_1 = 1,75 \text{ cm ứng với } P_{md.1} = 3.007,5 \text{ kW}$$

$$m_2.n_2 = 1,30 \text{ cm ứng với } P_{md.2} = 2.234,0 \text{ kW}$$

$$m_3.n_3 = 0,80 \text{ cm ứng với } P_{md.3} = 1.374,7 \text{ kW}$$

– Công suất hồ quang điện:

$$C_1.m_1 = C_1.n_1 - m_1.n_1 = 5,45 \text{ cm}$$

$$\text{ứng với } P_{HQ_1} = 9.365,3 \text{ kW}$$

$$C_2.m_2 = C_2.n_2 - m_2.n_2 = 5,6 \text{ cm}$$

$$\text{ứng với } P_{HQ_2} = 9.623 \text{ kW}$$

$$C_3.m_3 = C_3.n_3 - m_3.n_3 = 4,2 \text{ cm}$$

$$\text{ứng với } P_{HQ_3} = 8.935,7 \text{ kW}$$

– Công suất hồ quang có lợi (P'_{HQ}):

$$C_1.L_1 = C_1.m_1 - m_1.L_1 = 3,85 \text{ cm}$$

$$\text{ứng với } P'_{HQ_1} = 6.611,2 \text{ kW}$$

$$C_2.L_2 = C_2.m_2 - m_2.L_2 = 4 \text{ cm}$$

$$\text{ứng với } P'_{HQ_2} = 6.868,9 \text{ kW}$$

$$C_3.L_3 = C_3.m_3 - m_3.L_3 = 2,6 \text{ cm}$$

$$\text{ứng với } P'_{HQ_3} = 6.181 \text{ kW}$$

– Hệ số công suất $\cos\varphi$:

$$\cos\varphi_0 = 0,25$$

$$\cos\varphi_2 = 0,80$$

$$\cos\varphi_1 = 0,707$$

$$\cos\varphi_3 = 0,88$$

– Hiệu suất điện η_d : $\eta_{d.1} = 0,76$; $\eta_{d.2} = 0,82$; $\eta_{d.3} = 0,87$;

Kết quả thu được:

– Do cường độ dòng điện $\vec{O_c}$ tạo nên:

$$P_a = 0, \quad P_{HQ} = 0$$

$$P_{md} = 5.670,7 \text{ kW}, \quad P'_{HQ} = 0$$

$$\cos\varphi_0 = 0,25, \quad \eta_d = 0$$

– Do cường độ dòng điện $\vec{O_{c1}}$ tạo nên:

$$P_{a \max} = 12.372,5 \text{ kW}, \quad P_{HQ} = 9.365,3 \text{ kW}$$

$$P_{md} = 3.007,5 \text{ kW}, \quad P'_{HQ} = 6.611,2 \text{ kW}$$

$$\cos\varphi_1 = 0,707, \quad \eta_d = 0,707$$

– Do cường độ dòng điện $\vec{O_{c2}}$ tạo nên:

$$P_{a_2} = 11.857 \text{ kW}, \quad P_{HQ} = 9.613 \text{ kW}$$

$$P_{md} = 2.234 \text{ kW}, \quad P'_{HQ} = 6.868,9 \text{ kW}$$

$$\cos\varphi_2 = 0,80, \quad \eta_d = 0,80$$

Xác định hệ trục tọa độ mới cho đồ thị chế độ điện:

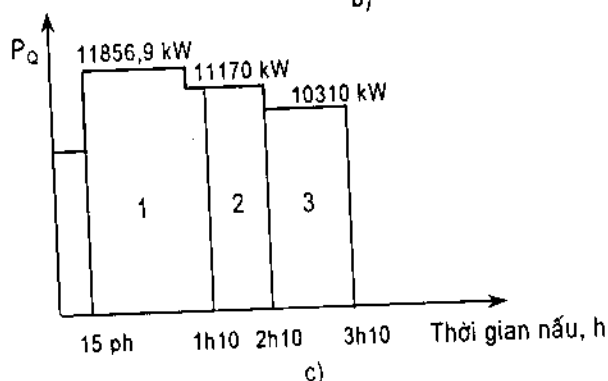
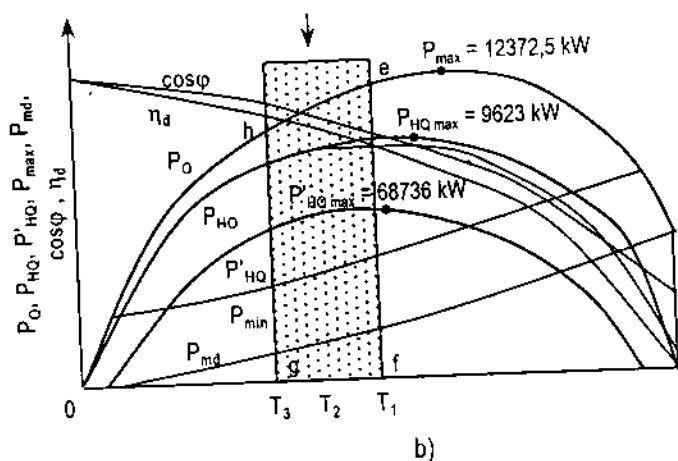
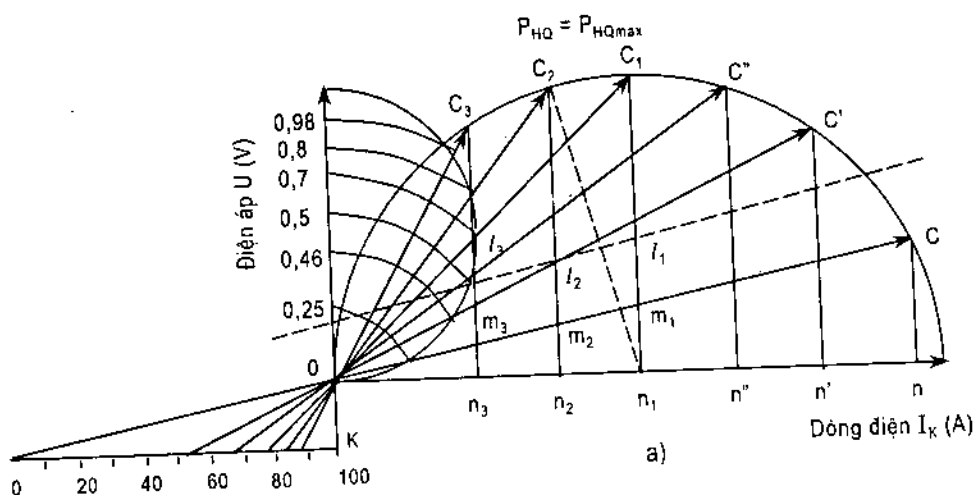
– Trục tung biểu thị các đại lượng công suất điện, $\cos\varphi$, η_d

– Còn trục hoành biểu thị dòng điện

– Trên trục hoành đặt $OC = I'_K = 9,65 \text{ cm}$ (hình I.26b).

Xác định miền ứng dụng chế độ điện hợp lý:

Miền chế độ điện hợp lý efg, theo miền đã chọn chúng ta có ba chế độ điện để nấu luyện thép: chế độ điện cao áp dụng cho giai đoạn nấu chảy liệu trong lò, chế độ điện trung bình được sử dụng cho giai đoạn oxy hoá kim loại, còn chế độ điện thấp cho giai đoạn hoàn nguyên, cụ thể:



Hình 1.26. Chế độ điện công suất cao:
a- đồ thị vòng tròn công suất; b- biểu đồ đặc tính điện;
c- biểu đồ chế độ điện cho một mẻ nấu.

- Giai đoạn nấu chảy: $P_a = 11.857 \text{ kW}$, $\cos\varphi = 0,80$
 $I = 34.000 \text{ A}$, $\eta_d = 0,82$
- Giai đoạn oxy hoá: $P_a = 11.169 \text{ kW}$, $\cos\varphi = 0,85$
 $I = 28.500 \text{ A}$, $\eta_d = 0,65$
- Giai đoạn hoàn nguyên: $P_a = 9.966,7 \text{ kW}$, $\cos\varphi = 0,88$
 $I = 22.000 \text{ A}$, $\eta_d = 0,87$

Cuối cùng chuyển đồ thị điện sang chế độ điện được sử dụng trong quá trình nấu luyện thép, nghĩa là các đại lượng điện được thay đổi theo thời gian nấu ($\tau_{\text{nấu chảy}} = 1 \text{ h } 55 \text{ phút}$ trong đó có 15 phút thông điện vào lò, $\tau_{\text{oxy hoá}} = 30 \text{ phút}$ và $\tau_{\text{HN}} = 1 \text{ h}$) (xem hình 1.26c).

3- Kết luận:

- Phương pháp xác định chế độ điện hợp lý dựa trên mô hình hoá đồ thị vòng tròn là 1 phương pháp có tính đúng thực tiễn và tính khoa học cao:

- Công suất được sử dụng trong giai đoạn nấu chảy:

$P_{nc} = 14.571 \text{ kVA}$ (theo đồ thị) và 14.500 kVA (theo sản xuất)

- Công suất được sử dụng trong giai đoạn oxy hoá:

$P_{\text{oxy hoá}} = 13.070 \text{ kVA}$ (theo đồ thị) và 13.000 kVA (theo sản xuất)

- Công suất điện được sử dụng trong giai đoạn hoàn nguyên:

$P_{\text{HN}} = 11.323 \text{ kVA}$ (theo đồ thị) và 11.000 kVA (theo sản xuất)

- Trên đồ thị biểu diễn cụ thể những đặc tính điện thay đổi trong các giai đoạn nấu luyện thép (theo thời gian nấu); kết quả cho phép chúng ta chọn được các công suất điện max, trung bình và min để cung cấp cho việc nấu luyện thép trong lò.

- Xác định được giá trị công suất điện tác dụng, công suất hồ quang, công suất hồ quang có lợi, các công suất mất điện, mất nhiệt và các hệ số $\cos\varphi$, η_d trên các điểm đồ thị công suất. Kết quả thu được với sắc xuất cao và có tính hiện thực.

- Ngày nay người ta tiến hành nấu luyện thép trong lò điện hồ quang với chế độ điện: dòng điện làm việc - const còn điện áp thay đổi luôn ngay trong một giai đoạn nấu luyện. Do đó cần phải thay đổi điện áp hồ quang (U_{HQ}) trong quá trình nấu. Vì vậy mỗi một lần thay đổi đại lượng điện áp thì phải xây dựng

chế độ điện tương ứng; cụ thể trong 1 mẻ nấu thép có 4 lần thay đổi điện áp thì phải có 4 đồ thị vòng tròn xây dựng chế độ điện kèm theo, như vậy mất nhiều thời gian và công sức.

2.7. CÁC CHỈ TIÊU KỸ THUẬT CƠ BẢN CỦA Lò ĐIỆN HỒ QUANG LUYỆN THÉP

Trong quá trình sản xuất thép ở lò điện, người ta chú ý và quan tâm đến ba chỉ tiêu kỹ thuật cơ bản là năng suất lò G (tấn/ngày), suất tiêu hao điện năng W (kW.h/tấn) và tiêu hao điện cực $C_{đc}$ (kg điện cực/tấn thép) để đánh giá khả năng làm việc của lò và giá thành sản phẩm sản xuất.

2.7.1. Năng suất lò

Năng suất lò (G) của lò điện hồ quang luyện thép phụ thuộc vào chế độ điện cung cấp, dung lượng lò và thời gian nấu 1 mẻ thép.

$$G = \frac{24.g}{\tau_{\text{nấu}}} = \frac{24.g}{\tau_1 + \tau_2 + \tau_3}, \text{ tấn/ngày} \quad (I.18)$$

trong đó: τ_1 - thời gian vá lò, chất liệu vào lò, h;

τ_2 - thời gian nấu chảy liệu, $\tau_2 = 2 \div 6$ h;

τ_3 - thời gian oxy hoá và hoàn nguyên, h.

Thời gian τ_1 phụ thuộc vào dung lượng lò, các phương pháp vá lò, chất liệu vào lò, thường $\tau_1 = 10 \div 20'$. Thời gian τ_2 phụ thuộc vào công suất điện cung cấp cho lò và dung lượng lò. Ngoài ra τ_2 còn phụ thuộc vào bản chất liệu kim loại và tình trạng nóng chảy của liệu. τ_2 giảm khi sử dụng liệu có sắt thép phế sạch ít gỉ, cục liệu nhỏ, sử dụng kim loại lỏng 20 ÷ 50% tổng phối liệu. Xác định thời gian nấu chảy (τ_2) theo công thức:

$$\tau_2 = \frac{Q_y.g}{P.\cos\varphi_2.\eta_2 - q_2.F}, \text{ (h) khi } P.\cos\varphi_2.\eta_2 > q_2.F \quad (I.19)$$

Còn thời gian oxy hoá và hoàn nguyên (τ_3) phụ thuộc vào phương pháp công nghệ luyện và mức thép cần nấu. Thông thường $\tau_3 = 0,5 \div 3$ h.

Vậy năng suất lò được xác định cụ thể theo công thức sau:

$$G = \frac{24 \cdot g}{\tau_1 + \frac{Q_y \cdot g}{P \cdot \cos \varphi_2 \cdot \eta_2 - q_2 \cdot F} + \tau_3} = \frac{24}{\frac{\tau_1}{g} + \frac{Q_y}{P \cdot \cos \varphi_2 \cdot \eta_2 - q_2 \cdot F} + \frac{\tau_3}{g}}, \text{ tấn/ngày}$$

trong đó: 24 h trong 1 ngày đêm;

g- dung lượng định mức của lò, tấn/m³;

$\frac{\tau_1}{g}$ - suất thời gian ngừng lò, h/tấn;

$\frac{\tau_2}{g} = \frac{Q_y}{P \cdot \cos \varphi_2 \cdot \eta_2 - q_2 \cdot F}$, h/tấn (suất thời gian nấu chảy);

$\frac{\tau_3}{g}$ - suất thời gian lưu thép lỏng trong lò, h/tấn;

Q_y - suất tiêu thụ điện năng, kW.h/tấn (theo tiêu chuẩn), $Q_y = 340$ kW.h/tấn;

P - công suất định mức của máy biến áp, kVA;

$\cos \varphi_2 \cdot \eta_2$ - hệ số công suất và hiệu suất điện trong giai đoạn nấu chảy;

q_2 - suất năng lượng tiêu hao ở lò trong giai đoạn nấu chảy, kW/m²;

F - diện tích trao đổi nhiệt của lò, m².

Kết luận:

– Năng suất lò đạt được cực đại (max) khi tổng thời gian nấu luyện thép đạt được giá trị tối thiểu (min).

– Khi lò có kích thước cố định, năng suất lò có thể tăng bằng cách nâng cao công suất điện ở thời kỳ nấu chảy hoặc tăng trọng lượng mẻ nấu cho phép. Hai biện pháp này hiện nay ở trên thế giới cũng như ở trong nước đã và đang được áp dụng một cách tích cực, triệt để, để nhằm nâng cao năng suất lò.

– Năng suất lò tăng nhanh rõ rệt là phụ thuộc cơ bản vào thời gian nấu chảy liệu (τ_2). Thời gian nấu chảy liệu thường chiếm $2/3 \div 3/4$ thời gian nấu một mẻ thép.

Do đó cần giảm τ_2 rất mạnh bằng cách áp dụng chế độ điện cao và siêu công suất và tăng thành phần kim loại lỏng vào phối liệu (40 ÷ 50% gang lỏng).

Để tìm ra được phương án tăng năng suất lò đạt kết quả mỹ mãn cần phải nghiên cứu kỹ về suất thời gian nấu chảy $\frac{\tau_2}{g} = \frac{Q_y}{P \cdot \cos \varphi_2 \cdot \eta_2 - q_2 \cdot F}$, h/tấn.

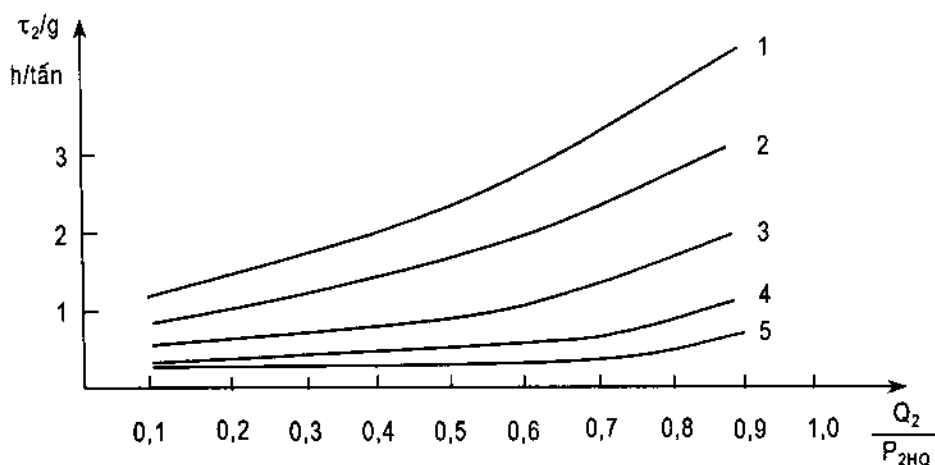
Nhận xét:

- Suất thời gian nấu chảy hoàn toàn không phụ thuộc vào dung lượng lò (g)
- Suất thời gian nấu chảy giảm rất mạnh khi tăng công suất điện vào lò và đồng thời giảm lượng nhiệt mất trong giai đoạn nấu chảy ($q_2.F$)

- Khi đại lượng Q_y giảm thì τ_2/g cũng giảm tương ứng, có nghĩa suất tiêu thụ điện (Q_y) giảm thì suất thời gian nấu chảy cũng giảm theo bằng cách vừa tăng dung lượng định mức của lò > 100 tấn/mẻ vừa dùng biện pháp cường hoá quá trình nấu luyện thép.

ở đây: $q_2.F = Q_2$ (lượng nhiệt mất trong giai đoạn nấu chảy);

$P.\cos\varphi_2.\eta_2 = P_{2HQ}$ (công suất hồ quang điện ở giai đoạn nấu chảy).



Hình 1.27. Ảnh hưởng của công suất điện hồ quang tới suất thời gian nấu chảy (τ_2/g):

- 1- công suất hồ quang điện 250 kW; 2- công suất hồ quang điện 500 kW;
- 3- công suất hồ quang điện 1000 kW; 4- công suất hồ quang điện 3000 kW;
- 5- công suất hồ quang điện 8000 kW.

Kết luận:

Qua các đường cong biểu thị công suất điện hồ quang trên hình 1.27 chúng ta có kết luận sau:

- Khi tăng giá trị Q_2/P_{2HQ} thì suất thời gian nấu chảy (τ_2/g) cao, kéo dài thời gian nấu chảy, năng suất lò thấp.

– Suất thời gian nấu chảy đạt được giá trị min khi đưa công suất hồ quang điện vào lò cao nhất (max). Kết quả này cho phép chúng ta sử dụng lò điện cỡ lớn và hiện đại ($100 \div 400$ tấn/mẻ) để tăng năng suất lò tới $90 \div 100$ tấn/h và giảm thời gian nấu luyện đạt 60 phút/mẻ.

– Khi sử dụng lò hồ quang cỡ lớn để nấu luyện thép thì cho ta hiệu suất nhiệt hữu ích cao hơn nhiều so với lò nhỏ ($\eta_{l\text{ỏn}} = 90 \div 95\%$).

– Đối với lò cỡ nhỏ τ_2/g thay đổi rất mạnh khi tăng Q_2/P_{2HQ} , còn đối với lò lớn có τ_2/g thay đổi rất ít khi tăng Q_2/P_{2HQ} . Vì vậy khống chế nhiệt trong lò nhỏ khó khăn hơn nhiều so với lò lớn.

2.7.2. Suất tiêu hao điện năng (W_y)

Đây là một chỉ tiêu rất quan trọng, ảnh hưởng rất lớn đến giá thành sản phẩm. Vì vậy trong quá trình nấu luyện thép ở lò điện hồ quang cần phải áp dụng nhiều biện pháp kỹ thuật để giảm tiêu hao điện năng cho mẻ nấu, đưa suất tiêu thụ điện năng giảm xuống tối thiểu, nhờ vậy hạ giá thành sản phẩm tới một giới hạn đáng kể. Điện năng cần thiết để cung cấp cho 1 mẻ nấu thép:

$$W_n = \frac{q_1 \cdot F \cdot \tau_1}{\eta_2} + \frac{q_2 \cdot F \cdot \tau_2}{\eta_2} + \frac{Q_y \cdot g}{\eta_2} + \frac{Q_{ng} \cdot g}{\eta_3} + \frac{q_3 \cdot F \cdot \tau_3}{\eta_3}, \text{ kW.h}$$

$$Q_1 = \frac{q_1 \cdot F \cdot \tau_1}{\eta_2} - \text{năng lượng nhiệt cần thiết bù cho lò (nhiệt giảm khi tháo}$$

thép mẻ trước, cào xỉ, vá lò và chất liệu...), kW.h;

$$Q_2 = \frac{q_2 \cdot F \cdot \tau_2}{\eta_2} - \text{năng lượng nhiệt tích vào áo lò + mất mát trong giai đoạn}$$

nấu chảy, kW.h;

$$\frac{Q_y \cdot g}{\eta_2} - \text{năng lượng điện cần thiết để nấu chảy liệu (năng lượng hữu ích);}$$

$$\frac{Q_{ng} \cdot g}{\eta_3} - \text{năng lượng nhiệt cần thiết để nung lại kim loại lỏng ở giai đoạn}$$

oxy hoá và hoàn nguyên, kW.h;

$$Q_3 = \frac{q_3 \cdot F \cdot \tau_3}{\eta_3} - \text{năng lượng nhiệt cần thiết để chỉ 1 phần tích vào áo lò và}$$

phần lớn mất nhiệt trong giai đoạn oxy hoá và hoàn nguyên, kW.h.

Trong thực tế hiệu suất điện trong các giai đoạn nấu luyện thay đổi giá trị rất ít do đó có thể lấy $\eta_2 \approx \eta_3 \approx \eta_d$.

Vậy suất tiêu hao điện năng W_y (kW.h/tấn):

$$W_y = \frac{1}{\eta_d} \cdot \left[Q_y + Q_{ng} + \frac{F}{g} \cdot (q_1 \cdot \tau_1 + q_3 \cdot \tau_3) + \frac{Q_y \cdot q_2 \cdot F}{P \cdot \cos \varphi_2 \cdot \eta_2 - q_2 \cdot F} \right]$$

$$= \frac{1}{\eta_d} \cdot \left[Q_y + Q_{ng} + \frac{F}{g} \cdot (q_1 \cdot \tau_1 + q_3 \cdot \tau_3) + \frac{Q_y}{\frac{P}{F} \cdot \frac{\cos \varphi_2 \cdot \eta_2}{q_2} - 1} \right] \quad (I.20)$$

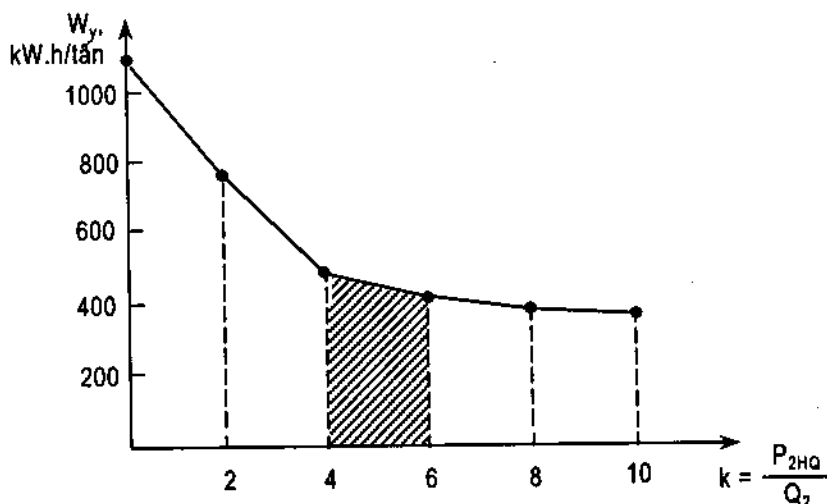
Qua công thức trên, chúng ta có những nhận xét sau:

– Trong mỗi lò các đại lượng $Q_y + Q_{ng}$ hoàn toàn không thay đổi giá trị, còn $1/\eta_d$, $q_1 \tau_1$, $q_3 \tau_3$ thay đổi rất ít trong quá trình nấu. Muốn thay đổi chúng phải thay đổi mạch ngắn, kích thước nội hình lò. Do đó khi nghiên cứu chỉ tiêu suất tiêu thụ điện năng của từng lò cụ thể, người ta không chú ý đến các đại lượng trên. Vậy để tìm ra các biện pháp hữu hiệu giảm suất tiêu thụ điện năng đáng kể thì cần phải nghiên cứu kỹ hai thông số chính F/g và P/F (F/g – suất bề mặt trao đổi nhiệt trong lò, m^2 /tấn). Đại lượng F/g lớn thì suất tiêu hao điện năng càng cao. Ngược lại lò có dung lượng càng lớn thì suất tiêu hao điện năng càng bé. Vậy để giảm tiêu hao điện năng, tăng năng suất lò nhiều thì cần sử dụng lò điện hồ quang cỡ lớn và hiện đại ($100 + 400$ tấn/mẻ). Đồng thời cần giảm độ dày của áo lò bằng cách xây đầm loại gạch chịu lửa cao $t > 2000^\circ C$, hoặc áp dụng phương pháp làm nguội nắp, tường lò bằng nước tuần hoàn. Còn P/F là suất công suất điện bề mặt (kW/m^2) hay kVA/m^2 . Theo thực tế sản xuất thường $P/F = 220 + 250 kW/m^2$, còn đối với lò cỡ lớn và hiện đại có $P/F = 450 + 500 kW/m^2$ (sử dụng cao công suất).

Vì vậy hiện nay trên thế giới người ta sử dụng lò điện cỡ $100 + 400$ tấn/mẻ với chế độ cao công suất hoặc siêu công suất để sản xuất thép.

Đặc biệt khi chạy lò 300 tấn/mẻ với chế độ điện siêu công suất đạt được $P/F = 600 + 800 kW/m^2$, do đó giảm được tiêu hao điện năng 650 kW.h/tấn xuống tới $400 + 450 kW.h$ /tấn thép lỏng.

Tiêu hao điện năng giảm mạnh khi vừa tăng tỷ số $\frac{P \cdot \cos \varphi_2 \cdot \eta_2}{q_2 \cdot F} = \frac{P_{HQ_2}}{Q_2} = k$, đồng thời vừa sử dụng lò có dung lượng lớn 100 ÷ 400 tấn/mẻ (hình I.28).



Hình I.28. Suất tiêu hao điện năng thay đổi trong giai đoạn nấu chảy phụ thuộc vào $k = \frac{P_{HQ_2}}{Q_2}$.

Khi $k = 2 + 3$ đối với lò nhỏ ($g = 5 + 30$ tấn/mẻ thép).

Khi $k = 3 + 4$ đối với lò trung bình ($g = 50 + 80$ tấn/mẻ thép).

Khi $k = 4 + 6$ đối với lò lớn ($g = 100 + 200$ tấn/mẻ thép).

Khi $k = 6 + 8$ đối với lò hiện đại ($g > 250$ tấn/mẻ thép).

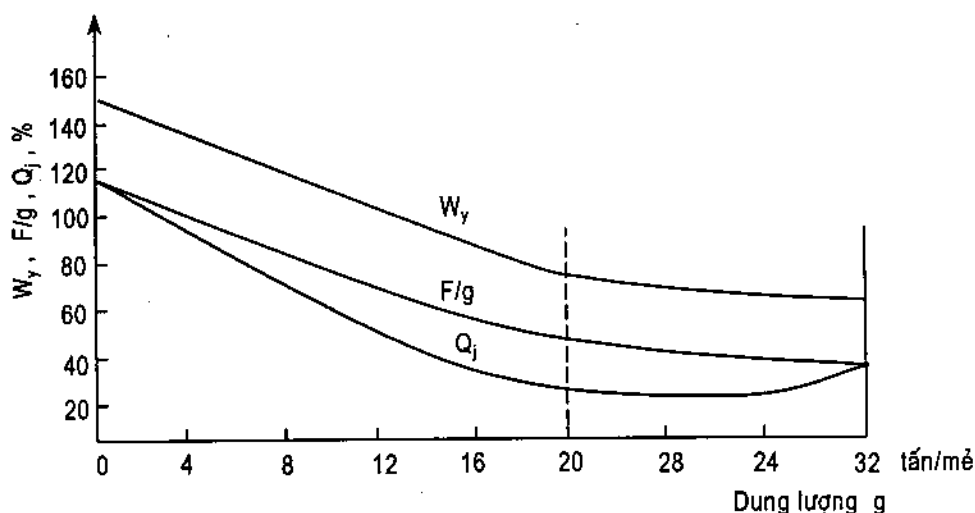
Khi sử dụng lò 300 ÷ 400 tấn/mẻ chạy với chế độ điện siêu công suất thì $k = 8 + 10$.

Để đảm bảo năng suất lò cao, suất tiêu thụ điện năng đạt tối thiểu và đồng thời tuổi thọ cao phù hợp với điều kiện sản xuất thép trong lò điện hồ quang cỡ 100 ÷ 200 tấn/mẻ thì nên chọn $k = 4 + 6$.

Vậy hiện nay người ta sử dụng lò điện hồ quang 100 ÷ 200 tấn/mẻ để nấu luyện thép một cách phổ biến, rộng rãi trên thế giới.

Sự thay đổi của các đại lượng suất tiêu hao điện năng (W_y), suất bề mặt trao đổi nhiệt (F/g) và suất mất nhiệt của lò (Q_l) liên quan chặt chẽ với dung

lượng lò (g). Khi tăng dung lượng lò thì các đại lượng trên giảm rất rõ rệt (hình I.29).



Hình I.29. Ảnh hưởng của dung lượng lò (g) tới các đại lượng W_y , F/g và Q_j .

Qua hình I.29, chúng ta có những nhận xét như sau:

- Lò có dung lượng càng lớn thì khi sản xuất thép đạt được các giá trị W_y , F/g và Q_j càng thấp, tức là đạt được các chỉ tiêu sản xuất cao nhất.
- Các đường cong biểu thị đặc tính của W_y , F/g hầu như song song với nhau, nghĩa là khi thay đổi giá trị F/g thì giá trị W_y cũng thay đổi theo tương ứng. Khi tăng dung lượng lò lên thì giá trị F/g giảm và dẫn tới giá trị suất tiêu thụ điện năng (W_y) giảm theo.
- Đối với loại lò nhỏ ($0,5 \div 20$ tấn/mẻ), có các giá trị F/g , Q_j và Q_y thay đổi rất mạnh, còn các lò > 20 tấn/mẻ thì có các giá trị như trên thay đổi rất ít, nhất là các loại lò > 100 tấn/mẻ có các giá trị W_y , F/g và Q_j thay đổi không đáng kể. Do đó muốn đảm bảo giảm W_y , F/g và Q_j thì cần phải một mặt chọn dung lượng lò hợp lý với chế độ điện cung cấp tương ứng, đồng thời mặt khác phải áp dụng các thiết bị tinh vi và hiện đại phục vụ trong quá trình nấu luyện thép (thiết bị

bảo hiệu nhanh mức độ bào mòn nồi lò, thiết bị tự động báo quá tải, thiết bị điều chỉnh điện cực nhanh và chính xác...).

Hiện nay trên thế giới người ta áp dụng nhiều biện pháp cải tiến thiết bị, lò và biện pháp cường hoá quá trình luyện thép trong lò điện hồ như sau:

- Cải tạo lò nhỏ thành lò cỡ trung bình ≥ 50 tấn/mẻ, lò trung bình thành lò lớn ≥ 100 tấn/mẻ.

- Ứng dụng các thiết bị lò, các thiết bị thao tác nấu luyện với khả năng cơ khí hoá và tự động hoá cao.

- Sử dụng lò $100 \div 200$ tấn/mẻ chạy với chế độ siêu công suất; áp dụng bố trí hai lò điện gần nhau chạy với chế độ siêu công suất theo một mạch điện chung.

- Đưa vào sử dụng lò điện hồ quang thân cột của Thụy Sĩ để sản xuất thép với năng suất cao và lò điện hồ quang một chiều siêu công suất để giảm tiêu hao điện cực, tiêu hao năng lượng điện tới giá trị cực tiểu ($1,2 \div 2$ kg/tấn và $300 \div 400$ kW.h/tấn).

- Tiến hành nung liệu (thép phế) trước với năng lượng nhiệt lấy từ khí thải lò điện ($t_{\text{nung}} = 600 \div 700^{\circ}\text{C}$) hoặc vừa nung nóng liệu vừa tiến hành nấu luyện như lò kiểu thân cột (t_{nung} trong lò đạt $900 \div 1200^{\circ}\text{C}$).

- Áp dụng tích cực các biện pháp cường hoá quá trình luyện kim như thổi oxy nguyên chất, thổi các chất phản ứng và các chất khử vào lò ở các thời kỳ nấu luyện thép.

- Giảm thời gian hoàn nguyên trong lò bằng cách thổi bột cacbit canxi (CaC_2) với khí trơ argon vào lò nhằm tăng cường tốc độ khử oxy và lưu huỳnh trong thép lỏng hoặc tinh luyện thép ngoài lò ở thùng rót hoặc lò điện thùng...

- Phối hợp quá trình luyện thép từ lò chuyển sang lò điện, đảm bảo năng suất lò và chất lượng sản phẩm cao, cải thiện các chỉ tiêu sản xuất tốt.

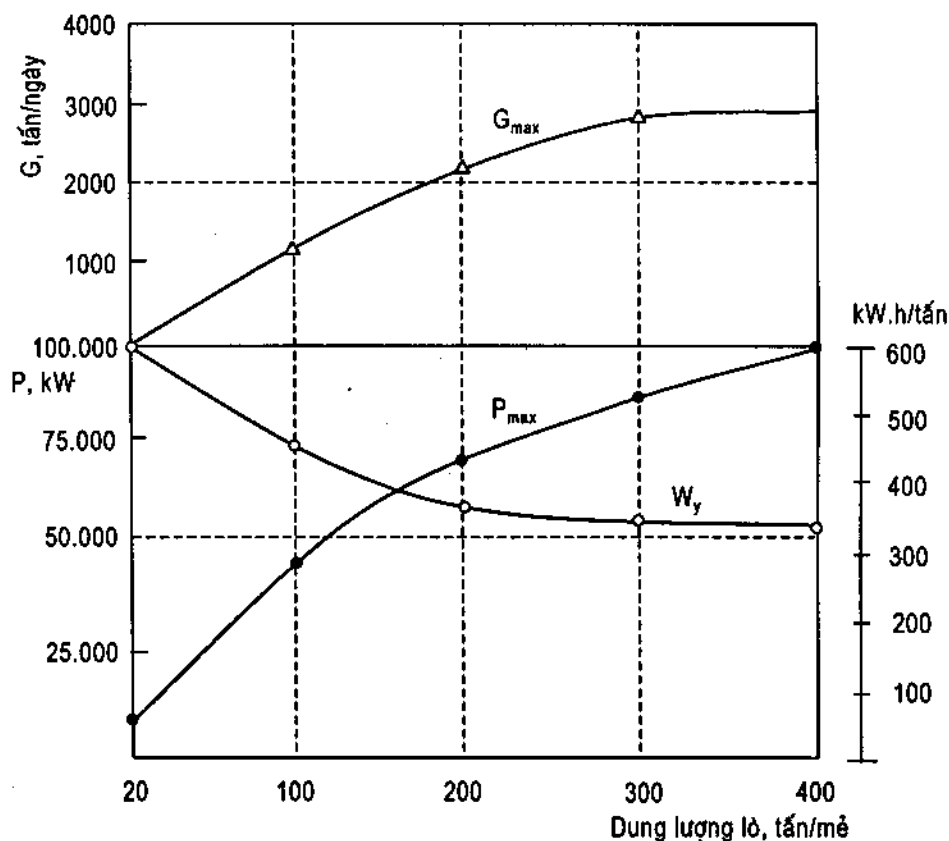
Sự liên quan chặt chẽ giữa dung lượng lò, công suất điện cung cấp vào lò và suất tiêu thụ điện năng được giới thiệu ở hình 1.30 (chạy lò theo chế độ siêu công suất).

Kết luận:

- * Khi nấu luyện thép trong lò hồ quang $100 \div 400$ tấn/mẻ với chế độ siêu công suất thì đạt được các chỉ tiêu sản xuất tốt nhất:

- Suất tiêu hao điện năng giảm từ 1/3 đến 1/2 so với lò bình thường.
- Tận dụng được công suất điện đưa vào cao nhất.
- Năng suất lò tăng 1,5 ÷ 1,2 lần so với lò bình thường.

* Giá trị suất tiêu hao điện năng giảm rất ít khi tăng dung lượng lò từ 200 đến 400 tấn/mẻ, tức là nằm ở giới hạn $W_y = 300 \div 400 \text{ kW.h.tấn}$.



Hình 1.30. Ảnh hưởng của dung lượng lò (g) tới các đại lượng năng suất G (tấn/ngày), công suất điện cung cấp P (kW) và suất tiêu hao điện năng W_y (kW.h/tấn).

2.7.3. Suất tiêu hao điện cực

Điện cực than hoặc điện cực grafit được sử dụng trong lò điện hồ quang luyện thép thường bị tiêu hao nhiều do cháy mòn, bị biến bụi, bị nứt, nứt gãy v.v. phụ thuộc vào nguồn điện cung cấp (chủ yếu là điện áp), tính chất vật liệu

làm điện cực, phương pháp chế tạo điện cực và điều kiện làm việc của lò. Thực tế, tiêu hao điện cực trung bình đối với điện cực than là $10 \div 15$ kg/tấn thép lỏng, còn tiêu hao điện cực grafit là $5 \div 7$ kg/tấn (theo tiêu chuẩn của Liên Xô cũ năm 1985). Trong quá trình sản xuất, tiêu hao điện cực theo các khâu chủ yếu sau:

- Oxy hoá bề mặt của điện cực chiếm $55 \div 75\%$
- Biến bụi vào chùm hồ quang chiếm $15 \div 25\%$
- Nứt, sút, gãy điện cực chiếm $10 \div 20\%$.

Cháy hao điện cực xảy ra chủ yếu trong thời kỳ nấu chảy chiếm $\approx 70\%$, còn trong thời kỳ oxy hoá và hoàn nguyên chiếm $\approx 30\%$.

Để giảm cháy hao điện cực cần phải áp dụng biện pháp như sau:

- Hạn chế bớt nhiệt độ nung chảy bề mặt điện cực tới giá trị cho phép.
- Giảm độ dài phần điện cực ở trong lò.
- Bịt kín các khe hở của lò, nhất là các lỗ xung quanh điện cực trên nắp lò trong giai đoạn hoàn nguyên kim loại bằng xỉ cacbit.
- Phủ lên bề mặt điện cực một lớp sơn bằng hỗn hợp nhôm - niken (Al-Ni) hoặc nhôm - crom (Al-Cr).

Nhiệt độ nung bề mặt điện cực phụ thuộc vào mật độ dòng Δi (A/cm^2) và mức độ kín của lò.

$$D_{dc} = 2 \sqrt{\frac{I}{\pi \cdot \Delta i}}, \text{ cm}$$

trong đó: D_{dc} - đường kính điện cực, cm;

Δi - mật độ dòng điện, A/cm^2 .

Căn cứ vào sản phẩm nấu luyện mà chọn mật độ dòng cho thích hợp:

- Khi nấu thép nên sử dụng $\Delta i = 13 \div 35 A/cm^2$.
- Khi nấu ferro hợp kim $\Delta i = 4 \div 8 A/cm^2$.

($\Delta i = \frac{I}{S}$; I- dòng điện làm việc, A; còn S- tiết diện ngang của điện cực, cm^2).

Vậy muốn giảm cháy hao bề mặt điện cực thì phải cung cấp nguồn điện vào lò hợp lý và đồng thời chọn điện cực có đường kính nhỏ và chất lượng cao (điện trở suất $\rho_{dc} = 3 \div 5 \Omega mm^2/m$).

Tiêu hao điện cực do biến bụi vào chùm hồ quang chủ yếu phụ thuộc vào chất lượng điện cực, tính dẫn điện và điện trở suất của điện cực.

Ví dụ: Ở Liên Xô (cũ) (1985) sử dụng lò điện hồ quang luyện thép dung lượng 18 tấn/mẻ cho kết quả ở bảng I.13.

Bảng I.13. Chỉ tiêu tiêu hao điện cực grafit trong lò dung lượng 18 tấn/mẻ

Điện trở suất $\rho = \Omega \text{ cm.}10^{-4}$	Tiêu hao điện cực grafit, kg/tấn	
	$\phi 300$	$\phi 350 \div 400$
11,0	6 ÷ 9,8	—
9,9	5,1 ÷ 9,2	6,5 ÷ 7,4
9,4	4,4 ÷ 7,7	5,6 ÷ 6,9

Qua bảng trên, chúng ta thấy khi giảm điện trở suất của điện cực grafit từ $11 \Omega \text{ cm.}10^{-4}$ xuống $9,4 \Omega \text{ cm.}10^{-4}$ thì tiêu hao điện cực giảm trung bình 2,2%. Ngoài ra làm yếu quá trình biến bụi là giảm đáng kể mức độ oxy hoá bề mặt của điện cực.

Cháy hao điện cực do oxy hoá bề mặt.

Cháy hao điện cực chủ yếu do oxy hoá bề mặt ở nhiệt độ cao trong thời gian nấu luyện thép. Thời gian nấu luyện càng kéo dài thì tiêu hao điện cực càng lớn. Cháy mòn điện cực càng nhiều thì ảnh hưởng lớn đến chất lượng thép: tăng hàm lượng cacbon trong thép lỏng, tăng lượng xỉ do tro của điện cực. Đại lượng cháy hao điện cực được xác định theo công thức thực nghiệm:

$$C_{dc} = \frac{21,2 \cdot D_1 \cdot d_o}{G_o}, \text{ kg/tấn thép lỏng} \quad (I.21)$$

trong đó: C_{dc} - suất tiêu hao điện cực do quá trình oxy hoá bề mặt điện cực, kg điện cực/tấn thép lỏng;

21,2 - hệ số cháy hao điện cực trong quá trình nấu luyện thép, $\text{kg/m}^2 \cdot \text{h}$;

D_1 - đường kính trong của lò, m;

d_o - đường kính điện cực ban đầu (trước khi nấu), m;

G_o - năng suất lò, tấn/h.

Để giảm cháy hao điện cực trong quá trình nấu luyện cần phải:

– Nâng cao chất lượng điện cực đồng thời giảm đường kính điện cực, đặc biệt giảm độ dài làm việc của điện cực ở trong lò.

– Tăng năng suất lò càng cao càng tốt bằng cách giảm thời gian nấu luyện thép, cụ thể áp dụng biện pháp thổi oxy, thổi dầu mazut hoặc bột cacbon vào bể kim loại lỏng; biện pháp sử dụng 50% kim loại lỏng cho phối liệu nấu luyện thép; biện pháp sử dụng 2 nôi lò để thay nhau nấu luyện thép... Ngày nay do công nghệ tinh luyện ngoài lò đã và đang được phát triển mạnh và rộng rãi nên thời gian để hoàn nguyên và hợp kim hoá trong lò điện không còn nữa. Vì vậy cháy hao điện cực giảm xuống rõ rệt, giá thành sản phẩm hạ có thể chấp nhận được.

Sau đây xin nêu một số chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật đạt được ở sản xuất thép tại một số nước trên thế giới (năm 2000):

	Việt Nam	Indônêsi	Nhật Bản	Thế giới
- Suất tiêu hao điện năng, kW.h/t _{sp}	750	530	360	350 ÷ 400
- Suất tiêu hao điện cực, kg/t _{sp}	7 ÷ 8	—	1,80 ÷ 1,85	2 ÷ 4

Chỉ tiêu sản xuất của các lò điện hồ quang AC-EAF trên thế giới (lấy giá trị trung bình) được nêu ở bảng I.14.

Bảng I.14. Chỉ tiêu sản xuất của các loại lò điện hồ quang xoay (AC-EAF) luyện thép trên thế giới

Dung lượng lò, tấn/mẻ	Chạy theo chế độ điện thường			Chạy theo chế độ siêu công suất		
	$\tau_{\text{nấu}}, \text{h}$	Năng suất, tấn/h	Tiêu hao điện, kW.h/tấn	$\tau_{\text{nấu}}, \text{h}$	Năng suất, tấn/h	Tiêu hao điện, kW.h/tấn
10	5,50	1,82	723,3	3,50	3 ÷ 3,7	650
30	6,25	4,80	601,0	4,25	7,5 ÷ 8	560
50	7,20	7,88 ÷ 9,4	575,0	4,40	10 ÷ 12,5	540
80	8,08	7,9 ÷ 10,2	556,3	5,10	15 ÷ 17	530
100	9,25	11 ÷ 12,5	540,0	5,30	18,8 ÷ 23,6	520
150	9,50	15 ÷ 18	520,0	5,50	27,3 ÷ 35	480
200	9,8 ÷ 10	20 ÷ 23	500,0	5,80	30 ÷ 38	460
250	11,0	22 ÷ 25	490,0	7,00	36 ÷ 40	456
300	13,0	23 ÷ 28	480,0	7,30	41 ÷ 45	450
350	13,8	25 ÷ 30	470,0	7,50	47 ÷ 50	440
400	14,0	29 ÷ 32	460,0	7,70	52 ÷ 58	430

KỸ THUẬT LÒ ĐIỆN CẢM ỨNG KHÔNG LỖI SẮT

3.1. KHÁI QUÁT VỀ LÒ ĐIỆN CẢM ỨNG KHÔNG LỖI SẮT TỪ

Theo tần số làm việc của lò mà ta có thể chia ra làm ba loại: Lò cảm ứng tần số công nghiệp $f = 50 \text{ Hz}$ (hoặc 60 Hz), lò cảm ứng trung tần $f = 1000 \div 3000 \text{ Hz}$ và lò cảm ứng cao tần $f = 35.000 \div 74.000 \text{ Hz}$. Thiết bị của các loại lò cảm ứng không lõi sắt nói chung là giống nhau: tủ điện, hệ thống nước làm nguội, bộ phận cơ điện quay nghiêng lò, khung lò và cuộn cảm ứng, phía trong đặt nồi lò chứa liệu kim loại, cuộn cảm ứng bằng ống đồng được quấn nhiều vòng hình xoắn ốc, bên trong luôn luôn có nước làm nguội trong quá trình chạy lò. Khung lò có tác dụng cố định các vòng cảm ứng với nồi lò; cạnh khung đặt cơ cấu nghiêng lò; khung lò được làm bằng vật liệu kim loại hoàn toàn không có tính nhiễm từ. Tủ điện là một bộ phận rất quan trọng để cung cấp nguồn điện cho quá trình nấu luyện thép, gồm có hệ thống thiết bị thay đổi tần số (trừ lò cảm ứng tần số công nghiệp), thiết bị lọc sóng, thiết bị nghịch lưu và bộ tự bù hệ số công suất điện ($\cos\varphi$). Bộ biến tần có chức năng biến đổi dòng điện ba pha xoay chiều tần số công nghiệp thành dòng điện một chiều một pha. Dòng điện này đi qua bộ phận lọc sóng rồi tới thiết bị nghịch lưu. Chức năng của bộ phận nghịch lưu là chuyển đổi dòng điện một chiều một pha thành dòng điện xoay chiều một pha với tần số cao theo yêu cầu.

3.1.1. Lò cảm ứng tần số công nghiệp

Nhiệt cung cấp cho lò phụ thuộc chủ yếu vào cường độ dòng điện chạy qua cuộn cảm ứng và hiệu điện áp đặt ở hai đầu cuộn cảm ứng. Ở lò này lượng nhiệt cung cấp cho liệu kim loại không thay đổi theo tần số vì $f = 50 \text{ Hz}$. Nhưng việc tăng cường độ dòng điện có giới hạn nhất định. Nếu tăng dòng điện quá lớn thì phải tăng tiết diện dây dẫn, tăng độ dẫn điện tốt và tăng công suất máy biến áp lò v.v. Vì vậy ở lò cảm ứng tần số công nghiệp việc cung cấp nhiệt cho lò là rất chậm, dẫn đến thời gian nấu luyện kéo dài. Do đó sử dụng lò cảm ứng tần số công nghiệp thích hợp để nấu luyện các mác thép cacbon cao, nấu luyện kim loại màu, kim loại hoặc hợp kim dễ chảy ($t \leq 1150^\circ\text{C}$). Đặc biệt thiết bị lò này

rất đơn giản, rẻ tiền, dễ thiết kế, xây dựng vì không cần thiết bị đổi tần số. Nhưng trái lại vì tần số làm việc thấp nên phải có dung lượng tụ bù cosφ rất lớn, phải ghép song song nhiều tụ dẫn đến giá thành cao, đặc biệt tổn hao điện năng trong các tụ rất lớn.

3.1.2. Lò cảm ứng cao tần

Nhiệt cung cấp cho lò với tốc độ rất nhanh, vì tần số làm việc rất cao nên cảm ứng điện từ sinh ra trong cuộn cảm ứng lò sẽ lớn. Do đó nhiệt cung cấp cho lò để nấu chảy kim loại là nhanh nhất. Việc cấp nhiệt nhanh như vậy phù hợp với các công nghệ tôi các chi tiết dụng cụ máy và nấu luyện các mác thép có nhiệt độ chảy cao. Công việc tôi và nấu luyện thép phụ thuộc hoàn toàn vào tần số làm việc. Để tạo được tần số rất cao $f \approx 100.000$ Hz thì phải có thiết bị biến đổi tần số thích hợp, thường người ta sử dụng các loại bóng đèn điện tử hai cực, ba cực hoặc như hiện nay hay dùng linh kiện bán dẫn tiristor.

3.1.3. Lò cảm ứng trung tần

Đây là lò trung gian giữa là cảm ứng tần số công nghiệp và lò cao tần. Nhiệt lượng cung cấp cho lò để nấu chảy kim loại với tốc độ nhanh, thích hợp cho việc nấu luyện các mác thép cacbon hoặc các mác thép hợp kim trung bình và cao. Thiết bị biến đổi tần số của lò có thể sử dụng máy phát tần số kiểu quay hoặc dùng tiristor điều khiển. Ở trong nước phổ biến sử dụng loại lò cảm ứng trung tần $1000 \div 2000$ Hz do Trung Quốc, CHLB Nga và Vương quốc Anh chế tạo để nấu các mác thép hợp kim cao cấp.

3.2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ LÒ CẢM ỨNG KHÔNG LỎI SẮT

Nguyên lý chung Faraday đã khám phá ra dòng điện cảm ứng qua thí nghiệm: Khi di chuyển biến trở làm dòng điện đi qua cuộn dây thay đổi tạo ra từ trường trong cuộn dây. Đến năm 1916 lò điện cảm ứng ra đời dựa trên nguyên lý Faraday.

Lò điện cảm ứng dựa trên cơ sở dùng năng lượng điện biến thành nhiệt năng dưới dạng cảm ứng điện từ. Theo định luật Joule-Lentz.

$$Q = 0,24 \cdot I^2 R t, \text{ cal} \quad (I.22)$$

trong đó: I- cường độ dòng điện qua kim loại, A;

R- điện trở của kim loại, Ω;

t- thời gian tác dụng, s.

Tuy nhiên khi nấu luyện thì nhiệt độ, thời gian thay đổi nên điện trở của kim loại cũng thay đổi theo nhiệt độ và thời gian. Vì vậy công suất cấp vào lò là không cố định và phụ thuộc vào giai đoạn nấu luyện, công nghệ nấu và mức thép khác nhau mà chúng ta thay đổi công suất điện vào lò sao cho tốt nhất.

Lò cảm ứng được cấu tạo dựa trên nguyên lý của một máy biến áp không khí, cuộn cảm ứng được chế tạo bằng ống đồng theo dạng xoắn ốc bọc xung quanh tường lò. Cuộn cảm ứng được coi như cuộn sơ cấp, còn liệu kim loại chứa trong nồi lò được coi như cuộn thứ cấp máy biến áp. Khi ta cho dòng điện xoay chiều đi qua cuộn cảm ứng thì sẽ sinh ra từ thông biến thiên. Từ thông qua kim loại sản sinh ra một sức điện động cảm ứng là E_2 . Kim loại ở đây coi như là một dây dẫn, khép kín và thẳng góc với từ thông biến thiên. Xuất hiện trong kim loại một dòng điện cảm ứng và năng lượng của dòng điện cảm ứng sinh ra một lượng nhiệt lớn để nung chảy kim loại. Như vậy khi lò làm việc thì xuất hiện hai sức điện động cảm ứng trong cuộn cảm ứng (E_1) và trong kim loại (E_2).

Giá trị E_1 và E_2 được tính theo công thức sau:

$$E_1 = 4,44 \cdot \Phi \cdot f \cdot n_1 \cdot 10^{-8} \text{ V}$$

$$E_2 = 4,44 \cdot \Phi \cdot f \cdot n_2 \cdot 10^{-8} \text{ V}$$

trong đó: Φ - từ thông biến thiên, Wb (Weber);

f - tần số làm việc, Hz;

n_1 - số vòng của cuộn cảm ứng (sơ cấp);

n_2 - số vòng của cuộn thứ cấp (kim loại coi là một khối đồng nhất nên có $n_2 = 1$).

Do giữa cuộn cảm ứng và kim loại chứa trong lò bị ngăn cách bởi độ dày của nồi lò (bằng vật liệu chịu lửa) và các vòng cuộn cảm ứng có những khoảng cách nhất định nên từ thông biến thiên bị mất mát lớn (từ thông tản ra ngoài không khí) do vậy sức điện động cảm ứng $E_1 > E_2$. Vì vậy cần phải cấp vào cuộn cảm ứng một năng lượng điện lớn để tạo ra E_1 cao phù hợp với dung lượng lò và đồng thời tạo ra E_2 đủ lớn để làm nóng chảy kim loại trong lò. Khi kim loại bị cảm ứng thì trong kim loại sẽ lập tức sinh ra từ thông chống lại từ thông do cuộn cảm ứng sinh ra, do đó chiều dòng điện $\vec{I}_1$ ngược chiều với dòng điện Foucault ($\vec{I}_2$).

$$\text{Ta có } \frac{E_1}{E_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{I_1}{I_2}, \text{ do đó } I_2 = I_1 \cdot n_1$$

Vậy dòng điện I_2 phụ thuộc vào nguồn cung cấp điện và phụ thuộc vào số vòng của cuộn cảm ứng.

Khi đưa một dòng điện xoay chiều vào cuộn cảm ứng thì lập tức trong kim loại sinh ra một dòng điện I_2 (Phúcô). Dòng điện I_2 này lớn gấp n_1 lần so với I_1 , nghĩa là khi $I_1 = \text{const}$ và tăng số vòng cuộn cảm ứng thì dòng I_2 tăng cao.

Nhờ có dòng điện Phúcô (I_2) tạo ra một lượng nhiệt lớn để nấu chảy kim loại.

Năng lượng điện cung cấp để nấu chảy được tính theo công thức:

$$w = I_2^2 \cdot 2\pi^2 \cdot d \cdot h \cdot \sqrt{\rho \cdot \mu \cdot f \cdot 10^{-9}} \quad , \quad W \quad (I.23)$$

$$w = (I_1 n_1)^2 \cdot 2\pi^2 \cdot d \cdot h \cdot \sqrt{\rho \cdot \mu \cdot f \cdot 10^{-9}} \quad , \quad W$$

trong đó: $I_1 n_1$ - gọi là ampe vòng, A.mm;

d - đường kính nồi lò chứa kim loại, mm;

h - chiều cao nồi lò, mm;

ρ - điện trở suất của kim loại, $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$;

μ - hệ số từ thẩm của kim loại;

f - tần số làm việc, Hz.

Qua công thức trên, chúng ta thấy lượng nhiệt cung cấp cho lò nấu luyện thép tỷ lệ thuận với bình phương ampe vòng. Như vậy lượng nhiệt này phụ thuộc vào số vòng của cuộn sơ (n_1) và cường độ dòng điện cảm ứng (I_1). Mỗi một loại lò cảm ứng đều có mạch điện riêng để đảm bảo cung cấp dòng điện I_1 và tần số làm việc ở mức tối thiểu.

$$f_{\min} \geq 2,5 \cdot 10^9 \frac{\rho}{d^2} \quad , \quad \text{Hz} \quad (I.24)$$

trong đó: ρ - điện trở suất của liệu, $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$;

d - đường kính lò chứa liệu, mm.

Kết luận: đường kính nồi lò tỷ lệ nghịch với tần số làm việc. Khi tăng tần số làm việc thì phải giảm đường kính nồi lò. Vậy tần số làm việc quyết định dung lượng định mức của lò (tấn/mẻ). Điều đó giải thích rõ cho ba loại lò cảm ứng cao tần, trung tần và tần số công nghiệp.

3.3. ĐẶC ĐIỂM NGUYÊN LÝ CẢM ỨNG ĐIỆN TRONG LÒ CẢM ỨNG KHÔNG LỖI SẮT

3.3.1. Mức độ cảm ứng

Mức độ cảm ứng của khối liệu kim loại chứa trong lò khác nhau, phụ thuộc vào từng vùng, tính chất của liệu và tần số làm việc. Mật độ dòng điện cảm ứng phân bố trong lò không đều. Kim loại sắt tường lò, gần cuộn cảm ứng thì có mật độ điện lớn nhất và giảm dần theo chiều hướng vào tâm lò, tức là liệu được chảy nhanh nhất ở sát tường lò, còn ở giữa lò là chảy chậm. Để xác định đại lượng mật độ dòng ở kim loại tại một điểm bất kỳ trong nôi lò ta có công thức sau:

$$\delta_z = \delta_0 \cdot e^{-z \sqrt{\frac{w \cdot \mu}{2\rho}}} = \delta_0 e^{-2\pi z \sqrt{\frac{f \cdot \mu_{kl}}{\rho}} \cdot 10^{-9}} \quad (1.25)$$

trong đó: δ_z , δ_0 tương ứng là mật độ dòng tại hoành độ z và O ;

μ - độ từ thẩm tuyệt đối, H;

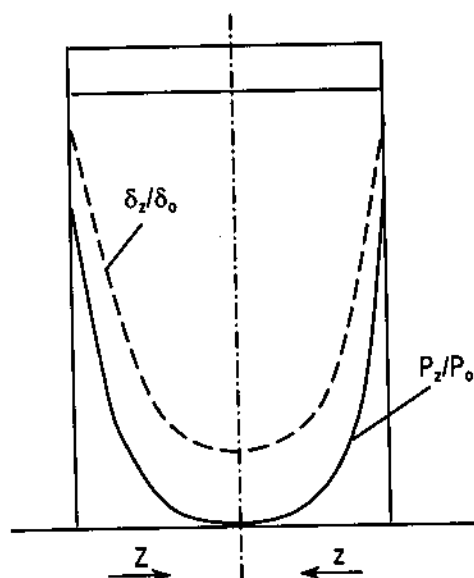
$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_{kl};$$

μ_0 - độ từ thẩm trong môi trường chân không;

μ_{kl} - độ từ thẩm của kim loại trong lò;

ρ - điện trở suất của kim loại, $\Omega \text{mm}^2/\text{m}$;

f - tần số làm việc, Hz.



Hình 1.31. Phân bố tương đối của mật độ dòng điện $\left(\frac{\delta_z}{\delta_0}\right)$ và công suất $\left(\frac{P_z}{P_0}\right)$.

Trong quá trình nấu luyện thép khi tăng nhiệt độ thì độ sâu thấm từ tăng (dưới điểm Quyri $t \leq 710^{\circ}\text{C}$). Trên thực tế sản xuất thường cho lò đạt nhiệt độ cao rồi mới chất liệu cục to vào lò, đặc biệt nên chất liệu kim loại sắt thành lò hết sức khít chặt, còn ở giữa lò chất vừa đảm bảo liệu được nung đỏ và nấu chảy đều, nhanh. Sau mỗi mẻ thép cần để lại ít thép lỏng trong lò để kích thích độ dẫn từ (cho phép). Khi liệu kim loại còn ở trạng thái rắn thì giá trị công suất nhiệt toả ra trong liệu phụ thuộc vào kích thước cục liệu ban đầu.

Theo G. T. Badata thì giá trị công toả nhiệt ra trong liệu đạt được cực đại khi kích thước liệu là:

$$d_1 = 3,5.b, \text{ mm}$$

trong đó: d_1 - đường kính cục liệu, mm;

b - độ sâu thấm từ, mm.

$$b = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{\rho \cdot 10^{+12}}{f \cdot \mu_{kl}}}, \text{ mm} \quad (I.26)$$

Sau đây nêu số liệu chỉ tiêu sản xuất thép ở lò cảm ứng không lõi sắt.

Bảng I.15. Chỉ tiêu kích thước liệu được sử dụng trong các loại lò.

Tần số làm việc, Hz	Đường kính liệu, mm	Loại lò cảm ứng
50	100 ÷ 150	} lò trung tần
1000	35 ÷ 40	
2000	25 ÷ 30	
3000	20 ÷ 25	
10.000	10 ÷ 12	lò cao tần
500.000	1,0 ÷ 1,5	lò cao tần đặc biệt

3.3.2. Công suất điện

Tận dụng công suất điện có lợi rất thấp cho quá trình nấu, do đó cần phải nối vào mạch tải hệ thống tụ điện bù $\cos\varphi$.

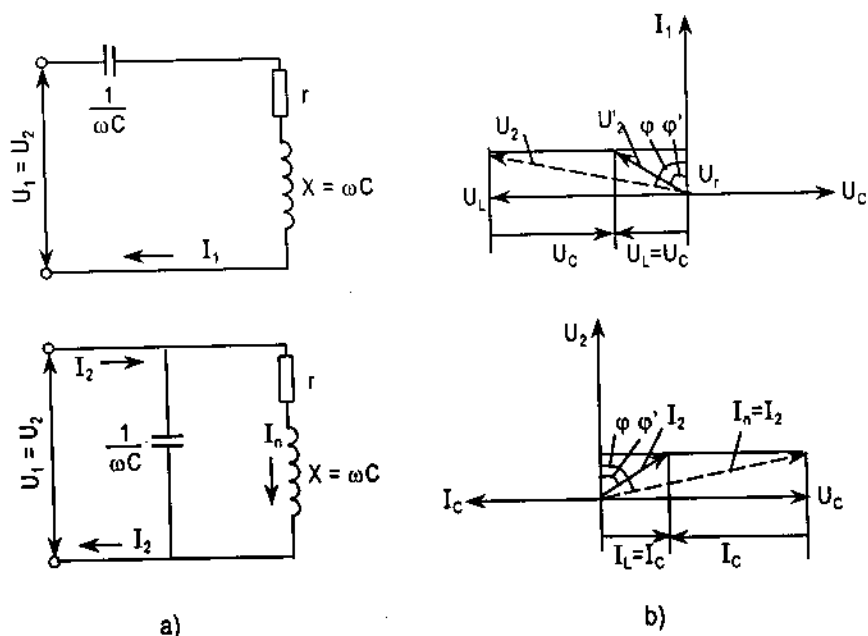
Do cấu tạo lò và cuộn cảm ứng nối lò có độ dày bằng vật liệu chịu lửa ngăn cách lò với cuộn cảm ứng, còn cuộn cảm ứng có nhiều vòng, vòng nọ cách vòng kia 2 ÷ 3 mm nên tạo ra nhiều khe hở, dẫn tới từ thông biến thiên bị rò ra không khí, mất bớt năng lượng điện cảm ứng ở trong lò do đó hệ số tận dụng công suất điện rất thấp:

- Tần số 50 Hz thì $\cos\varphi = 0,10 \div 0,12$
- Tần số 500 ÷ 3000Hz, $\cos\varphi = 0,20 \div 0,22$
- Tần số 4000 ÷ 10.000 Hz, $\cos\varphi = 0,25 \div 0,28$

3.3.3. Hệ thống tụ điện bù

Với đại lượng $\cos\varphi$ thấp như vậy không thể đủ năng lượng nhiệt cung cấp cho việc nấu chảy kim loại, vì vậy người ta mắc hệ thống tụ điện bù hoặc nối tiếp hoặc song song, hoặc tổng hợp với cuộn cảm ứng lò.

1. Mắc nối tiếp với cuộn cảm ứng lò thì cho ta chế độ cộng hưởng điện áp (hình 1.32).



Hình 1.32. Sơ đồ kiểu nối tụ với cuộn cảm ứng lò:

- Sơ đồ nối tụ nối tiếp và song song với cuộn cảm ứng;
- Kết quả bù $\cos\varphi$.

Khi cộng hưởng $I_m = I_{lo} = I_c = I_\Sigma$ và điện áp của máy phát khi cộng hưởng nhỏ hơn điện áp của máy khi chưa cộng hưởng ($U_m > U'_m$). Nếu cộng hưởng hoàn toàn thì có điện áp ở cuộn cảm ứng bằng điện áp ở tụ điện bù ($U_L = U_C$). Khi $U_m = U'_m$ thì góc lệch pha giữa U_L và U_m giảm xuống bằng không. Nếu

điện áp ở máy phát ổn định theo mức bù dẫn tới I_L tăng làm tăng giá trị sụt áp trên cuộn cảm và trên tụ bù.

Điện áp trên cuộn cảm ứng là $U_L = U_1 \cdot X = U_1 \cdot \omega L$.

Điện áp trên tụ điện bù $U_C = I_1 \cdot \frac{1}{\omega C}$ và trên điện trở thuần có điện áp

$U_r = I_1 r$, dẫn tới làm tăng điện áp trên lò, thúc đẩy nung chảy liệu. Dòng điện cảm ứng cộng hưởng (I_e) đôi khi cao quá dễ xuyên thủng lớp cách điện giữa các vòng cảm ứng dẫn đến sự cố. Do đó cần phải khống chế dòng điện khi có chế độ cộng hưởng điện áp. Thực tế người ta ít dùng cách ghép nối-tụ điện nối tiếp, hiện nay dùng phổ biến là phương pháp ghép nối tụ bù song song với cuộn cảm ứng lò. Với cách nối này cho ta chế độ cộng hưởng dòng điện và hoàn toàn tránh được sự cố do quá dòng điện cộng hưởng.

2. Sơ đồ nối ghép tụ song song với cuộn cảm ứng lò được giới thiệu ở hình 1.32a.

Ta có $U_m = U_c = U_L = U_{l0}$, nghĩa là điện áp máy phát ổn định trong quá trình chạy lò, còn dòng điện lò khi cộng hưởng vượt trội dòng điện máy phát:

$$\vec{I}_{l0} = \vec{I}_c + \vec{I}_m$$

Nhưng nếu chưa bù $\cos\varphi$ thì ta có $\vec{I}_{l0} = \vec{I}_m$

Nếu cộng hưởng hoàn toàn khi $r = 0$ thì ta có $\vec{I}_{l0} = \vec{I}_c$, khi lò làm việc theo chế độ cộng hưởng ta có $\omega L = \frac{1}{\omega C}$ (điện trở trong cuộn cảm bằng điện trở trong tụ điện bù).

Do đó ta xác định được điện dung của tụ điện bù:

$$C = \frac{1}{\omega^2 L} = \frac{1}{(2\pi \cdot f)^2 L}; \quad L = \frac{U}{2\pi \cdot f \cdot I} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot U^2} = \frac{Q}{2\pi \cdot f \cdot U^2} \quad (1.27)$$

trong đó: ω - tần số góc, rad/s;

f - tần số dòng điện, Hz;

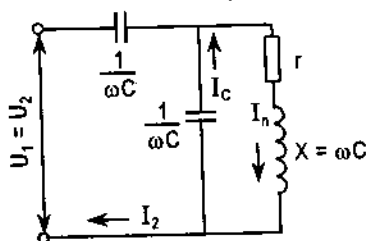
L - đại lượng tụ cảm, H;

C - điện dung tụ điện, F;

Q - công suất phản kháng, kVar.

Qua công thức trên, chúng ta thấy lò cảm ứng có tần số làm việc càng cao thì điện dung bù càng nhỏ (giá thành hạ, tổn hao điện năng trong tụ thấp).

3. Cộng hưởng hỗn hợp là vừa có cộng hưởng điện áp, vừa có cộng hưởng dòng trong quá trình chạy lò. Để thực hiện cộng hưởng hỗn hợp người ta vừa nối ghép tụ bù nối tiếp, vừa nối song song với cuộn cảm ứng lò. Đây là mạch nối phức tạp, công kênh nên ít sử dụng trong sản xuất.



Hình 1.33. Mạch nối tụ bù vừa nối tiếp vừa song song với cuộn cảm ứng lò (mạch nối hỗn hợp).

4. Ngoài ra do từ thông tán xạ và từ thông trong khối trụ kim loại gây ra hiện tượng điện động mạnh trong bể lỏng kim loại. Do vậy xuất hiện lực nâng làm cho phần khối kim loại lỏng ở giữa lò được tăng cao với độ cao Δh_2 .

$$\Delta h_2 = \frac{6,41 \cdot 10^{-3} \cdot (I_1 \cdot n_0)^2}{\gamma} = \frac{0,10 \cdot P}{\gamma \cdot h_2 \cdot d_2 \cdot \sqrt{f \cdot \rho_2}}, \text{ cm}$$

trong đó: I_1 - cường độ dòng điện vào cuộn cảm ứng lò, A;

n_0 - số vòng cảm ứng trên 1 đơn vị dài, vg/cm;

γ - tỷ khối của kim loại lỏng, g/cm³;

P- công suất điện cung cấp cho kim loại, W;

h_2, d_2 - tương ứng là chiều cao và đường kính của bể kim loại, cm;

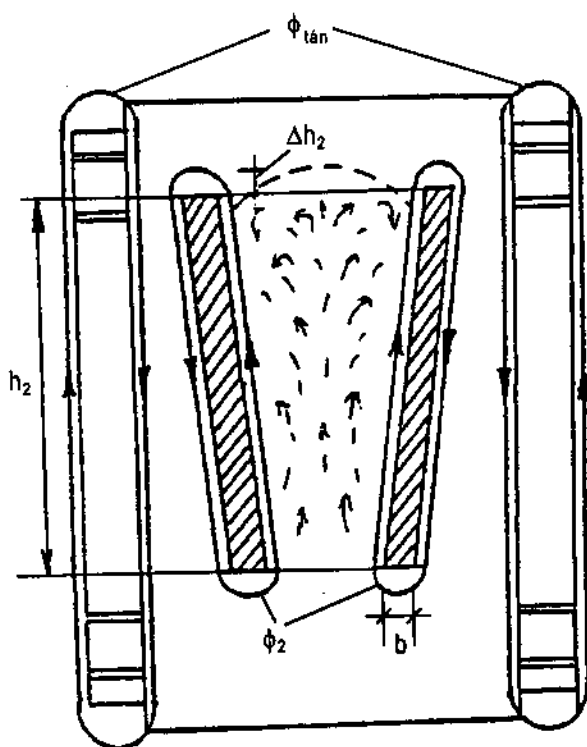
ρ_2 - điện trở suất của kim loại, Ωcm ;

f- tần số làm việc của lò, Hz.

Cùng một công suất truyền cho kim loại nếu tần số càng nhỏ thì Δh_2 càng cao. Do lực nâng lên của phần kim loại lỏng giữa lò nên kim loại + xỉ lỏng được xáo trộn mãnh liệt làm cho thành phần hoá học và nhiệt độ của thép lỏng hết sức đồng đều, sản phẩm luyện ra rất sạch nhưng lại có nhược điểm làm cho áo lò bị bào mòn nhanh, bóc trần bề mặt kim loại lỏng, (không có xỉ bao che) tạo điều kiện cho khí có hại dễ xâm nhập vào thép lỏng. Qua sản xuất thực tế, người ta đã áp dụng hai biện pháp sau đây để khắc phục nhược điểm đó:

– Nâng hạ cuộn cảm đến mức cho phép (đối với lò có dung tích nhỏ $5 \div 10$ kg/mẻ).

– Người ta lắp đặt hai cuộn cảm ứng: cuộn cảm ứng có tần số cao để tăng tốc độ nấu chảy liệu, còn cuộn cảm ứng thứ hai có tần số công nghiệp để khuấy trộn bể kim loại lỏng. Hai cuộn cảm ứng này được nối ghép thành một hệ thống chung và được quấn các vòng cảm ứng ngược chiều nhau. Cuộn cảm ứng thứ nhất có nhiều vòng được sử dụng trong thời gian nấu chảy liệu, còn cuộn cảm ứng thứ hai được sử dụng khi cần xáo trộn kim loại lỏng mãnh liệt mà không có độ vồng cao của phần khối kim loại ở giữa lò. Với thiết bị hiện đại người ta vận hành lò có hai cuộn cảm ứng hết sức nhanh và chính xác. Hiện nay người ta áp dụng phương pháp này phổ biến để nấu luyện thép hợp kim có chất lượng cao và đồng thời nâng cao tuổi thọ áo lò ($100 \div 150$ mẻ).



Hình 1.34. Sơ đồ tương tác từ thông trong nồi lò cảm ứng:

ϕ_{tan} - từ thông tán xạ; ϕ_2 - từ thông của kim loại có chiều dày thấm từ b.

3.4. THIẾT BỊ BIẾN ĐỔI TẦN SỐ

Thiết bị biến đổi tần số dùng cho việc gia công nhiệt bằng dòng điện với tần số theo yêu cầu cho việc gia công nhiệt của công nghệ nung, nấu, luyện hoặc tôi chi tiết máy v.v. Các loại thiết bị biến đổi tần số tùy thuộc vào dải tần làm việc mà có thể là máy phát điện quay, đèn điện tử (đèn điện tử ba cực làm việc ở chế độ máy phát) hoặc bộ biến đổi tần dùng tiristor.

3.4.1. Máy phát điện tần số cao

Máy này được chế tạo với công suất $0,5 \div 1000$ kW ở dải tần $500 \div 800$ Hz. Tần số tạo ra được tính theo công thức:

$$f = \frac{n \cdot p}{60}, \text{ Hz}$$

trong đó: n- số vòng quay, vg/phút;

p- số cặp cực;

f- tần số dòng điện, Hz.

Để có tần số cao (f) cần phải tăng tốc độ vòng quay và số cặp cực của máy, song không thể tăng quá mức n và p được, do đó giới hạn tăng $f < 1000$ Hz.

3.4.2. Cách khắc phục

Để khắc phục nhược điểm trên, người ta đã chế tạo loại máy phát điện cảm ứng mà tần số dòng điện được xác định theo công thức

$$f = \frac{n \cdot Z_r}{60}, \text{ Hz}$$

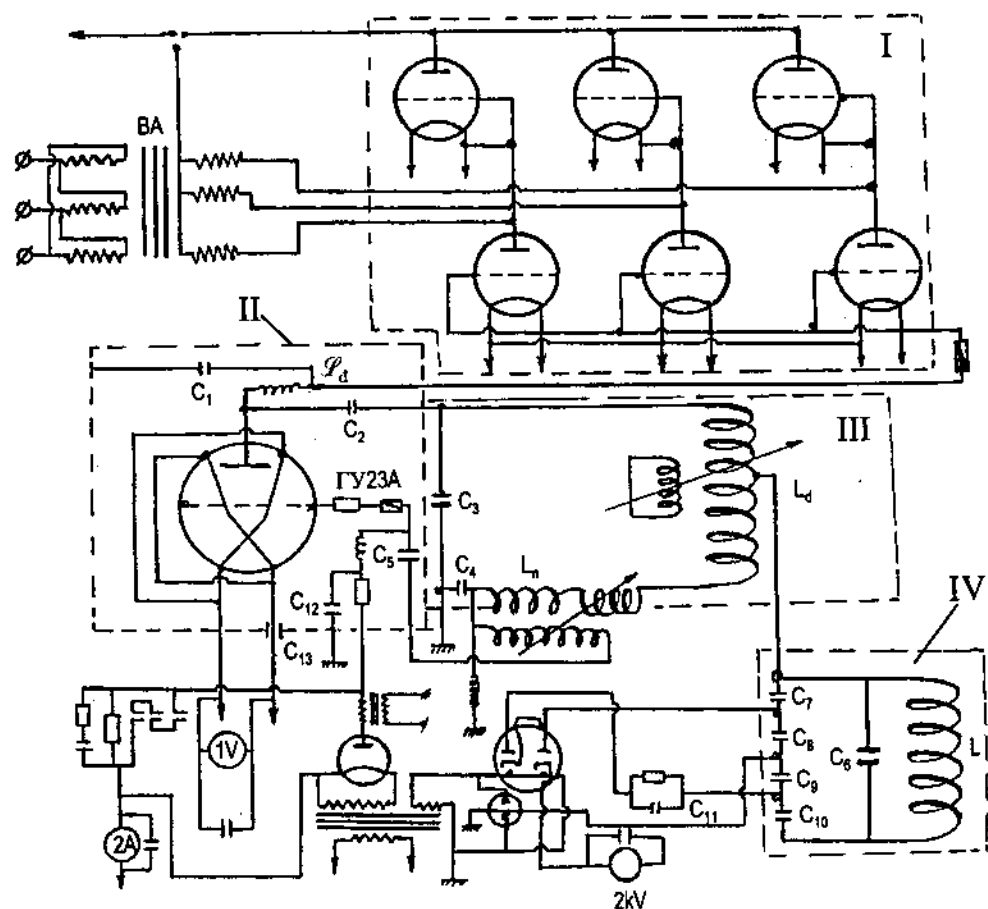
trong đó: n- tốc độ quay của rôtor, vg/phút;

Z_r - số răng của rôtor.

Việc tăng số răng của rôtor cũng có giới hạn cho nên loại máy này có tần số $f < 10.000$ Hz. Ưu điểm của loại máy phát điện tần số cao là có cấu tạo bền vững, độ tin cậy cao, dễ sử dụng và có thể chế tạo máy có công suất lớn. Nhưng có nhược điểm-là giới hạn tần số nhỏ, do có phần quay trong quá trình làm việc cho nên dễ hư hỏng, ồn, hiệu suất sử dụng thấp, chiếm diện tích lớn.

3.4.3. Mạch điện lò cảm ứng cao tần $f = 55.000$ Hz

Có bốn bộ phận chính: chỉnh lưu dòng xoay chiều thành một chiều (I), máy phát điện bằng đèn điện tử 3 cực chân không (ГУ-23А) (II), mạch dao động công suất (III) và mạch giao động cảm ứng của tải (gồm cuộn cảm ứng lò L và bộ tụ bù $\cos \varphi$ C_6) (IV). Mạch điện được giới thiệu ở hình I.35.



Hình 1.35. Sơ đồ mạch điện lò cảm ứng cao tần $f = 55.000 \text{ Hz}$:

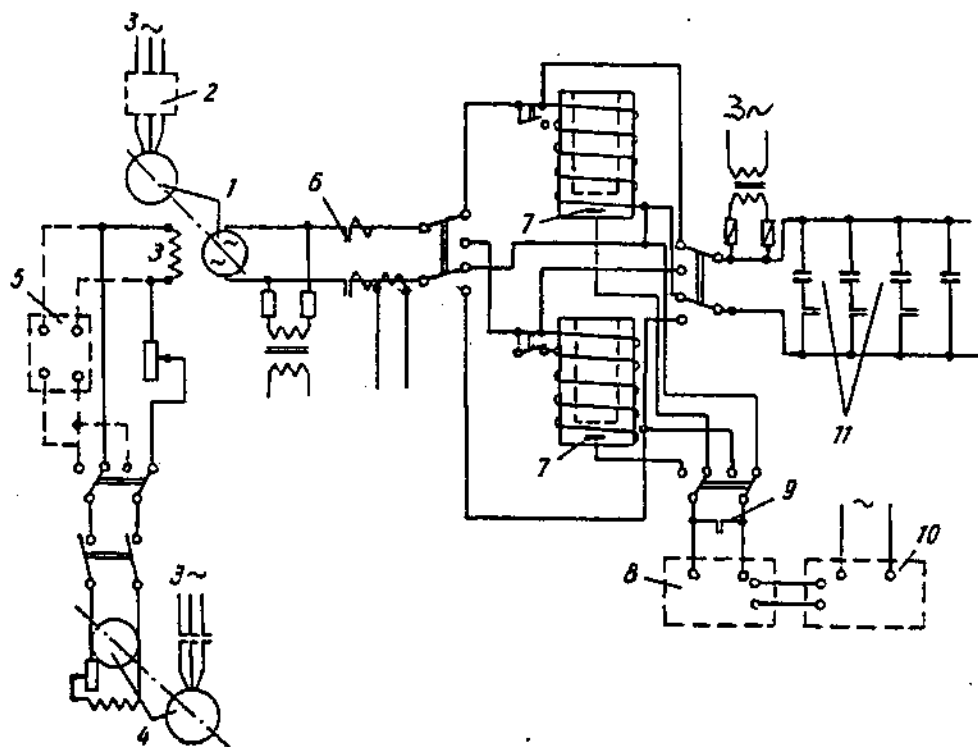
- I- Bộ phận chỉnh lưu 6 đèn điện tử 2 cực;
- II- Bộ phận phát điện bằng đèn điện tử 3 cực (6Y-23A);
- III- Mạch dao động công suất (L_d và tụ C_3);
- IV- Mạch dao động cảm ứng của tải (L và tụ bù C_6).

Nguyên lý làm việc:

– Nguồn điện 3 pha xoay chiều, tần số công nghiệp qua máy biến áp (BA) được tăng điện áp lên $10.000 \div 15.000 \text{ V}$ vào cuộn nắn dòng $\mathcal{P}_d$. Sau đó dòng điện một chiều cao áp vào bộ phận khuếch đại điện và tăng công suất điện lên cao đi vào mạch dao động công suất để tạo ra nguồn điện xoay chiều một pha với tần số cao ($f = 55.000 \text{ Hz}$) sau đó trích một phần công suất điện đưa cho lò cảm ứng để nấu luyện thép.

3.4.4. Mạch điện của lò cảm ứng trung tần $f = 2.000 \text{ Hz}$

Gồm bộ phận máy phát điện quay, bộ dao động cảm ứng lò (2 cuộn cảm ứng lò và hệ tụ điện bù $\cos\phi$), ngoài ra có một bộ kích thích từ để tăng thêm đại lượng từ cho tải lò (hình I.36).



Hình I.36. Sơ đồ mạch điện với hai lò cảm ứng trung tần $f = 2000 \text{ Hz}$
(dung lượng lò 500 kg/mẻ thép):

1- hệ thống thiết bị máy phát điện quay cảm ứng và động cơ điện 3 pha;
2- thiết bị ngắt, đóng điện; 3- cuộn dây kích thích từ cho máy phát; 4- bộ phận phát điện phụ phục vụ cho cuộn kích thích từ (3); 5- bộ phận kích thích từ tự động; 6- thiết bị đóng ngắt khi có sự cố quá tải (role điều khiển); 7- dụng cụ đo điện trở của áo lò và được nối với thiết bị báo tín hiệu (8); 8- thiết bị báo tín hiệu ở áo lò (điện trở áo lò $5000 \div 6000 \Omega$, khi điện trở giảm thì tín hiệu báo); 9- khi thiết bị (8) làm việc thì các công tắc 9 đóng; 10- trạm bảo vệ cho lò làm việc bình thường; 11- hệ thống tụ điện bù $\cos\phi$.

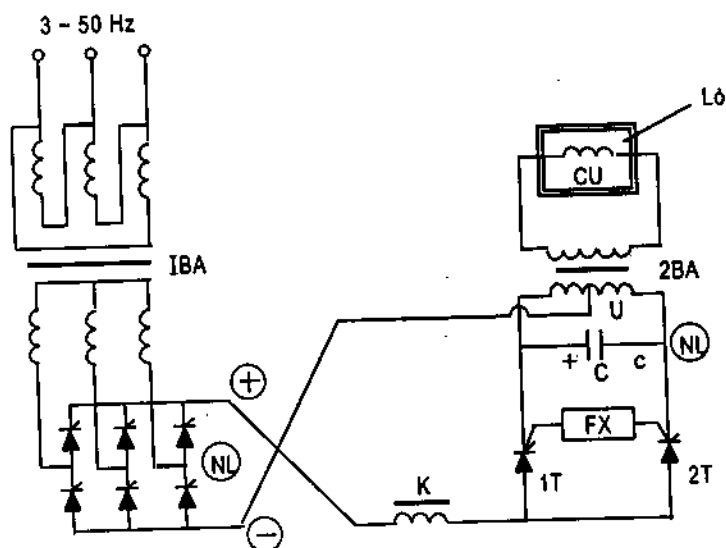
1. Nguyên lý làm việc:

Khi đóng cầu dao 3 pha thì động cơ điện quay làm cho máy phát điện làm việc. Tùy theo tốc độ quay của động cơ và thiết bị kích thích từ 3 mà máy phát điện làm việc tăng dần tần số đến một trị số nhất định. Nguồn điện cảm ứng tần số cao từ máy phát vào bộ tụ bù và cuộn cảm ứng lò để cung cấp điện cho quá trình nấu luyện thép. Để đề phòng hệ thống điện ở nguồn cung cấp quá cao hoặc quá thấp thì ở hệ thống tụ điện bù có lắp đặt thêm một số công tắc đóng mở tụ điện khi cần thiết. Nếu nguồn điện ở ngoài lớn thì cần đóng hết các công tắc ở tụ điện, còn nếu điện ở nguồn thấp thì tùy theo tình hình cụ thể mà mở một số công tắc ở tụ ra.

2. Biến tần dùng tiristor:

Với sự phát triển của điện tử công nghiệp, các máy phát điện cao tần đang được thay dần bằng các bộ biến tần dùng tiristor có công suất lớn. Thiết bị này gồm hai bộ phận cơ bản:

– Bộ phận chỉnh lưu có điều khiển và bộ phận nghịch lưu độc lập (autonom inverter) (hình I.37).



Hình I.37. Sơ đồ biến tần tiristor.

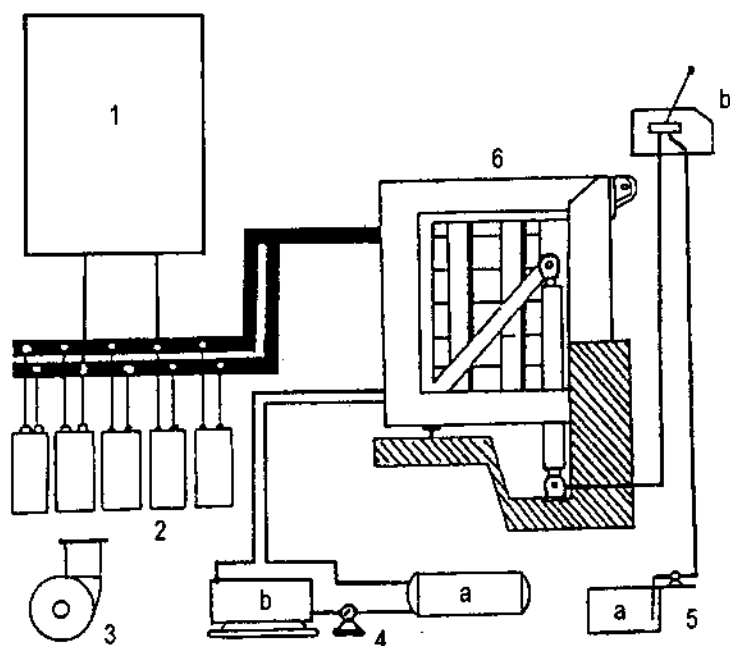
3. Nguyên lý làm việc: Khi tiristor 1T thông, tụ C được nạp đến điện áp $2U$. Theo sơ đồ thì bản cực bên trái có cực tính (+), bên phải (-). Lúc tiristor 2T thông, tụ C phóng điện qua hai tiristor 1T và 2T, dòng điện qua 1T ngược chiều với dòng điện phóng của tụ C sẽ nhanh chóng giảm về 0 và tiristor 1T khoá. Còn dòng điện qua 2T cùng chiều với dòng điện phóng của tụ C sẽ nhanh chóng tăng tới trị số định mức, nạp điện cho tụ C với cực tính ngược lại. Khối phát xung (FX) cấp các xung điều khiển 1T, 2T lệch pha nhau 180° , khi đó ở cuộn sơ cấp của máy biến áp (2BA) có dòng điện xoay chiều với tần số của các xung mở các tiristor, còn ở cuộn thứ cấp sẽ được cảm ứng dòng điện cùng tần số cấp cho cuộn cảm ứng lò để nấu luyện thép.

Ghi chú: Công suất điện của bộ nghịch lưu tiristor có thể lên tới 12.000 kW, hiệu suất điện $\eta_d = 0,9 \div 0,95$, điện áp > 1000 V tần số tới 10.000 Hz. Vì việc khoá tiristor cần thời gian là $12 + 25 \mu s$ cho nên tần số của bộ nghịch lưu dùng tiristor là $10 \div 12$ kHz.

3.5. THIẾT BỊ LÒ CẢM ỨNG TRUNG TẦN AJA - X300 TẠI VIỆN CÔNG NGHỆ BCNN (do Vương quốc Anh chế tạo)

3.5.1. Cấu tạo

Lò trung tần AJA - X300 là một loại lò hiện đại, trang thiết bị tinh vi và hoàn chỉnh, làm việc chắc chắn và êm. Đặc biệt ngoài các thiết bị đo và bảo vệ lò còn có thiết bị đo và kiểm tra độ cảm ứng điện trong liệu trong quá trình nấu luyện. Tổng thể lò điện cảm ứng trung tần AJA - X300 gồm có: hai nồi lò, cơ cấu nghiêng lò, hệ thống nước làm nguội, thiết bị phát điện, hệ thống tụ bù $\cos\phi$, tủ điện, cuộn cảm ứng lò... Tất cả thiết bị và lò được đặt trên sàn thao tác. Tủ điện được bố trí ở trong cùng gần với nguồn điện vào. Tủ điện gồm một trạm điều khiển, một bảng đặt các đồng hồ đo điện, bên trong có đặt máy phát tần số cao và các phụ tùng linh kiện khác. Còn hệ thống nước làm nguội và thiết bị thuỷ lực nghiêng lò được bố trí hai bên tủ điện với khoảng cách an toàn nhất. Hai nồi lò được đặt phía ngoài cùng cách xa các thiết bị như tủ điện, hệ thống thuỷ lực, hệ thống nước làm nguội để phòng bắn té kim loại và xỉ lỏng lên trên các thiết bị và dây điện. Xung quanh hai nồi lò có một khoảng rộng để cho công nhân thao tác nấu luyện. Còn sàn đúc được bố trí thấp hơn sàn thao tác với khoảng cách vừa đủ để thuận tiện cho công việc rót và đúc thép (hình I.38).



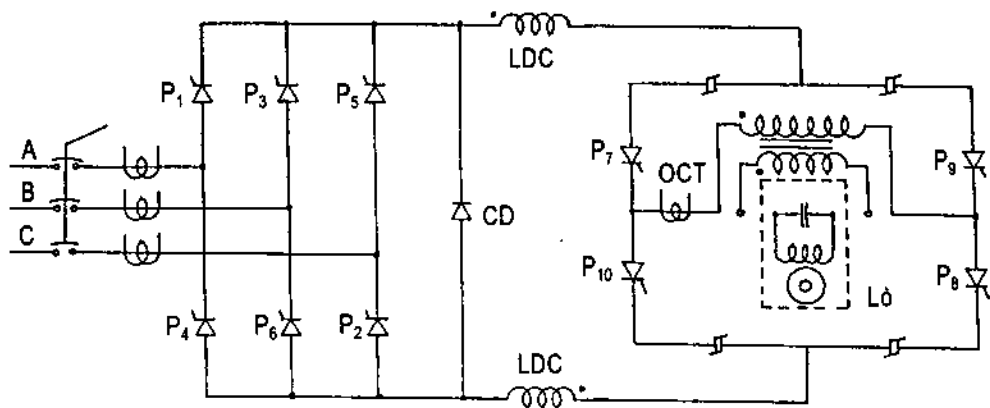
Hình 1.38. Sơ đồ tổng thể lò điện cảm ứng trung tần AJA-X300:

1- tủ điện; 2- bộ tụ; 3- quạt mát; 4- hệ thống nước làm nguội; 4a- thiết bị trao đổi nhiệt; 4b- thùng chứa nước làm nguội; 5- hệ thống thủy lực nghiêng lò; 5.a- thùng chứa dầu; 5.b- cân điều khiển; 6- lò.

3.5.2. Hệ thống cung cấp điện

Hệ thống điện gồm có các thiết bị sau: Thiết bị chuyển đổi điện, máy lọc sóng, thiết bị đảo chiều và hệ thống tụ điện bù $\cos\phi$.

Điện được biến đổi từ dòng điện 3 pha xoay chiều với tần số công nghiệp sang dòng điện một pha xoay chiều với tần số cao. Dòng điện đi từ nguồn điện 3 pha xoay chiều với tần số 50 Hz vào thiết bị chỉnh lưu để chuyển dòng điện 3 pha thành dòng một chiều. Dòng điện một chiều qua diốt nắn dòng qua máy lọc sóng đưa sang thiết bị đảo chiều. Ở thiết bị đảo chiều dòng điện một chiều được chuyển thành dòng điện một pha xoay chiều với tần số cao 1500 Hz. Dòng điện này đi qua bộ tụ điện bù $\cos\phi$ rồi tới cuộn cảm ứng lò (hình 1.39).



Hình I.39. Sơ đồ mạch điện lò trung tần AJA-X300.

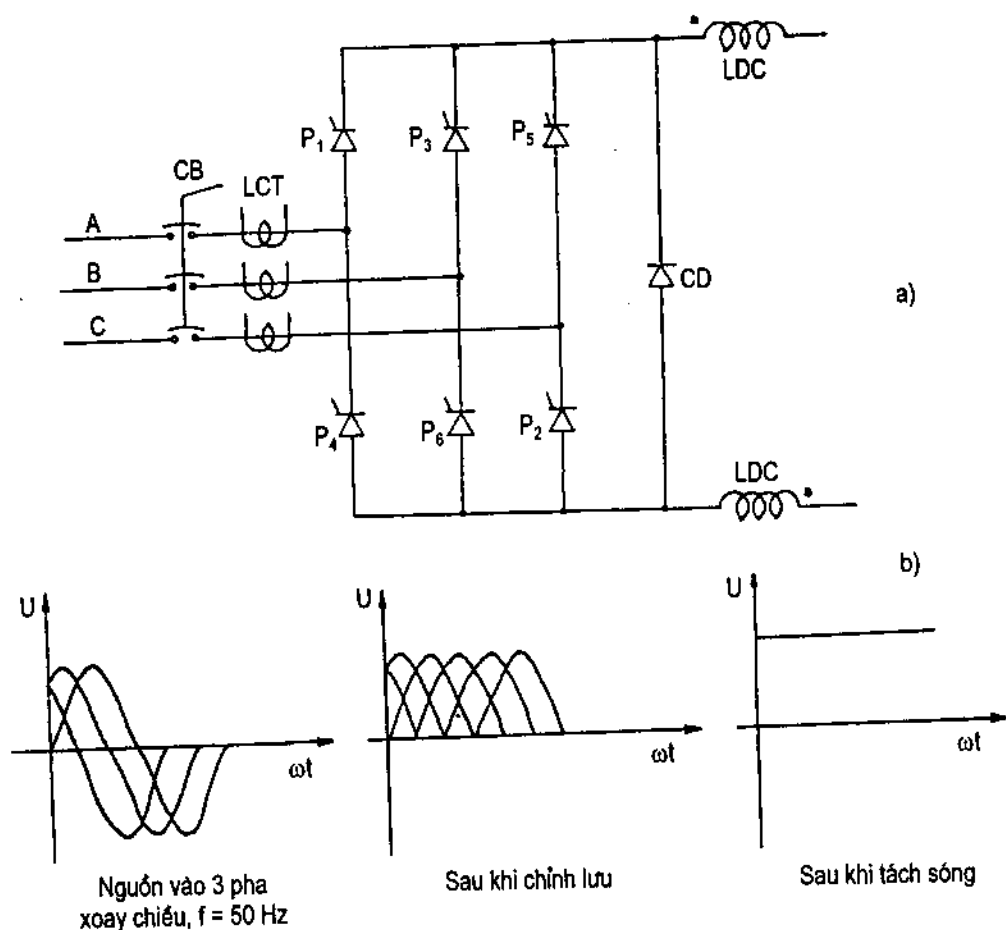
1. Nguyên lý hoạt động của thiết bị chuyển đổi (hình I.40):

Giả sử ở khoảng thời gian từ $t_1 \div t_2$, tiristor P_1 và tiristor P_6 đồng thời làm việc và điện áp chuyển ra lúc này là U_{ab} . Đến khoảng thời gian $t_2 \div t_3$ thì tiristor P_2 bị kích động nên thông điện còn tiristor P_6 được đóng lại không cho dòng điện qua, trong khoảng thời gian này điện áp chuyển ra là U_{ac} . Tiếp theo khoảng thời gian từ $t_3 \div t_4$ tiristor P_3 bị kích động nên thông điện đồng thời tiristor P_1 chịu một điện áp ngược U_{ac} nên đóng lại. Điện áp đưa ra lúc này là U_{bc} . Tương tự như vậy lần lượt với khoảng thời gian $t_4 \div t_5$ và $t_6 \div t_7$ thì lần lượt các cặp tiristor $P_3 - P_4$, $P_4 - P_5$, $P_5 - P_6$ đồng thời làm việc. Điện áp chuyển ra phụ tải lần lượt là U_{ba} , U_{ca} và U_{cb} . Cứ như vậy đã biến dòng điện 3 pha xoay chiều thành dòng điện chỉnh lưu toàn sóng.

Trong mạch có 6 tiristor làm việc, mỗi khoảng làm việc của từng cặp tiristor là như nhau và có chu kỳ là $360^\circ/6$ tức là 1 chu kỳ có 6 lần dao động, mỗi khoảng thời gian lặp lại tạo thành một góc 60° .

2. Nguyên lý làm việc của thiết bị đảo chiều (hình I.41):

Xét mạch điện hình I.41 có tiristor P_7 và tiristor P_8 thông điện còn tiristor P_9 và P_{10} ngắt điện. Dòng điện một chiều I_d sẽ chạy qua hợp điện kháng (drossel) qua tiristor P_7 và P_8 và chạy vào mạch dao động LC. Do giá trị của hệ số điện cảm tương đối lớn nên I_d về cơ bản bị hạn chế bởi cảm kháng của drossel (L_d) nên sẽ không thay đổi mà vẫn giữ nguyên trị số ban đầu, điện áp dao động LC bị kích bởi dòng điện định mức nên sinh ra dao động, điện áp dao động có sóng hình cosin đó chính là điện áp hai đầu tụ điện.



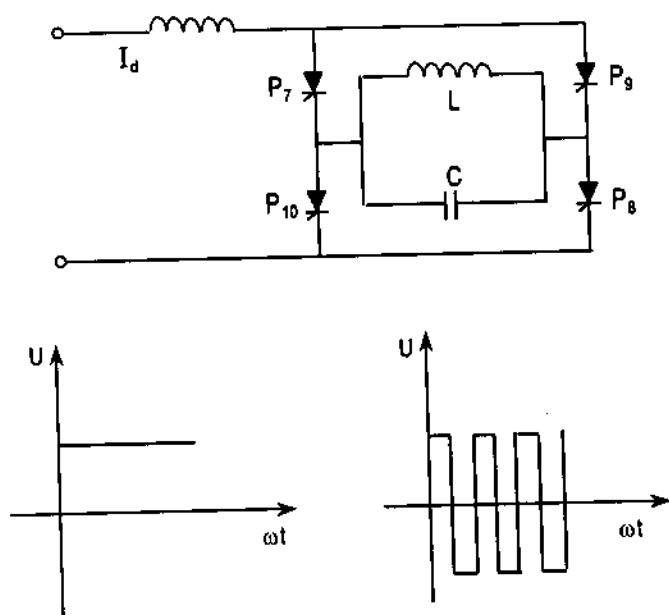
Hình 1.40. Sơ đồ mạch chỉnh lưu và lọc sóng:

a- sơ đồ điều chỉnh dùng tiristor điều khiển; b- biểu diễn quá trình lọc sóng.

Giả sử trong thời gian này cực tính của điện áp ở đầu tụ bên trái là dương (+), đầu bên phải là âm (-), điện áp hai đầu tụ sẽ thay đổi theo quy luật của sóng hình cosin. Tại thời điểm t_1 khi điện áp của tụ còn chưa giảm về đến 0, diốt tiếp xúc sẽ thông tiristor P_7 và tiristor P_{10} , lúc này hình thành trạng thái thông điện đồng thời của các tiristor P_7, P_8, P_9 và P_{10} . Do có hiện tượng thông điện của 2 tiristor P_7 và P_8 và cộng thêm 2 tiristor P_9 và P_{10} khiến cho cực (+) của tiristor P_9 và P_{10} lại có điện áp (-), còn cực (-) điện áp lại đổi thành dương (+) do hai tiristor cùng chịu một điện áp ngược như vậy nên nhanh chóng bị

ngắt, điều đó có nghĩa là hai tiristor P_9 và P_{10} đã chuyển dòng điện qua hai tiristor P_7 và P_8 . Sau khi đổi dòng, dòng điện một chiều sẽ qua hộp điện cảm L_d , qua tiristor P_9 và P_{10} theo chiều ngược lại, kích mạch dao động LC, điện áp hai đầu của tụ tiếp tục thay đổi theo quy luật hình cosin nên cực tính điện áp ở hai đầu của tụ bị đổi ngược lại đầu (+) chuyển thành (-) và đầu (-) chuyển thành (+). Dòng điện trong mạch phụ tải cũng thay đổi phương chiều. Khi mà điện áp của tụ ở một giá trị nào đó trước khi giảm về đến giá trị 0, làm cho các tiristor P_7 và P_8 tiếp tục thông điện, lại một lần nữa hình thành trong trạng thái thông điện đồng thời các tiristor P_9 , P_{10} , P_7 và P_8 . Nhưng điều này làm cho các tiristor P_7 và P_8 phải chịu một điện áp ngược chiều nên dòng điện lại chuyển sang cho các tiristor P_9 và P_{10} . Như vậy đã hoàn thành một chu kỳ làm việc tuần hoàn của mạch nghịch biến. Từ quá trình chuyển đổi dòng điện nói trên chúng ta có thể thấy được rằng khi các tiristor P_9 và P_{10} thông điện, dòng điện chuyển vào phụ tải theo một chiều, còn khi các tiristor P_7 và P_8 thông điện thì dòng điện lại chuyển vào phụ tải theo chiều ngược lại.

Các tiristor P_7 , P_8 , P_9 , P_{10} thay nhau đóng ngắt tuần tự tức là đã đưa dòng điện chuyển ra được quy định bởi số lần công tác của các tiristor P_7 , P_8 , P_9 và P_{10} .



Hình 1.41. Sơ đồ nguyên lý mạch nghịch biến.

3.5.3. Hệ thống nghiêng lò

Hệ thống nghiêng lò bằng thủy lực gồm thùng chứa dầu, bơm thủy lực, các van điều chỉnh, hệ thống xilanh, pistông nghiêng lò, máy lọc dầu, đồng hồ đo... Khi muốn nghiêng lò rót thép ta mở cho bơm chạy. Do lực hút của bơm, dầu từ bể chứa qua máy lọc qua van đến bơm. Từ bơm, dầu được đẩy qua đường ống dẫn đến xilanh đẩy pistông lên. Lúc này ta dùng cần điều chỉnh để điều chỉnh áp suất dầu tay xilanh tức là điều chỉnh độ nghiêng của lò và tốc độ nghiêng lò. Muốn hạ lò chỉ dùng cần điều chỉnh sao cho áp suất dầu tay xilanh nhỏ hơn lực đè lên pistông, lập tức lò được hạ xuống. Đối với hệ thống nghiêng lò bằng thủy lực chúng ta phải kiểm tra định kỳ mức dầu trong thùng chứa, thành phần dầu, máy bơm..., không được sử dụng dầu đã cũ, phải thay dầu theo chế độ bảo hành.

3.5.4. Hệ thống nước làm nguội

Hệ thống nước làm nguội gồm có bơm nước, ống dẫn, máy lọc... Để hệ thống nước hoạt động ta mở bơm nước, nước từ nguồn qua máy lọc, qua bơm, qua van điều chỉnh một phần vào cuộn cảm ứng để làm nguội, một phần đi vào tủ điện làm mát tủ điện, các bảng điện tử, các tiếp điểm v.v. Nhiệt độ nước vào làm nguội không quá 35°C, nhiệt độ nước sau khi làm mát thiết bị lò không quá 50°C. Hệ thống nước làm nguội còn có bể nước dự trữ để cấp cứu khi hệ thống nước làm nguội chính bị sự cố (hình I.42).

1. Cuộn cảm ứng lò bằng ống đồng, trong ống có nước làm nguội với áp suất $1,2 \div 2$ at. Cuộn cảm ứng gồm $30 \div 50$ vòng hình bầu dục được cuốn theo hình xoắn ốc bọc lấy nôi lò. Mật độ dòng điện trong cuộn cảm ứng $> 20 \text{ A/m}^2$. Kích thước cuộn cảm ứng lò liên quan chặt chẽ với kích thước nôi lò, cụ thể ta có:

$$\frac{H_C}{H_{l_0}} = 1,10 \div 1,30; \quad \frac{d_{l_0}}{\Delta\delta} = 4 \div 5; \quad d_{l_0} = (0,5 \div 1,0)H_{l_0} \text{ và } \Delta\delta = (0,25 \div 0,10)d_{l_0};$$

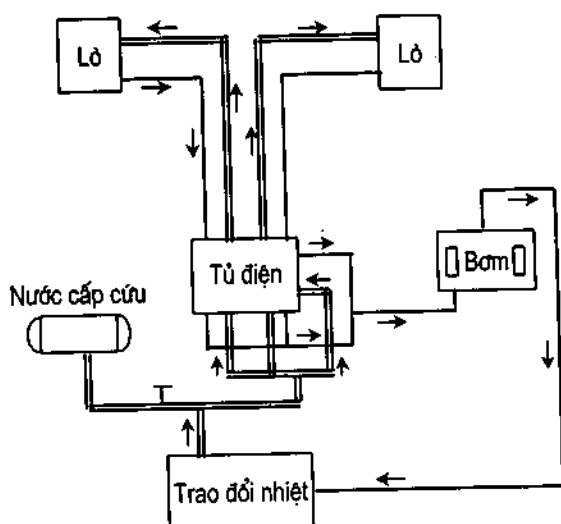
trong đó: H_C - chiều cao cuộn cảm ứng;

d_{l_0} - đường kính trung bình của nôi lò;

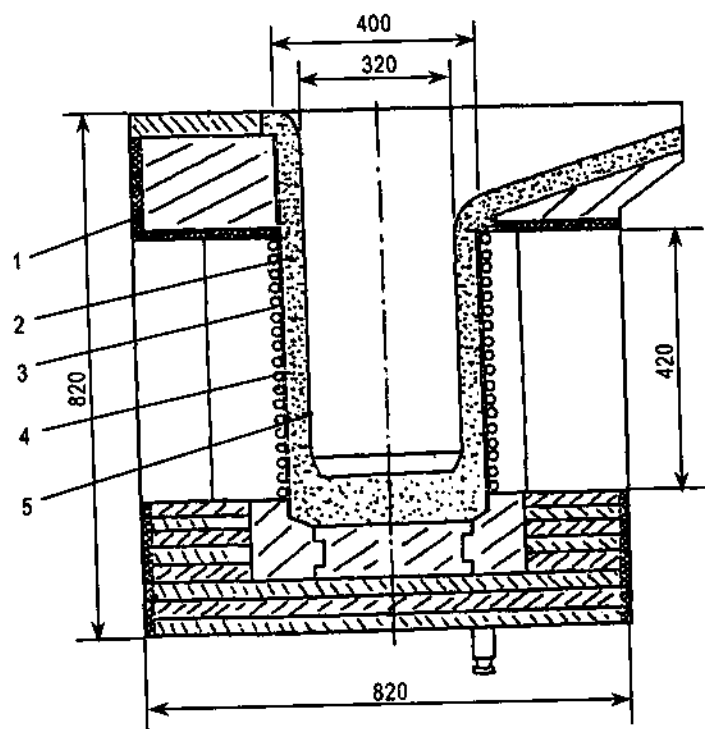
H_{l_0} - độ sâu của nôi lò;

$\Delta\delta$ - độ dày của áo lò (phần chịu lửa).

2. Cấu tạo lò: Hai nôi lò, mỗi lò có dung lượng 300 kg/mẻ. Hai nôi lò này được sử dụng thay nhau nấu thép. Nôi lò gồm có 3 lớp đầm bằng vật liệu chịu lửa; bên trong cùng là lớp đầm bằng nguyên vật liệu chịu lửa cao, tiếp theo là lớp cách nhiệt ($10 \div 20 \text{ mm}$) bằng amiăng hoặc bằng samôt, sát cuộn cảm ứng là lớp cách điện. Cấu tạo nôi lò được giới thiệu ở trên hình I.43.



Hình 1.42. Sơ đồ hệ thống làm nguội.



Hình 1.43. Cấu tạo nội hình lò:

- 1- vò lò; 2- áo lò; 3- lớp amiăng; 4- vòng cảm ứng ;
5- đường lò; 6- xanh nghiêng lò.

Kích thước nổi lò được quyết định bởi cuộn cảm ứng. Theo ông A. M. Vaiberg thì nên chọn tỷ lệ sau:

$$\frac{H_{\text{cuộn}}}{h_{\text{nổi}}} = 1,1 \div 1,3; \quad \frac{d_{\text{lò}}}{\Delta\delta} = 4,0 \div 5,0 \quad (\text{dung lượng lò} < 0,5 \text{ tấn/mẻ})$$

$$= 6 \div 7,0 \quad (g = 0,5 \div 1 \text{ tấn/mẻ})$$

$$= 7 \div 8,0 \quad (g = 1,5 \div 3 \text{ tấn/mẻ})$$

$$= 8 \div 10,0 \quad (g > 3 \text{ tấn/mẻ})$$

trong đó: $H_{\text{cuộn}}$ - chiều cao cuộn cảm ứng;

$h_{\text{nổi}}$ - chiều cao nổi lò;

$d_{\text{lò}}$ - đường kính trong của nổi lò (giá trị trung bình);

$\Delta\delta$ - độ dày của nổi lò.

Kích thước nổi lò phụ thuộc vào dung lượng định mức (tấn/mẻ) của lò, cụ thể:

Dung lượng, tấn/mẻ:	< 0,5	0,5 ÷ 1	1,5 ÷ 3	> 3,0
$\frac{d_{\text{kl}}}{h_{\text{kl}}}$:	$\frac{1}{2} \div \frac{2}{3}$	$\frac{2}{3} \div \frac{3}{5}$	$\frac{3}{4} \div \frac{4}{5}$	$\frac{4}{5} \div 1$

trong đó: d_{kl} - đường kính nổi lò chứa kim loại;

h_{kl} - chiều cao nổi lò chứa kim loại.

Sự liên quan chặt chẽ giữa cuộn cảm ứng, dung lượng lò và độ dày của nổi lò được nêu trong bảng I.16.

Bảng I.16. Dung lượng lò liên quan đến kích thước cuộn cảm ứng và nổi lò

Dung lượng, kg/mẻ	Kích thước cuộn cảm ứng, mm		Kích thước nổi lò, mm			
	Chiều cao	Đường kính	Độ dày đáy	Chiều cao	Phần trên tường	Phần dưới tường
8000	1300	1380	200	1200	110	150
5000	1170	1180	140	1100	100	130
1400	830	760	130	780	60	120
1000	750	650	100	615	50	100
500	700	600	100	580	40	80
250	650	450	90	560	40	60 ÷ 80

3.5.4. Quy trình thao tác đầm lò và sấy lò

1. Quy trình đầm lò gồm ba bước sau:

– Bước 1:

- Rửa và nung sấy nguyên vật liệu chịu lửa;
- Sàng lọc lấy các cỡ hạt theo quy định;
- Tách lấy hết các hạt sắt bằng nam châm.

– Bước 2:

- Trộn khô hỗn hợp: nguyên liệu chịu lửa + bột axit boric (trộn đều). Sau đó trộn thêm ~ 2% nước.

– Bước 3:

- Tiến hành đầm, đầu tiên đầm đáy trước, xong đáy thì đặt đường kim loại vào chính giữa lò và tiếp tục đầm tường lò. Khi đủ độ cao của nổi lò thì đầm cổ lò và miệng lò bằng hỗn hợp khô + 2% nước thủy tinh.

2. Quy trình nung sấy và thiêu kết lò:

– Bước 1: Để khô lò tự nhiên, nếu cần thì dùng quạt mát quạt cho thoáng khí. Sau đó dùng bóng đèn loại 200 ÷ 300 W sấy xung quanh cuộn cảm ứng và trong lò.

– Bước 2: Dùng củi đốt cháy trong nổi lò. Tuỳ theo tình hình nóng nổi mà tăng thêm củi đốt tiếp, hoặc dùng vài ba cục điện cực đã nung đỏ sẵn cho vào lò rồi đập nắp lò lại trong một ngày. Sau đó làm sạch nổi lò.

– Bước 3: Chất khoảng 1/4 liệu thép cục nhỏ vào lò, sau đóng điện với công suất thấp, nung sấy trong khoảng 3 ÷ 4 h. Tiếp theo chất hết liệu và tăng công suất chạy lò, đảm bảo trong 1 giờ liệu chảy lỏng hoàn toàn. Sau đó tiếp tục nấu mẻ thép cacbon cao và ra thép.

1. Chuẩn bị để đầm nổi lò: Trước tiên cần tiến hành làm các dụng cụ đầm đáy, đầm tường lò, que chọc bằng sắt, xẻng, cán gỗ, nêm chèn. Tiếp theo làm đường bằng kim loại theo hình dạng nổi lò, có độ dày 1 ÷ 1,5 mm, xung quanh đường có khoan đều các lỗ ϕ 1,5 ÷ 2 mm để thoát hơi nước trong quá trình nung thiêu kết nổi lò.

– Đồng thời chọn nguyên vật liệu có độ sạch cao (không có sắt lẫn vào), sàng lọc cỡ hạt theo yêu cầu. Nguyên vật liệu chịu lửa được sử dụng để đầm nổi

lò theo yêu cầu công nghệ và mác thép. Thường đối với lò tính axit thì sử dụng sạn, bột thạch anh với thành phần hoá học như sau:

$$\text{SiO}_2 = 98 \div 99\%; \quad \text{CaO} \leq 0,25; \quad \text{Al}_2\text{O}_3 = 0,2\%;$$

$$\text{Độ ẩm} \leq 0,5\%; \quad \text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 0,5\%.$$

Cỡ hạt theo yêu cầu (bảng I.17).

Bảng I.17. Độ hạt của nguyên vật liệu đầm lò.

	Thân và đáy lò				Đầu miệng lò		
Độ hạt cát thạch anh mm	5 ÷ 6	2 ÷ 3	0,5 ÷ 1	≤ 0,1	1 ÷ 2	0,2 ÷ 0,6	≤ 0,1
Tỷ lệ %	25	20	30	25	30	50	20

2. Nguyên vật liệu tính bazơ. Người ta thường sử dụng manhezit thiên nhiên hoặc cromanhezit đã được sử dụng ở trong lò điện tính bazơ. Hiện nay người ta hay dùng sạn cromanhezit với thành phần hoá học như sau:

$$\text{Cr}_2\text{O}_3 = 18\%; \quad \text{Fe}_2\text{O}_3 < 2\%;$$

$$\text{MgO} = 80\%; \quad \text{Al}_2\text{O}_3 < 1\%.$$

Cỡ hạt yêu cầu như ở bảng I.17.

Chất thiếu kết ở nhiệt độ cao hay được dùng bột axit boric H_2BO_3 có 98% cỡ hạt mịn < 0,1 mm.

Bột chịu lửa và bột axit boric được trộn đều trước.

– Hỗn hợp trộn gồm 98% bột chịu lửa và 2% bột axit boric.

Sau khi trộn khô đều thì cho 2% nước vào hỗn hợp và tiếp tục trộn từng mẻ một, mỗi mẻ khoảng 5 kg + 10 kg. Trộn nước xong là phải đầm ngay.

3. Tiến hành đầm nổi lò: cho hỗn hợp đã được trộn đều vào đáy lò với độ dày ~ 50 mm, dùng đầm đáy đầm đều tay, sau đó dùng que sắt nhọn chọc xam đều mặt trên của lớp đầm, tiếp theo cho hỗn hợp vào đầm, xam đều xong lại cho vào lò mẻ thứ ba, cứ tiếp tục theo cách trên đầm cho đủ độ dày đáy lò + 10 mm dư rồi nạo vét lớp trên cùng và đầm phẳng đáy. Sau đó đặt đường lò vào chính giữa, điều chỉnh đường và cuộn cảm ứng cách một khoảng đều nhau, tiếp theo dùng bốn miếng gỗ chêm đều xung quanh đường và cuộn cảm ứng rồi cho một số thỏi gang vào trong đường lò để đè chặt đường không bị xô dịch trong quá trình đầm. Tiếp theo cho hỗn hợp vào đầm tường lò với độ dày một lớp 20 mm.

Quá trình đầm tường lò cũng phải tuân thủ theo cách đầm dáy, nhưng khi đầm được 2 ÷ 3 lớp thì phải kiểm tra lại vị trí của đường lò, tức là kiểm tra khoảng cách giữa cuộn cảm ứng và thành đường lò. Khoảng cách này luôn luôn phải được giữ đều xung quanh, đảm bảo sau khi đầm xong có độ dày tường lò đều nhau và hoàn toàn không có khớp nối giữa các lớp đầm. Đầm tường lò cao hơn vòng cảm ứng trên cùng khoảng 30 ÷ 50 mm thì dừng lại, sau đó nạo vét hết lớp sạn cục to, xam nhẹ đều xung quanh tường lò, tiếp tục đầm lớp cổ và miệng lò bằng hỗn hợp vật liệu trên nhưng có trộn thêm 1,2 ÷ 2% nước thủy tinh. Sau khi đắp, đầm miệng lò xong cần dùng que sắt nhọn xam đều nhiều lỗ để dễ thoát hơi nước cho nổi lò trong quá trình nung thiêu kết.

4. Thiêu kết: Sau khi đầm nổi lò xong cần để lò khô tự nhiên, dùng một số bóng đèn 200 ÷ 300 W sấy bên trong và bên ngoài nổi lò. Sau 2 ÷ 4 ngày lò đã khô phía trong và ngoài, cần nung sấy tiếp bằng củi gỗ hoặc bằng cục điện cực grafit đã được nung đỏ trước sau đó đặt vào trong đường lò để tiếp tục làm khô dần nổi lò phía trong. Khi đã nung sấy sơ bộ nổi lò xong, cần làm sạch tro, than, sau đó chất một ít thanh sắt nhỏ và một số cục gang vào lò tiếp tục sấy và thiêu kết nổi lò bằng dòng điện cảm ứng của lò. Chế độ thiêu kết như sau:

- Giờ thứ nhất đóng điện vào lò với công suất nhỏ nhất, khoảng 25% công suất điện định mức của lò (còn liệu kim loại trong lò được chất vào khoảng 1/4 dung tích lò).

- Giờ thứ 2 ÷ 3 vẫn giữ công suất điện như trên nhưng cần thêm dần liệu vào lò (nhiệt độ đạt 500 ÷ 600°C). Nếu nhiệt độ cao hơn 600°C thì nên tắt lò khoảng 10 phút, sau đó đóng điện tiếp tục nung thiêu kết nổi lò.

- Giờ thứ 4 ÷ 5 tăng công suất điện vào lò khoảng 30 ÷ 40% công suất định mức, bảo đảm nung đỏ liệu 600 ÷ 800°C.

- Giờ thứ 6 ÷ 7 tăng công suất điện và giữ cho đường lò và liệu trong lò đạt được 1000°C.

Sau giờ thứ 7 tiếp tục nâng công suất điện và tiếp tục cho liệu vào lò, đảm bảo sau khi chảy liệu xong, mức kim loại lỏng thấp hơn vòng cảm ứng trên cùng khoảng 10 mm. Khi nhiệt độ của kim loại lỏng đạt được 1500 ÷ 1600°C thì phải giảm công suất điện vào lò để giữ kim loại lỏng trong lò trong thời gian 1 ÷ 1,5 h, sau đó rút hết kim loại lỏng và cào hết xỉ kim loại lỏng bám dính vào nổi lò, tiếp tục chất liệu vào nấu một mẻ thép cacbon cao để bảo đảm duy trì thiêu kết nổi lò tốt, chắc chắn.

Phần II

**KỸ THUẬT CÔNG NGHỆ LUYỆN THÉP
TRONG Lò ĐIỆN**

Chương 1

KỸ THUẬT LUYỆN THÉP TRONG LÒ ĐIỆN HỒ QUANG AC-EAF

1.1. MỞ ĐẦU

Vào những năm 20 của thế kỷ 20, việc chất liệu ở đỉnh lò bằng cách quay nắp lò sang một bên đã được áp dụng đối với lò điện hồ quang có dung lượng trên 30 tấn/mẻ để sản xuất thép hợp kim cạnh tranh với lò bằng. Trong những năm của thập kỷ 50, người ta đã chế tạo được lò điện hồ quang cỡ ≥ 90 tấn/mẻ, dung lượng biến áp lò ≥ 28.000 kVA để sản xuất các mác thép cacbon thông thường và từ đó lò điện hồ quang đã trở thành thiết bị luyện thép hiện đại để sản xuất ra nhiều chủng loại thép. Đến thập kỷ 60 do xuất hiện công nghệ luyện thép mini để sản xuất các sản phẩm dài đã dẫn đến việc phát triển các loại lò điện hồ quang theo các cỡ khác nhau. Nhờ đó các nhà máy luyện thép mini có thể sản xuất các sản phẩm dài với giá thành cạnh tranh với các nhà máy luyện thép liên hợp. Gần đây người ta đã tiếp tục nghiên cứu và thực hiện việc thổi oxy, khí thiên nhiên, dầu mazut để cường hoá quá trình luyện thép cho nên lò điện hồ quang dung lượng 140 tấn/mẻ với thời gian nấu 1 mẻ thép chỉ còn 1,5 giờ. Ngày nay lò điện hồ quang kết hợp với thiết bị tinh luyện thép đã có thể sản xuất các loại thép hợp kim không gỉ với hiệu quả kinh tế kỹ thuật rất cao. Trong khoảng 15 năm lại đây đã có rất nhiều cải tiến, phát minh trong công nghệ lò điện hồ quang, làm cho giá thành sản phẩm hạ rõ rệt (do giảm tiêu hao điện năng, điện cực, vật liệu chịu lửa...) và chất lượng thép cao (do đồng đều thành phần và nhiệt độ của kim loại và sạch tạp chất).

1.2. NHỮNG NGHIÊN CỨU VÀ CẢI TIẾN

- Xây dựng lò hai nồi, một bộ phận cấp điện cho hai lò thay nhau làm việc, giảm chi phí đầu tư, mặt bằng gọn, năng suất lò tăng rõ rệt.
- Sử dụng lò điện hồ quang xoay chiều cỡ lớn với chế độ điện cao hoặc siêu công suất, lò hồ quang một chiều siêu công suất, nhằm giảm mạnh thời gian nấu luyện thép, năng suất lò tấn/giờ cao.
- Cải tiến kết cấu lò và cách nạp liệu để tận dụng nhiệt thừa thừa của khí lò

đó là kiểu lò năng lượng tối ưu của Thụy Điển (SF-AC/EAF hoặc SF-DC/EAF). Kết hợp lò điện hồ quang với lò chuyển của Mannesmann (CHLB Đức), công nghệ Contiarco của CHLB Đức, công nghệ Consteel của Công ty Taolierri (Italia) và công nghệ lò điện hồ quang đứng vô lò của Thụy Sĩ.

– Công nghệ tháo thép ở đáy lò không đồng tâm, tránh được lẫn xỉ vào thép lỏng.

– Áp dụng công nghệ tạo xỉ đơn, tạo xỉ bột, tránh được bào mòn cục bộ tường lò, giảm được một lượng xỉ nhất định, giảm được tiêu hao năng lượng điện và thời gian nấu luyện thép.

Nhờ được những tiến bộ kỹ thuật mới này mà công nghệ luyện thép lò điện ngày nay đã đạt được những chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật rất cao:

- | | | |
|---------------------------------------|---|-----------|
| – Tiêu hao điện năng (kW.h/tấn) | : | 420 ÷ 350 |
| – Tiêu hao điện cực (kg/tấn) | : | 3 ÷ 1,10 |
| – Tiêu hao oxy (m ³ /tấn) | : | 40 ÷ 35 |
| – Tiêu hao vật liệu chịu lửa (kg/tấn) | : | 5,5 |

Nếu phun thêm 25 ÷ 30 kg than bột thì tiêu hao điện năng chỉ còn 300 kW.h/tấn.

Với những kết quả tốt đẹp đó, ngày nay lò điện hồ quang luyện thép là một công nghệ thích hợp, kinh tế và rất linh hoạt đối với các nhà máy thép mini có công suất từ 250.000 đến 1.600.000 tấn/năm với nguyên vật liệu chính là sắt thép phế, sắt xộp DRI.

1.3. CHUẨN BỊ LÒ VÀ PHỐI LIỆU NẤU THÉP

Vá lò: Muốn lò điện chạy tốt, sản lượng thép cao, tiêu hao vật liệu chịu lửa thấp, trước hết phải đảm bảo kỹ thuật xây lò cũng như việc chọn các loại gạch, lớp gạch hợp lý cho từng cỡ lò, đồng thời phải bảo dưỡng nội lò để kéo dài tuổi thọ lò (tuổi thọ đáy lò > 500 mẻ, nắp lò ≥ 100 mẻ, tường lò > 200 mẻ). Trong quá trình nấu luyện thể xây nội lò chịu ảnh hưởng tổng hợp của việc cấp điện, nhiệt, tính chất của xỉ, đặc biệt chịu được sự va đập mạnh khi chất liệu rắn vào lò theo phương pháp trên xuống. Nếu các thao tác đó không hợp lý thì lò bị bào mòn mạnh, ăn mòn do tắm thực của xỉ và kim loại lỏng làm cho quá trình nấu luyện khó khăn (điều chỉnh lượng xỉ và thành phần xỉ, khống chế các phản ứng

oxy hoá, khử bỏ tạp chất trong kim loại v.v.). Đặc biệt khi thổi oxy nguyên chất vào bể kim loại với thời gian lâu, nhiệt độ của kim loại tăng cao $t \geq 1800^{\circ}\text{C}$ làm cho áo lò chống hồng, lò bị bào mòn cục bộ trầm trọng, tạo ra các hố sâu, đáy lò bị gồ ghề, do đó khi nấu mẻ thép sau sẽ bị ảnh hưởng đến thành phần hoá học (lượng các nguyên tố kim loại của mẻ thép trước còn đọng lại ở đáy lò), đặc biệt khi trong liệu có wolfram (W), chì (Pb) thì có khả năng chìm sâu vào các hố hoặc trong khe hở giữa tường và đáy lò dẫn tới rò thép lỏng ra ngoài. Trong quá trình nấu luyện thép, lò luôn luôn bị ăn mòn hoá học (do tẩm thực của xỉ và kim loại lỏng vào gạch) và bào mòn cơ học. Sau mỗi mẻ thép, đáy và hồng lò bị ăn mòn, bào mòn ở các mức độ khác nhau, đặc biệt nếu trong xỉ có chứa $8 + 10\%$ MgO thì mức độ ăn mòn gạch lại tăng lên. Vì vậy mỗi mẻ thép sau khi tháo ra khỏi lò đều phải tiến hành vá lò hết sức cẩn thận. Chú ý vá những chỗ mà xỉ và kim loại lỏng hay bào mòn, ăn mòn mạnh nhất như lỗ ra thép, lỗ tháo xỉ (nếu có). Thông thường vách lò ở gần vùng điện cực số 2 (pha 2) là chỗ xung yếu nhất, ở chỗ cạnh cửa thao tác (do tần số đóng mở cửa nhiều lần dẫn tới chống hồng vách lò). Vì vậy cần phải vá lò hết sức cẩn thận, đúng kỹ thuật và theo nguyên tắc sau:

- Vá lúc lò còn nóng, nhiệt độ nổi lò còn cao $\geq 1200^{\circ}\text{C}$.
- Vá nhanh, đều và đúng vị trí.
- Lớp vá phải đạt $10 + 20$ mm.
- Hỗn hợp vá lò: dùng sạn manhezit + nước thuỷ tinh trộn đều, sau đó ép, nén thật mạnh vào chỗ vá (nhiệt độ thiêu kết của MgO $\approx 1200 + 1540^{\circ}\text{C}$). Sau khi vá lò xong (phần đáy và vách tường xung quanh lò) là tiến hành chất liệu vào lò ngay để tranh thủ nhiệt còn cao trong lò.

1.4. NẠP LIỆU VÀO LÒ

Thao tác nạp liệu ảnh hưởng đến quá trình nóng chảy liệu, cháy hao các nguyên tố hợp kim và tuổi thọ lò. Yêu cầu công việc nạp liệu:

- Tốc độ nạp nhanh đều
- Liệu phải được chất vào lò khít chặt, phân bố các cỡ liệu hợp lý trong lò, cố gắng nạp liệu 1 + 2 lần (sử dụng nạp liệu trên xuống).

Khi mở nắp lò, nhiệt độ từ 1500°C giảm xuống còn $800 + 900^{\circ}\text{C}$. Nhiệt

lượng mất đi đó trong giai đoạn nấu chảy phải bổ sung bằng nguồn nhiệt của hồ quang, do đó tổn hao điện năng nhiều, kéo dài thời gian nấu chảy, dẫn tới năng suất lò không cao. Nạp liệu khít chặt trong lò đảm bảo dẫn điện, nhiệt tốt. Khi nạp liệu phải phối hợp chặt chẽ giữa các loại liệu cục to, cục vừa và nhỏ một cách hợp lý. Thực tế sản xuất thép tại Nhà máy Thép Lưu Xá người ta phân loại:

Liệu loại nhỏ < 10 kg.

Liệu loại trung bình 10 ÷ 25 kg.

Liệu cục to 25 ÷ 150 kg.

Đối với lò có dung lượng ≤ 10 tấn/mẻ thì nên chọn tỷ lệ:

Liệu cục lớn	Liệu cục vừa	Liệu cục nhỏ
35 ÷ 45%	40 ÷ 45%	12 ÷ 25%

Đối với lò có dung lượng > 10 tấn/mẻ:

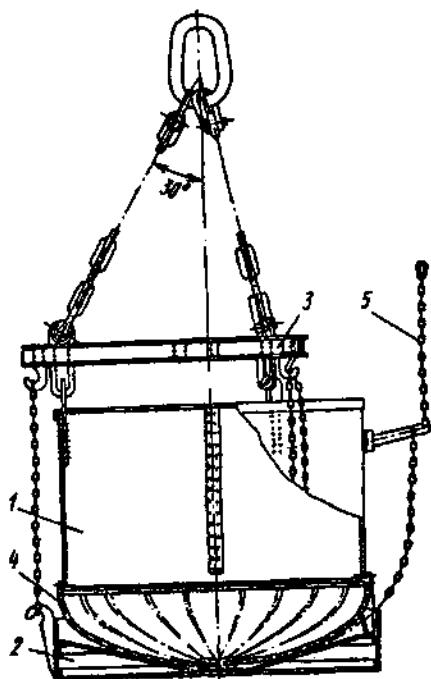
Liệu cục to	Liệu trung bình	Liệu cục nhỏ
~ 40%	~ 45%	~ 15%

Căn cứ vào kinh nghiệm thực tế, người ta chất liệu vào lò như sau: Trên đáy lò được chất một lớp vôi 1,5 ÷ 2% trọng lượng liệu (rải đều mặt đáy). Mục đích của lớp vôi này là giảm bớt sự va đập mạnh của liệu rơi từ trên xuống và đồng thời tạo xỉ sớm để khử bớt phospho, tiếp theo chất khoảng 1/4 số liệu vào nấu luyện, sau đó dần đều ra lò, tiếp chất liệu cục vừa. Khi số liệu đến đầy 1/2 nồi lò thì chất liệu cục to vào chính giữa 3 điện cực, trên cùng chất một lớp liệu cục nhỏ, rồi thông điện phóng hồ quang. Theo tình hình nóng đỏ liệu mà chất liệu tiếp tục và đồng thời tăng công suất điện vào lò. Khi nhiệt độ trong lò đạt trên 1000°C thì chất hết liệu để tiến hành nấu chảy liệu nhanh.

Để thực hiện chất liệu vào lò theo phương pháp trên xuống người ta sử dụng thùng chứa liệu có đáy tự động đóng, mở khi chất liệu vào thùng và tháo liệu vào lò điện hồ quang (áp dụng cho lò ≥ 80 tấn/mẻ). Còn ở các nhà máy trong nước người ta dùng các loại rọ bằng thép lưới đan (trọng lượng liệu trong rọ khoảng 1 ÷ 5 tấn). Tùy theo dung lượng lò mà người ta chất vào lò khoảng 2 ÷ 6 rọ liệu. Rọ liệu chỉ được áp dụng để chất liệu vào lò có dung lượng từ 0,5 ÷ 30 tấn/mẻ; nếu lò có dung lượng ≥ 50 tấn thì phương pháp dùng rọ là không phù hợp vì mỗi mẻ nấu thép phải chất đến 5 ÷ 10 lần, kéo dài thời gian chất liệu vào lò (liệu để nấu thép bao gồm sắt thép phế + gang cục).

1.5. CÔNG NGHỆ NẤU LUYỆN THÉP

Tuỳ theo chất lượng phế liệu (sắt thép vụn, gang...) và tuỳ theo mức thép yêu cầu mà áp dụng công nghệ nấu luyện phù hợp. Thông thường có hai phương án công nghệ: Phương án nấu lại và phương án nấu có giai đoạn oxy hoá (phương án nấu đi). Khi có sẵn phế thép có chất lượng cao, đặc biệt %C, %P và %S nằm trong giới hạn của mức thép yêu cầu nấu luyện và những loại phế thép hợp kim thì chúng ta nên dùng phương án nấu lại là kinh tế nhất, thời gian nấu luyện ngắn, thao tác nấu luyện đơn giản và đồng thời cháy hao các nguyên tố hợp kim rất ít, tuổi thọ lò cao. Thông thường dùng phương án này để nấu luyện thép trong lò hồ quang tĩnh điện. Còn liệu kim loại có thành phần dao động lớn, có nhiều chất bẩn, có nhiều gỉ v.v. thì nên dùng phương án nấu đi. Thao tác nấu luyện theo phương án này phức tạp hơn nhiều, phải tạo xỉ và tháo xỉ nhiều lần, phải tăng tốc độ oxy hoá các tạp chất, tạo xỉ có độ bazơ cao $B > 2$.



Hình II.1. Thùng chứa và chất liệu theo phương pháp trên xuống

ở lò điện hồ quang cỡ ≥ 100 tấn/mẻ:

- 1- thùng chứa liệu và chất liệu bằng cách mở đáy thùng;
- 2- tấm đỡ đáy thùng;
- 3- bộ phận điều chỉnh mở đáy thùng;
- 4- những tấm hình tam giác nhỏ ghép lại thành đáy thùng;
- 5- dây xích kéo hãm tháo hoặc đóng đáy thùng.

Theo phương án này thường có ba giai đoạn nấu luyện: Giai đoạn nấu chảy, giai đoạn oxy hoá và giai đoạn hoàn nguyên + hợp kim hoá thép (nếu có). Thời gian nấu luyện một mẻ thép lâu, cháy hao các nguyên tố hợp kim nhiều, năng suất lò không cao... Ngày nay người ta đã chế tạo được nhiều thiết bị tối tân để cường hoá quá trình luyện thép nên phương án này được sử dụng phổ biến rộng rãi để luyện thép với các mức khác nhau như thép hợp kim cao, thấp, các loại thép cacbon có hàm lượng cacbon cao ($C = 1 + 2\%$) và hàm lượng cacbon rất thấp ($C = 0,02 + 0,05\%$). Đặc biệt sử dụng phương án này với biện pháp cường hoá quá trình oxy hoá cacbon để nấu luyện thép hợp kim không gỉ ($C = 0,12 + 0,03\%$ với giá thành có thể chấp nhận được. Như vậy áp dụng phương án luyện thép có giai đoạn oxy hoá và sôi kim loại mãnh liệt trong lò điện hồ quang tính bazơ là phù hợp.

1.6. PHƯƠNG ÁN CÔNG NGHỆ NẤU LUYỆN THÉP CÓ GIAI ĐOẠN OXY HOÁ

1.6.1. Quá trình nấu chảy

Trong giai đoạn này giải pháp chủ yếu là nấu chảy nhanh, giảm tiêu hao điện năng và điện cực, đưa năng suất lò tăng cao và giá thành sản phẩm có thể chấp nhận được. Để thực hiện nhiệm vụ yêu cầu trên, người ta dựa theo bốn thời kỳ nhỏ sau đây để thao tác nấu luyện hợp lý:

Thời kỳ 1: Phát hồ quang ban đầu, thời gian giữ $5 + 10$ phút. Thời kỳ chủ yếu dùng nhiệt hồ quang để nung nóng tường, nắp lò và một phần kim loại rắn (liệu). Để tránh sự cố cháy mòn tường, nắp lò cục bộ người ta đưa công suất điện thấp vào lò $25 + 30\%$ công suất điện định mức, điện áp hồ quang nhỏ, chùm hồ quang phát ra ngắn và rộng để duy trì ngọn lửa hồ quang đều, liên tục và ổn định (sử dụng cuộn drossel).

Thời kỳ 2: Sau 20 phút liệu ở dưới chân điện cực đã chảy tạo thành 3 hố trong khối liệu, đường kính hố lớn hơn đường kính điện cực $\sim 40\%$, tiếp tục tăng công suất điện $40 + 50\%$ công suất điện định mức, lúc này 3 điện cực được hạ dần xuống dưới, hồ quang phát ra mạnh hơn, tia hồ quang dài hơn, ngọn lửa hồ quang bị chìm trong khối liệu rắn.

Thời kỳ 3: Sau $30 + 40$ phút cần tăng công suất điện $70 + 80\%$ công suất điện định mức, điện áp hồ quang lớn nhất, chùm hồ quang dài, mạnh và cứng,

điện cực hạ xuống lò sâu nhất, ngọn lửa hồ quang hoàn toàn bị liệu rắn xung quanh hồ che kín, do đó bề kim loại lỏng trong lò tăng nhanh.

Thời kỳ 4: Sau hơn 1 giờ liệu đã bị chảy gần 99% còn lại một ít những cực liệu chưa chảy xung quanh nôi lò, do đó phải hạ thấp công suất điện vào lò $\approx 50\%$ công suất điện định mức và đồng thời nâng 3 điện cực lên, sau đó kéo đảo liệu chưa chảy ra ở giữa lò (đối với lò nhỏ, trung bình) hoặc sử dụng bộ phận cơ điện để chuyển dịch lò theo trục đứng lò với một góc độ nhất định, mục đích đảo kim loại và thay đổi vị trí của những cực liệu chưa chảy. Như vậy ở thời kỳ này vừa nâng nhiệt độ cho kim loại lỏng vừa hoàn thành nhiệm vụ nấu chảy hoàn toàn và chuẩn bị bước sang giai đoạn oxy hoá. Trong quá trình nấu chảy có những biến đổi hoá lý xảy ra bay hơi của các nguyên tố, oxy hoá của kim loại dẫn tới làm cho thành phần hoá học của kim loại thay đổi.

1. Sự bay hơi của các nguyên tố

Nguồn nhiệt của hồ quang là nguồn nhiệt điểm, nhiệt lượng của hồ quang phát ra đa số chỉ tập trung trong một vùng thể tích rất hẹp nên mặt trên của liệu được hồ quang cung cấp với nhiệt độ rất cao $6000 \div 7000^\circ\text{C}$ do đó vượt quá điểm sôi của nhiều nguyên tố (bảng II.1), làm cho các nguyên tố trong vùng hồ quang bị bay hơi mãnh liệt. Sự bay hơi của các nguyên tố phụ thuộc vào nhiệt độ và áp suất của môi trường theo phương trình:

$$\Delta F^\circ = -RT \ln K = -RT \ln P_0 \quad (\text{II.1})$$

Bảng II.1. Điểm sôi của một số nguyên tố, $^\circ\text{C}$

Nguyên tố	Al	Mn	Si	Cu	Cr	Ni	Fe	Co	Mo	W
Điểm sôi	2057	2152	2252	2310	2477	2732	2735	3250	4804	5930

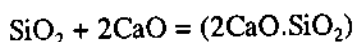
Ví dụ: sắt nguyên chất ở 4000°K có thể tính được áp suất bay hơi $P_{\text{khí Fe}} = 32 \text{ atm}$. Thường coi thép là dung dịch loãng vô hạn, nồng độ mol của sắt là 97%, tức $N_{\text{Fe}} = 0,97$; vậy $P_{\text{khí Fe}} \times 0,97 = 31 \text{ atm}$. Từ kết quả tính toán cho thấy áp suất riêng phần của sắt ở dưới hồ quang đạt được 31 atm nên sắt bị bay hơi nhiều. Thực tế trong lò điện hồ quang, áp suất của sắt chỉ là 1 atm do đó sắt không tránh khỏi bị bay hơi với một lượng lớn. Trong thời kỳ nấu chảy, khối nấu thoát ra từ trên 3 lỗ điện cực và từ cửa lò, chính là sản phẩm

oxy hoá của sắt. Trong thời gian bay hơi của sắt lại gặp các hạt Fe, Fe₂O₃ trong liệu lò tạo ra nhiều lượng bay hơi. Do đó tổn hao sắt trong giai đoạn nấu chảy đạt 2 ÷ 3%. Ngoài sắt ra các nguyên tố khác cũng bị bay hơi theo mức độ khác nhau.

Để giảm tổn thất do bay hơi chúng ta không chất các nguyên tố hợp kim dưới ba điện cực, ngoài ra cần tạo xỉ sớm để ngăn cản bớt sự bay hơi của các nguyên tố trong giai đoạn nấu chảy.

2. Quá trình oxy hoá trong kim loại lỏng

Khi nóng chảy liệu, ngoài tổn thất bay hơi, trong liệu còn chứa các nguyên tố có ái lực mạnh với oxy nên còn có tổn thất do oxy hoá. Đối với các nguyên tố không bị hoặc ít bị oxy hoá thì tổn thất chính là do bay hơi, còn các nguyên tố dễ bị oxy hoá thì tổn thất chính là do oxy hoá hoàn toàn. Nguồn cung cấp oxy vào bể lò để oxy hoá: xỉ sắt trong liệu, vảy rèn, vảy cán nóng, quặng sắt đưa vào, khí lò và thổi oxy nguyên chất. Silic là nguyên tố có ái lực hoá học mạnh với oxy nên dễ bị oxy hoá (50 ÷ 70%) đôi khi bị oxy hoá 100%. Sản phẩm oxy hoá SiO₂ gặp CaO tạo nên xỉ vũng chắc ổn định trong thành phần của xỉ:



Khi nấu thép hợp kim silic (Si > 1%) thì tổn thất do oxy hoá silic là 50 ÷ 70%, thông thường khi nấu chảy xong silic chỉ còn lại vết (0,02 ÷ 0,05% Si); mangan cũng có ái lực với oxy đứng sau silic, thường tổn hao do oxy hoá mangan là 30 ÷ 50%; cacbon khi oxy hoá bị tổn thất là 10 ÷ 30%. Nếu cacbon trong liệu < 0,3% C thì tổn thất oxy hoá không lớn, có thể bù đắp thêm lượng cacbon trong kim loại do cháy hao điện cực grafit. Nếu cacbon trong liệu > 0,3 %C thì tổn hao do oxy hoá lớn hơn. Nhưng tổn thất oxy hoá của cacbon còn phụ thuộc vào hàm lượng silic trong kim loại. Hàm lượng Si cao thì sự oxy hoá của cacbon bị giảm vì ở nhiệt độ nóng chảy ái lực của Si với oxy lớn hơn cacbon. Nếu thổi oxy vào lò thì tốc độ oxy hoá cacbon tăng và phụ thuộc vào áp suất và thời gian thổi luyện. Nếu thổi oxy vào lò sớm và thổi sâu trong bể kim loại thì tốc độ oxy hoá cacbon tăng cao. Còn tổn thất do oxy hoá sắt thường đạt 3 ÷ 5%, quyết định bởi chất lượng phế thép. Nếu dùng liệu vụn như phôi tiện bào thì tổn thất > 5%, thậm chí còn cao hơn 15%. Cho nên khi chọn thành phần liệu và tính toán phối liệu để nấu thép cần chú ý đến chất lượng liệu phế.

3. Sự hấp phụ khí của kim loại lỏng

Liệu trong lò dưới tác dụng mạnh của hồ quang bị nóng chảy, phần kim loại lỏng chưa có lớp xỉ che kín thì sẽ trực tiếp hút khí từ khí lò, độ hoà tan của khí trong kim loại lỏng sẽ tăng theo nhiệt độ. Đặc biệt dưới nhiệt độ cao của hồ quang hydro (H_2) và nitơ (N_2) bị ion hoá hoà tan vào kim loại dưới dạng nguyên tử. Để giảm sự hấp phụ khí của kim loại lỏng cần tạo xỉ sớm. Ngoài ra, trong thời kỳ nấu chảy thổi oxy vào để tăng cường quá trình chảy liệu, cũng có tác dụng làm giảm hàm lượng khí trong kim loại lỏng như N_2 . Nếu không thổi oxy, kim loại nóng chảy có chứa 0,0113% [N_2], có thổi oxy thì [N_2] giảm xuống còn 0,0078%. Cuối thời kỳ nóng chảy, hàm lượng [H_2] $\approx 4 \div 7$ ml/100 g kim loại, còn [N_2] $\approx 0,006 \div 0,012\%$.

4. Quá trình tạo xỉ và khử phospho

Trong thời kỳ nấu chảy, tạo xỉ sớm có ý nghĩa quan trọng đối với việc phát hồ quang ổn định, tăng nhiệt độ kim loại, giảm sự bay hơi của các nguyên tố hợp kim, giảm hấp phụ khí của kim loại và nhất là tạo điều kiện thuận lợi cho việc khử phospho. Ở giai đoạn này, xỉ được hình thành do Si, Mn, Fe, Al bị oxy hoá thành các oxyt SiO_2 , MnO , FeO , Al_2O_3 . Với thành phần xỉ như vậy không hợp với nồi lò kiềm tính (để ăn mòn nồi lò kiềm tính), không có khả năng khử phospho. Vì vậy cần tăng lượng vôi vào lò, tăng độ bazơ của xỉ. ($1,5 \div 2\%$ so với trọng lượng mẻ nấu). Tiếp theo tăng lượng vôi lên nữa để tăng độ bazơ của xỉ đạt $2,2 \div 2,7$ ($B = \frac{CaO}{SiO_2} = 2,5$). Hệ số phân bố của phospho có lợi cho việc khử phospho:

$$L_P = \frac{(P_2O_5)}{[P]^2} = K_P \cdot (FeO)^3 \cdot (CaO)^4$$

Từ công thức này cho chúng ta thấy tính kiềm và tính oxy hoá của xỉ ảnh hưởng quyết định đến việc khử phospho. Thực nghiệm và thực tế sản xuất cho ta thấy xỉ có độ bazơ $2,3 \div 3$ và $(FeO) = 15 \div 20\%$ là khử phospho có hiệu quả nhất. Phản ứng khử phospho là phản ứng phát nhiệt, khi nhiệt độ của bể kim loại còn thấp thì hằng số cân bằng K_P đạt giá trị lớn có lợi cho phản ứng khử phospho. Vì vậy cần phải khống chế nhiệt độ kim loại trong lò sau khi chảy liệu xong đạt được giới hạn thấp cho phép và phụ thuộc vào yêu cầu của mác thép. Ví dụ: Khi nấu chảy liệu có hàm lượng cacbon thấp ($\leq 0,3\%C$) thì phải giữ nhiệt

độ kim loại 1550°C, khi nấu liệu có hàm lượng cacbon cao ($0,4 \div 1\%C$) thì nhiệt độ phải 1500°C. Khi hệ số phân bố $L_p = \text{const}$ nếu tăng lượng xỉ sẽ làm cho nguyên tố phospho trong kim loại chuyển vào xỉ tăng lên. Nhưng nếu khối lượng xỉ quá lớn, lớp xỉ dày làm xấu tính lưu động của xỉ, ngược lại ảnh hưởng rất xấu đến phản ứng khử phospho và quá trình nấu luyện. Vì vậy cần khống chế lượng xỉ $3 \div 4\%$ trọng lượng liệu nạp vào lò, đồng thời căn cứ vào phản ứng khử phospho có thể nhanh chóng đạt được cân bằng bằng cách cào xỉ $60 \div 70\%$ ra khỏi lò và tạo xỉ mới hoặc cho nghiêng lò để xỉ tự chảy ra ngoài để khử bớt phospho. Thao tác như vậy ở thời kỳ nấu chảy có thể khử được phospho $\sim 50\% [P]$ hay lớn hơn nữa (bảng II.2).

Bảng II.2. Thành phần của xỉ sau khi nấu chảy xong.

Sau khi chảy, hàm lượng C, %	Thành phần hoá học %								
	CaO	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	MnO	FeO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	$\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2 + \text{P}_2\text{O}_5}$
1,14	45,56	26,44	13,82	3,72	5,74	3,54	0,93	0,25	1,70
0,36	36,20	23,06	10,28	5,14	10,16	10,85	3,72	0,58	1,53

Theo bảng II.2, ta thấy sau khi nấu chảy xong liệu thành phần và độ kiềm của xỉ chưa đạt yêu cầu (%FeO và độ bazơ xỉ thấp) do đó hạn chế việc khử phospho. Cho nên nếu hàm lượng phospho trong kim loại còn cao, thì cần phải cào xỉ và tạo xỉ mới nhiều lần, đồng thời lợi dụng nhiệt độ bể lò còn chưa cao để tiến hành khử phospho đến giới hạn cho phép.

5. Biện pháp rút ngắn thời gian nấu chảy:

Để tăng hiệu quả sản xuất, tiết kiệm tiêu hao điện năng là phải áp dụng các biện pháp cụ thể như sau:

– Đưa công suất điện vào nấu luyện theo chế độ điện cao hoặc siêu công suất, điện áp hồ quang lớn ($U_{\text{HQ}} > 700 \text{ V}$), chùm hồ quang dài, tăng tốc độ nấu chảy liệu, giảm đáng kể thời gian nấu chảy.

Ở trong nước hiện nay nhiều nhà máy sử dụng lò điện hồ quang vẫn giữ giá trị công suất định mức bình thường để nấu thép vượt tải nhiều. Nói chung máy biến áp lò cho phép quá tải $30 \div 50\%$ công suất định mức để nấu chảy liệu trong

một thời gian cho phép ($30 \div 40$ phút), nếu kéo dài thời gian thì các dây cái dẫn điện, các cuộn dây của máy biến áp lò nóng quá, ảnh hưởng đến tuổi thọ thiết bị và xảy ra sự cố cháy hỏng hệ thống cung cấp điện vào lò. Vì vậy cần phải cách điện tốt giữa các cực, các thanh nối và giữa 3 pha. Đồng thời phải cải tạo biến áp lò thích hợp theo từng chế độ sử dụng, tăng cường làm nguội máy biến áp lò tích cực.

– Thổi oxy tăng cường chảy liệu: hiện nay đang phổ biến dùng thao tác thổi oxy để rút ngắn thời gian nấu chảy, thổi oxy còn có lợi cho việc khử khí có hại và các tạp chất phi kim, thổi oxy tăng cường sự oxy hoá kim loại và cung cấp một lượng nhiệt lớn trực tiếp tăng tốc độ nấu chảy, Thổi oxy để cắt những cục liệu có dạng công kênh và những cục liệu khác chưa chảy ở xung quanh lò làm tăng bề mặt hấp thụ nhiệt của liệu và tránh được hiện tượng bắc cầu treo liệu trong giai đoạn nấu chảy. Căn cứ vào tình hình nóng đỏ của liệu, của bể kim loại lỏng và dung lượng lò điện mà áp dụng chế độ thổi luyện cho hợp lý. Đối với lò có dung lượng < 5 tấn/mẻ thì nên thổi oxy vào với áp lực $3 \div 4$ atm, lò > 5 tấn/mẻ nên thổi oxy với áp lực $4 \div 6$ atm, còn các lò lớn ≥ 100 tấn/mẻ nên có áp suất thổi oxy là $10 \div 20$ atm.

Đối với lò nhỏ nên dùng ống kim loại có $\phi 7 \div 10$ mm thổi oxy qua cửa thao tác, còn đối với lò trung bình và lớn hơn nên dùng các vòi phun thổi từ trên nắp lò xuống hoặc thổi bên trong hông lò qua các tuye. Kết quả thổi oxy vào lò trong gian đoạn nấu chảy:

- Thời gian nóng chảy liệu giảm xuống thấp hơn $20 \div 23$ phút.
- Mỗi tấn thép tiết kiệm được $80 \div 100$ kW.h.
- Phun nhiên liệu + oxy tăng quá trình nóng chảy liệu. Sử dụng khí thiên nhiên + oxy để thổi vào lò cung cấp thêm nguồn nhiệt thứ hai để tiết kiệm điện năng.

– Trên thế giới người ta gia nhiệt cho liệu $800 \div 1000^\circ\text{C}$ sau khi nạp liệu nóng đỏ kết hợp thổi oxy ngay làm giảm thời gian nấu chảy khoảng 10%, tiêu hao điện năng giảm 15%. Khi nung liệu trước còn giảm được quá trình thủy phân dầu mỡ bẩn của liệu, có lợi cho việc giảm khí thể có hại trong kim loại lỏng và thuận lợi cho việc nấu luyện. Nếu thổi phối hợp khí thiên nhiên và oxy vào lò để rút ngắn thời gian nấu chảy $25 \div 30\%$, tiêu hao điện năng giảm $20 \div 25\%$ (lò có dung lượng 80 tấn/mẻ). Ngoài ra người ta có thể đưa $20 \div 50\%$ gang

lòng luyện thép vào lò với phế thép để nấu luyện thép, giảm thời gian nấu chảy, giảm tiêu hao điện năng rất lớn và làm đơn giản hoá quá trình nấu chảy.

1.6.2. Giai đoạn oxy hoá

Đa số lò điện kiểm tính sử dụng phương pháp oxy hoá trong quá trình nấu luyện thép. Gần đây công nghệ luyện thép luôn luôn được cải tiến: Trong thời kỳ nấu chảy đã hoàn thành một phần nhiệm vụ oxy hoá cho nên thời kỳ nấu chảy và thời kỳ oxy hoá không được phân biệt rõ ràng. Thao tác quá trình oxy hoá trong thời kỳ oxy hoá phụ thuộc vào chất lượng liệu kim loại chảy vào lò và yêu cầu của mức thép cần nấu. Hiện nay liệu kim loại cho lò điện hồ quang ở trong nước rất "tạp nham", chất lượng quá kém, gỉ nhiều nên khi nấu chảy xong hàm lượng P, S, tạp chất và các khí có hại đều cao, do đó cần phải tiến hành giai đoạn oxy hoá đầy đủ. Nếu chất lượng liệu tốt, hàm lượng P, S và các tạp chất chứa trong liệu thấp thì có thể giảm thời gian oxy hoá hoặc bỏ hoàn toàn giai đoạn oxy hoá như phương án nấu lại thép. Để tiến hành oxy hoá kim loại cần cho quặng sắt vào lò ở một nhiệt độ nhất định, các oxyt sắt Fe_2O_3 sẽ tiến hành oxy hoá sắt thấp (FeO), tăng nồng độ FeO lên cung cấp gián tiếp cho bể kim loại. Ưu điểm của phương pháp này là tạo ra nồng độ FeO cao, tức là khả năng oxy hoá của xỉ lớn. Nhưng do quặng sắt bị phân ly kèm theo thu nhiệt, hạ thấp nhiệt độ của kim loại trong lò, tốc độ khử cacbon chậm, kéo dài thời gian oxy hoá, hơn nữa quặng sắt còn mang theo khí có hại và các tạp chất vào bể kim loại lỏng. Dùng oxy thổi vào bể kim loại, tốc độ khử cacbon nhanh, tạo điều kiện khử khí có hại và các tạp chất phi kim, do đó rút ngắn thời gian oxy hoá và giảm tiêu tốn điện năng đáng kể. Nhưng thổi oxy trực tiếp vào lò thì thu được nồng độ (FeO) trong xỉ thấp, nhiệt độ của kim loại lại tăng nhanh nên không thuận lợi cho việc khử phospho. Vì vậy hiện nay ở các nhà máy trong nước người ta thực hiện thao tác oxy hoá tổng hợp: đầu tiên sử dụng quặng sắt cho vào lò, tăng tốc độ khử phospho; khi đạt được hàm lượng phospho thấp thì tiến hành thổi oxy vào bể kim loại để tăng nhanh tốc độ oxy hoá cacbon và tăng nhiệt độ cho kim loại. Nhiệm vụ chính của giai đoạn oxy hoá là khử phospho một lần nữa, khử hết các khí thể và các tạp chất trong kim loại; sau đó tiến hành khử cacbon đến giới hạn cho phép. Thông thường khi nấu thép trong lò điện hồ quang, do điện cực grafit bị cháy mòn và do cacbon trong xỉ được hoàn nguyên vào kim loại lỏng (nhất là ở giai đoạn hoàn nguyên) cho nên hàm lượng cacbon

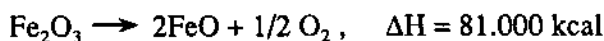
trong kim loại tăng lên quá mức yêu cầu, vì vậy nhiệm vụ của giai đoạn oxy hoá là giảm hàm lượng cacbon thấp hơn giới hạn của mác thép. Ví dụ khi nấu luyện thép cacbon cao ($C = 0,95 \div 1,1\%$ thì sau khi oxy hoá xong cacbon trong kim loại chỉ còn $0,80 \div 0,75\%C$, nghĩa là thấp hơn giới hạn mác thép $0,15 \div 0,20\%C$, hoặc khi nấu thép hợp kim không gỉ $0,03\%C$, sau khi oxy hoá xong, kim loại lỏng chỉ còn $0,015\%C$ để đảm bảo trong giai đoạn hoàn nguyên + hợp kim hoá hàm lượng cacbon trong thép không vượt quá yêu cầu (tăng cacbon do điện cực bị cháy, do xỉ có độ bazơ cao và do các loại ferro hợp kim mang vào).

1. Oxy hoá phospho: Hàm lượng P chứa trong liệu phần lớn được khử trong giai đoạn nấu chảy. Nếu P trong liệu quá cao, hoặc nấu mẻ thép yêu cầu %P thấp thì ở giai đoạn oxy hoá phải tiến hành khử tiếp phospho đến giới hạn theo yêu cầu của mác thép.

Để tăng cường việc khử phospho và rút ngắn thời gian nấu luyện, ở Pháp người ta đã áp dụng phương pháp thổi hỗn hợp các chất tạo xỉ và các chất phản ứng vào bể kim loại lỏng (3 tấn/mẻ) ở đầu thời kỳ oxy hoá. Thành phần hỗn hợp: bột vôi 20 kg/tấn, huỳnh thạch 6 kg/tấn và $3 \div 5$ kg/tấn bột quặng sắt hoặc vảy cán (độ hạt $0,2 \div 2$ mm) và sử dụng oxy làm khí vận chuyển hỗn hợp vào lò với áp suất thổi $6 \div 8$ kg/cm² trong thời gian 8 phút, tiêu tốn oxy là 4 m³/tấn. Hiệu quả là khử được phospho $80 \div 90\%$, rút ngắn được thời gian 30 phút, hơn nữa cùng với việc khử phospho còn khử được một phần lưu huỳnh, không ảnh hưởng đến việc khử cacbon và nâng nhiệt độ của kim loại. Về sau này phương pháp thổi hỗn hợp chất phản ứng vào lò trong giai đoạn hoàn nguyên + hợp kim hoá thép để khử cacbon, khử oxy và lưu huỳnh, khử khí có hại và đồng thời hợp kim hoá thép bằng cách phun bột các loại ferro hợp kim. Hỗn hợp gồm vôi bột, bột than, bột đất đèn (CaC_2) và bột Si-Ca và sử dụng khí argon để phun bột vào lò.

2. Khử cacbon: khử cacbon là động lực làm cho bể kim loại sôi và tạo điều kiện thuận lợi để khử khí thể, tạp chất phi kim tốt nhất, cải thiện việc trao đổi chất và trao đổi nhiệt trong kim loại, làm cho kim loại đồng đều thành phần và nhiệt độ. Cho nên thao tác khử cacbon là biện pháp chính tinh luyện oxy hoá, nó quyết định mức độ lớn về chất lượng và sản lượng thép sản xuất.

Khi cho quặng sắt vào lò sẽ có phản ứng phân giải như sau:



Phản ứng oxy hoá cacbon hay là phản ứng khử C:



Hai phản ứng trên đều thu nhiệt, vì vậy trong sản xuất quy định chỉ dùng quặng sắt để khử cacbon khi nhiệt độ bể luyện đạt $t_b > 1480 + 1520^\circ\text{C}$.

Ví dụ cách tính toán đối với lò 10 tấn/mẻ.

Khi nấu chảy xong, hàm lượng cacbon là 1,1%C, cho một đợt quặng sắt vào lò để khử 0,1%C thì lượng cacbon được khử là $10.000 \text{ kg} \times 0,1\% = 10 \text{ kg}$.

Giả sử hàm lượng Fe_2O_3 trong quặng là 80% thì lượng quặng sắt cần phải cho vào ~ 100 kg. Sau khi cho vào lò quặng sắt bị phân giải.



Vậy lượng nhiệt cần để phân giải 100 kg quặng:

$$q_1 = \frac{81.000}{56 \cdot 2 + 16 \cdot 3} \cdot 100 \cdot 80\% = 4,05 \cdot 10^4 \text{ kcal}$$

Tổng lượng nhiệt cần để cung cấp cho quá trình oxy hoá cacbon:

$$Q_{hf} = q_1 + q_2 = 4,05 \cdot 10^4 + 1,958 \cdot 10^4 = 6,008 \cdot 10^4 \text{ kcal}$$

Vì vậy cho quặng vào lò là giảm nhiệt độ của kim loại:

$$\Delta t = \frac{Q_{hf}}{g_{kl} \cdot C} = \frac{6,008 \cdot 10^4}{10.000 \cdot 0,2} = 30^\circ\text{C}$$

ở đây: g_{kl} : trọng lượng kim loại trong lò, kg.

C: nhiệt dung trung bình của kim loại kcal/kg. $^\circ\text{C}$ thường

$C = 0,2 \text{ kcal/kg.}^\circ\text{C}$.

Tính toán trên chưa kể đến lượng nhiệt do hồ quang cung cấp cho bể luyện.

Thường lò hồ quang 10 tấn/mẻ có dung lượng biến áp lò là 5.000 kVA. Vậy năng lượng do hồ quang: $P_{HQ} = P_{dm} \cdot \cos\varphi \cdot \eta_d = 5000 \times 0,85 \times 0,9 = 3825 \text{ kW}$.

Sau khi cho quặng khoảng 5 phút, lượng nhiệt do hồ quang cung cấp:

$$Q_{HQ} = P_{HQ} \cdot \frac{5}{60} \cdot \eta_t \cdot 860 = 3825 \cdot \frac{5}{60} \cdot 0,55 \cdot 860 = 15 \cdot 10^4 \text{ kcal}$$

ở đây: η_t : hiệu suất nhiệt, lấy 55%;

860 kcal: nhiệt lượng do tiêu tốn 1 kW.h/tấn thép, tức là

1 kWh/tấn = 860 kcal.

Vì vậy quy định khi cho quặng sắt vào lò thì nhiệt độ của kim loại lỏng

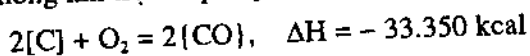
phải cao hơn đường lỏng $\approx 50^{\circ}\text{C}$ trở lên, Sau 5 phút cho quặng ta có:

$$Q_{\text{HQ}} > Q_{\text{hấp phụ}} \text{ tức } 15.10^4 \text{ kcal} > 5,008.10^4 \text{ kcal.}$$

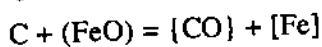
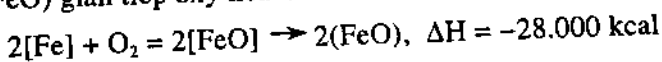
Khi bể kim loại tăng nhiệt độ lên thì cho quặng vào đợt sau. Như vậy mới thuận lợi cho phản ứng cacbon tiếp tục thực hiện. Vậy thao tác khử cacbon bằng quặng sắt rất lâu (phải cho nhiều quặng, nhiều đợt vào lò).

Khi thổi oxy vào lò, cacbon bị khử:

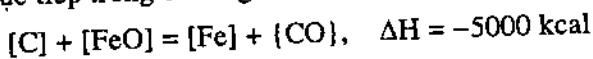
- Do oxy của không khí trực tiếp oxy hoá C



- Bị oxyt sắt (FeO) gián tiếp oxy hoá C



- Bị oxy hoá trực tiếp trong bể lỏng kim loại



Các phản ứng trên đều là phản ứng phát nhiệt nên khi thổi oxy để khử cacbon làm cho nhiệt độ của bể luyện tăng nhanh. Khi oxy hoá 0,1% C có thể tăng nhiệt độ bể kim loại lên 10°C . Như vậy khi thổi oxy vào lò thì tốc độ khử cacbon tăng rất nhanh mặc dầu hàm lượng cacbon trong kim loại $< 0,20\%$ C, điều này có ý nghĩa rất lớn với việc nấu luyện thép cacbon thấp.

Khi tốc độ khử cacbon $> 0,35\%$ C/h trong thời kỳ oxy hoá ở lò điện hồ quang $10 \div 15$ tấn/mẻ thì lượng khí thể bị khử nhiều hơn lượng khí bị hút vào. Khi sử dụng quặng sắt vào để oxy hoá kim loại cần lưu ý một số vấn đề sau:

- Khử phospho triệt để, oxy hoá các tạp chất tốt.
- Tốc độ oxy hoá cacbon là $0,01 \div 0,006\%$ C/ph.
- Tăng lượng xỉ, tăng cường độ lao động của công nhân nấu luyện.
- Thời gian oxy hoá lâu (do đưa quặng vào lò nhiều lần).
- Tăng nhiệt độ kim loại chậm $5 \div 6^{\circ}\text{C/ph}$.

Còn khi thổi oxy vào bể kim loại để oxy hoá:

- Tăng tốc độ oxy hoá các nguyên tố, đặc biệt tốc độ oxy hoá cacbon lớn: $V_c = 0,04 \div 0,08\%$ C/ph, do đó sôi kim loại mãnh liệt, khuấy trộn kim loại rất tốt, giảm thấp lượng khí thể và các tạp chất, tăng chất lượng kim loại.

- Nhiệt độ kim loại lỏng trong lò tăng nhanh $30 \div 50^{\circ}\text{C/ph}$.

- Năng suất lò tăng $20 \div 30\%$, thu hồi thép cao $\approx 96\%$.
- Tiết kiệm điện năng $20 \div 25 \text{ kW.h/tấn}$.
- Khử phospho không thực hiện được vì nhiệt độ kim loại tăng quá nhanh.
- Vấn đề cần phải bảo đảm an toàn, có thể khi thổi oxy vào kim loại lỏng, bị tắc ống dẫn nên dễ bị nổ, đặc biệt dễ bị phun bắn xỉ và kim loại lỏng ra ngoài.

Hiện nay người ta hay sử dụng phương pháp oxy hoá phối hợp giữa quặng sắt và oxy.

Lúc đầu tiến hành cho một phần quặng sắt để khử phospho đến giới hạn cho phép, sau đó thổi oxy vào lò để tăng nhanh tốc độ oxy hoá cacbon. Nói tóm lại cần phải căn cứ vào thành phần cacbon trong kim loại sau khi nấu chảy liệu xong, hàm lượng phospho của mác thép yêu cầu và nhiệt độ của bể luyện để quyết định lượng quặng sắt cho vào và thời gian tiến hành thổi oxy. Cho vôi + quặng sắt vào đầu giai đoạn oxy hoá, mỗi đợt cho 2% quặng sắt, đợt cuối cùng không quá 1% quặng sắt (so với trọng lượng mẻ liệu nạp vào). Khi hàm lượng phospho $[\%P] < 0,015\%$ thì bắt đầu thổi oxy vào lò.

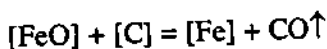
Tính lượng quặng sắt cho vào lò như sau:

$$Q_{\text{quặng}} = 0,56. [\Delta C] + 0,54. [\Delta P] + 0,124. [\Delta Mn] + 0,446 [\Delta Si] + \\ + \text{lượng xỉ} \times 0,74\% (\text{FeO}), \text{ kg/tấn.}$$

ở đây ΔC , ΔP , ΔMn , ΔSi là những nguyên tố C, P, Mn, Si cần phải khử (oxy hoá), kg/tấn thép.

Còn các hệ số 0,56; 0,64; 0,124 và 0,446 là lượng quặng sắt cần đưa vào để khử 0,1 kg nguyên tố tương ứng.

Phản ứng khử C:



Cứ oxy hoá 0,10 kg cacbon thì cần x lượng oxy:

$$x = \frac{16 \times 0,1}{12} = 0,133 \text{ kg}$$

Giả thiết Fe_2O_3 trong quặng là 80%, tính ra tương đương là 24% oxy. Vậy oxy hoá 0,1 kg cacbon cần đưa quặng sắt vào $\frac{0,133}{0,24} = 0,56 \text{ kg quặng sắt}$.

Các hệ số khác cũng tính tương tự như hệ số 0,56 của cacbon cần khử.

Ngoài ra lượng quặng sắt cho vào lò còn liên quan đến độ sệt của xỉ, độ kiềm của xỉ và mức thép. Nếu độ sệt, độ kiềm của xỉ cao và hàm lượng cacbon trong kim loại thấp thì lượng quặng cho vào lò phải tăng lên, cụ thể:

Hàm lượng cacbon trong kim loại %	Lượng quặng cho vào lò kg/tấn kim loại
> 0,30	0,7 ÷ 0,8
0,20	1,0
0,10	1,6
0,08	1,8
0,06	2,7
0,04	5,8
0,02	22,0

Tiến hành thổi oxy vào lò từ nắp lò xuống bể kim loại hoặc từ cửa thao tác, phần lớn dùng phương pháp thổi qua cửa thao tác (đối với lò nhỏ và trung bình), sử dụng ống kim loại có đường kính trong 12 ÷ 20 mm (trát một lớp bột chịu lửa bao bọc xung quanh ống thổi) với áp suất thổi 4 ÷ 12 atm (theo dung lượng lò).

1.6.3. Giai đoạn hoàn nguyên và hợp kim hoá thép

Nhiệm vụ chính của thời kỳ hoàn nguyên là khử oxy [O] và lưu huỳnh [S] trong thép triệt để, cuối cùng là hợp kim hoá thép, điều chỉnh thành phần và nhiệt độ của thép, sau đó tháo thép lỏng vào thùng rót và tiến hành khử oxy cuối cùng (nếu mức thép yêu cầu) rồi rót vào khuôn đúc để đúc thỏi, hay đúc sản phẩm hoặc tiến hành công đoạn đúc thép liên tục trên máy đúc 2 ÷ 8 dòng.

1. Khử oxy: Trong quá trình nấu luyện oxy tồn tại trong thép lỏng dưới dạng [FeO]. Trong giai đoạn oxy hoá hàm lượng [FeO] có tác dụng quyết định quá trình oxy hoá khử. Nhưng với thép thành phẩm thì [FeO] có hại rất lớn là giảm chất lượng thép, do đó trong giai đoạn hoàn nguyên phải giảm hàm lượng oxy [FeO] tới mức thấp nhất. Khi nấu luyện thép trong lò hồ quang ở thời kỳ oxy hoá, oxy hoà tan vào kim loại lỏng 0,02 ÷ 0,06% nhưng khi đúc thỏi oxy hoà tan vào 0,003 ÷ 0,01%. Khi kết tinh trong khuôn nhiệt độ kim loại giảm nhanh oxy từ dạng [FeO] tiết ra làm tăng oxy trong phần thép còn lỏng, làm mất

cân bằng $O_2 - C$, do đó sinh ra phản ứng oxy hoá lại cacbon, tạo nên khí CO bay lên, dẫn tới thép thời bị rỗ cho nên khi cán thép bị giòn và bị nứt.

– Khi đông đặc $[FeO]$ cùng tích với $[FeS]$, làm dung điểm chảy chỉ là $910^\circ C$, thấp hơn cùng tích của $[Fe]$ và $[FeS]$ ($985^\circ C$). Cùng tích $[FeO]$ với $[FeS]$ tạo thành màng mỏng nằm ở biên giới hạt tinh thể. Khi nung lên để cán ra thành phẩm thì phôi bị nứt không dùng được.

– $[FeO]$ phản ứng với các nguyên tố hợp kim như Al, Ti, Si, Mn tạo ra các sản phẩm oxyt (gọi là tạp chất phi kim) nằm lại trong thép lỏng, làm giảm tính chất cơ học của thép, chất lượng thép rất thấp nên ít hoặc không sử dụng, lãng phí rất lớn cho sản xuất. Vì vậy cần phải tiến hành khử oxy thật triệt để đồng thời khử các tạp chất phi kim đến giới hạn tối đa cho phép.

Các phương pháp khử oxy trong thép lỏng.

Thường có ba phương pháp khử oxy: khử lắng, khử khuếch tán và khử tổng hợp.

* Phương pháp khử lắng (chìm) được sử dụng nhiều trong quá trình sản xuất thép lò điện. Thường cho các loại $FeMn_{75}$ và $FeSi_{75}$ vào thép lỏng để khử oxy bước đầu (khử sơ bộ) sau đó dùng nhôm cục cho vào lò trước lúc ra thép $\approx 5 \div 6$ phút để khử oxy triệt để (khử kết thúc). Sau khi khử oxy bằng các chất khử kim loại này thì tạo ra các oxyt kim loại có tỷ trọng nhỏ, nhẹ, nhiệt độ chảy của chúng lại thấp hơn so với nhiệt độ thép lỏng nên dễ dàng nổi lên xỉ. Các chất khử trực tiếp phản ứng với oxy $[O]$ trong kim loại lỏng cho nên tốc độ khử nhanh, thao tác đơn giản, nhưng đôi khi có một số oxyt không nổi lên được và nằm lại trong thép làm ảnh hưởng đến chất lượng thép. Thao tác tiến hành khử oxy, sau khi cào hết xỉ oxy hoá tiếp theo cho các cục ferro mangan và ferro silic ($FeSi_{75}$, $FeMn_{75}$) với số lượng đã tính toán trước theo tỷ lệ $Mn/Si = 4 \div 7$. Với tỷ lệ này cho phép khử oxy triệt để và khử các tạp chất oxyt phi kim trong thép được mỹ mãn nhất. Khử oxy lần cuối được thực hiện trong lò điện vào thời gian ~ 5 phút trước khi rót thép vào thùng rót, hoặc có thể khử oxy trong thép ở thùng rót bằng nhôm cục, hoặc Si-Ca hay FeTi. Những kim loại, hợp kim này ngoài nhiệm vụ khử oxy triệt để còn làm hạn chế nitơ (N_2) hoà tan vào thép lỏng và làm hạt tinh thể nhỏ mịn khi kết tinh trong khuôn.

Kết quả về việc khử oxy trong thép phụ thuộc vào tỷ lệ Mn/Si và thứ tự cho vào lò hai loại $FeMn_{75}$ và $FeSi_{75}$ (xem bảng II.3 và II.4).

Bảng II.3. Ảnh hưởng tỷ lệ Mn/Si đến hàm lượng tạp chất trong thép lỏng

Tỷ lệ Mn/Si	3,5	4,5	6,0	7,0
Tổng tạp chất oxyt, %	0,0172	0,0146	0,0119	0,0116

Bảng II.4. Ảnh hưởng thứ tự cho ferro hợp kim tới lượng tạp chất oxyt

Thao tác cho chất khử vào lò	Thành phần tạp chất %			Tổng lượng tạp chất, %
	SiO ₂	FeO	MnO	
- Cho FeMn trước, FeSi sau	37,20	7,55	55,25	0,0149
- Cho FeSi trước, FeMn sau	54,16	16,76	29,05	0,0268

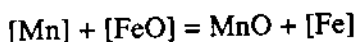
Qua hai bảng trên chúng ta thấy hàm lượng tạp chất phi kim thay đổi rất lớn khi thay đổi tỷ lệ Mn/Si và thứ tự cho ferro mangan + ferro silic vào thép lỏng.

Ở bảng II.3, cho chúng ta thấy rõ tỷ lệ Mn/Si = 4 ÷ 7 là tỷ lệ thích đáng và hợp lý để khử oxy và tạp chất phi kim trong thép tốt nhất.

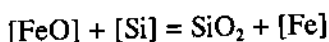
– Nếu tỷ lệ Mn/Si < 4 thì tổng lượng tạp chất còn lại trong thép lớn 0,0172 + 0,0185%, có nghĩa là với tỷ lệ như trên, hàm lượng SiO₂ trong thép cao, còn hàm lượng MnO trong thép thấp, Đặc biệt ở nhiệt độ 1600°C của mác thép nấu hàm lượng SiO₂ vẫn còn ở thể rắn, kích thước lại bé cho nên dễ có khả năng nằm y lại trong thép lỏng ($\sigma_{\text{SiO}_2} = 240 \text{ dyn/cm}^2$), do đó tăng thêm hàm lượng tạp chất SiO₂ trong thép.

– Nếu tỷ lệ Mn/Si > 7 thì có khả năng tạo nhiều MnO còn lượng SiO₂ rất ít, do đó sau khi khử oxy xong, trong thép lỏng còn quá dư MnO mà MnO ở t > 1550°C lại bị phân ly thành [Mn] + [O]; [Mn] hoà tan trong thép. Còn oxy kết hợp với cacbon tạo thành khí CO↑ do đó hàm lượng Mn trong thép vượt quá giới hạn cho phép, còn C lại giảm quá giới hạn của mác thép. Mặt khác khả năng khử oxy của mangan yếu nên hàm lượng oxy trong thép vẫn cao, không được khử triệt để nên chất lượng thép lại càng kém.

Ở bảng II.4, cho chúng ta thấy rất rõ khi cho FeSi₇₅ trước, sau đó cho FeMn₇₅ là một thao tác khử không hợp lý vì Si là một nguyên tố có ái lực rất mạnh với oxy nên tạo ra nhiều sản phẩm SiO₂ (>54%), sản phẩm này khó nổi lên xỉ trong giai đoạn hoàn nguyên nên tổng lượng tạp chất cao trong thép lỏng, ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng thép. Còn khi cho FeMn₇₅ vào trước, ferro silic vào sau thì xảy ra các phản ứng khử theo thứ tự:



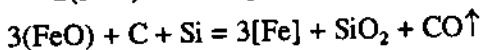
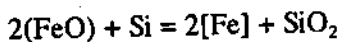
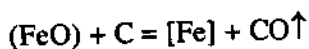
Một thời gian sau cho FeSi_{75} vào kim loại lỏng thì tạo ra sản phẩm khử SiO_2 :



Sản phẩm khử MnO và SiO_2 kết hợp với nhau tạo thành MnO.SiO_2 , đây là một tạp chất oxyt bền, nhẹ lại ở trạng thái lỏng trong kim loại nên dễ dàng nổi lên xỉ hoàn toàn, do đó tổng lượng tạp chất rất thấp trong thép (0,0149%).

* Phương pháp khử khuếch tán: Khử oxy theo phương pháp khuếch tán là dùng chất khử ở dạng bột như bột FeSi_{75} , bột than, bột SiCa v.v. để khử oxy trong xỉ, phá vỡ sự cân bằng phân bố hàm lượng oxy giữa xỉ và kim loại, làm cho oxy trong bể kim loại luôn luôn khuếch tán vào bể xỉ. Phương pháp này vừa đạt được mục đích khử oxy theo yêu cầu của mác thép đồng thời vừa tránh được các oxyt nằm lại trong thép. Đây là một phương pháp khử oxy và lưu huỳnh triệt để và chỉ thực hiện duy nhất được ở trong lò điện hồ quang.

Căn cứ vào nguyên vật liệu tạo xỉ và chất khử oxy khác nhau mà phương pháp này có thể được phân ra phương pháp xỉ trắng và phương pháp xỉ cacbit. Tiến hành khử oxy dưới dạng xỉ trắng: Sau khi cào xỉ oxy hoá, tạo xỉ mới (vôi + huỳnh thạch). Khi hình thành lớp xỉ mỏng thì chất vào $1,5 \div 2$ kg/tấn than và bột FeSi_{75} với số lượng $3 \div 5$ kg/tấn (hai thứ bột than + bột FeSi_{75} được trộn đều trước lúc cho vào lò). Cho hỗn hợp trên vào lò khoảng $3 \div 4$ lần, mỗi lần cho phải rải đều trên mặt xỉ và bịt kín các khe hở của lò lại. Trong lò xảy ra các phản ứng khử:



Chờ cho xỉ có màu xám trắng, sau $5 \div 10$ phút đảo khuấy kim loại + xỉ trong lò, tiếp theo cho tiếp đợt chất khử khác vào lò. Xem xét kỹ tình hình bể kim loại và điều chỉnh % CaO và độ loãng của xỉ cho thích hợp.

Khi cho hết đợt chất khử cuối cùng thì thấy xỉ có màu trắng, lấy xỉ cho vào nước bị rã vụn ra. Lúc này (FeO) trong xỉ có thể bằng 1% hay nhỏ hơn thì kết thúc giai đoạn khử oxy (xem bảng II.5).

– Khử oxy dưới dạng xỉ cacbit: Phương pháp này chủ yếu dùng bột than để khử oxy cho thép cacbon chất lượng, thép hợp kim có hàm lượng cacbon cao và

trung bình. Hỗn hợp chất khử như sau:

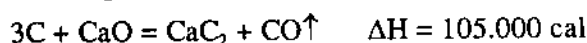
Đợt 1: $\text{CaO} : \text{CaF}_2 : \text{bột cok} = 4 : 1 : 1$

Tổng lượng hỗn hợp là $3 + 5\%$ trọng lượng mẻ nấu, trong đó bột than chiếm 2 kg/tấn.

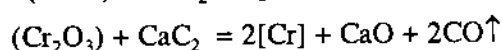
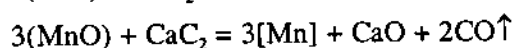
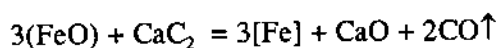
Đợt 2: Sau khi tiến hành khử oxy xong đợt 1 cần tiếp cho hỗn hợp vào đợt 2 ($2 + 3\%$ lượng mẻ nấu).

$\text{CaO} : \text{CaF}_2 : \text{bột cok (bột cok } 3 + 5 \text{ kg/tấn)} = 3 : 1 : 1,5$

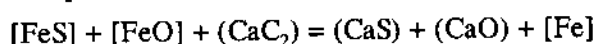
Sử dụng điện áp cấp trung bình, dòng điện hồ quang lớn, do đó xảy ra phản ứng tạo cacbit canxi (CaC_2) ở dưới 3 điện cực.



Để đảm bảo hàm lượng CaC_2 trong xỉ cao cần phải bịt thật kín các khe hở của lò nhất là trên 3 lỗ của 3 điện cực. Nếu CaC_2 gặp không khí thì tạo ra khí axetylen có mùi thơm. Cacbit canxi nóng chảy và khuếch tán vào xỉ để khử oxy rất mạnh:



Song song với quá trình khử oxy thì tiến hành khử cả lưu huỳnh:



Khi các phản ứng trên xảy ra thì sau $5 + 10$ phút xuất hiện khói đen ra ở cửa lò và nắp lò, sau $30 + 45$ phút thì xuất hiện màu trắng, lúc đó là lúc kết thúc quá trình khử oxy và lưu huỳnh. Thời gian tiến hành khử kéo dài trong khoảng $45 + 60$ phút hoặc lớn hơn phụ thuộc vào dung lượng lò, kỹ thuật công nghệ nấu luyện và yêu cầu của mác thép. Để rút ngắn thời gian khử, hiện nay đa số các nhà máy áp dụng khí Ar + bột CaC_2 thổi vào lò trong thời gian $10 + 15$ phút. Thành phần của xỉ được nêu ở bảng II.5.

Bảng II.5. Thành phần hoá học và độ bazơ của các loại xỉ

Loại xỉ	Thành phần hoá học của xỉ, %									Độ bazơ xỉ, B
	CaO	SiO_2	MgO	FeO	MnO	CaF_2	CaS	Al_2O_3	CaC_2	
Xỉ trắng	50÷60	10÷12	6÷10	1,0	0,4	5÷10	1,5	1,5÷3	0	3,5÷4
Xỉ cacbit	55÷65	8÷10	8÷10	≤ 0,5	< 0,2	8÷12	1,5÷2,5	2÷3	2÷4	4÷4,5

Khi ứng dụng phương pháp khử oxy trong kim loại lỏng bằng xỉ trắng và xỉ cacbit cần phải căn cứ vào hàm lượng cacbon và silic trong thép thành phẩm vì có khả năng tăng hàm lượng C, Si trong thép sau khi khử xong.

– Khi dùng phương pháp xỉ trắng: Si tăng vào thép $0,05 \div 0,15\%$

C tăng vào thép $0,02 \div 0,04\%$ C/h

– Khi dùng phương pháp xỉ cacbit thì hàm lượng C tăng vào thép rất lớn, có khi lên tới $0,10 \div 0,15\%$ C/h. Do đó không nên sử dụng phương pháp khử khuếch tán để nấu luyện các mác thép cacbon rất thấp như thép không gỉ $0,03\%$ C, thép biến thể $0,02 \div 0,01\%$ C.

* Khử oxy bằng phương pháp tổng hợp: Để khắc phục nhược điểm của hai phương pháp trên người ta hay sử dụng phương pháp khử oxy tổng hợp, vừa khử được oxy triệt để, rút ngắn thời gian khử, vừa tạo điều kiện tách tạp chất phi kim ra khỏi kim loại và nổi lên xỉ làm cho kim loại rất sạch, không bị bắn do các tạp chất phi kim lẫn vào.

Thao tác tiến hành khử: sau khi cào hết xỉ oxy hoá, lần lượt cho FeMn_{75} , FeSi_{75} , Al, Si-Mn, Si-Ca... nghĩa là vừa khử oxy trên xỉ vừa khử oxy trong kim loại lỏng. Hỗn hợp $\text{FeMn}_{75} + \text{FeSi}_{75}$ được cho vào trong bể kim loại lỏng để thực hiện khử oxy trong đó, còn Si-Mn ở dạng bột cho vào trong xỉ để thực hiện khử oxy trong xỉ. Trước lúc tháo thép ≈ 5 phút cho thanh nhôm nhúng sâu vào bể kim loại để thực hiện khử oxy cuối cùng trong thép ở trong lò điện. Lượng nhôm được đưa vào khử phụ thuộc %C trong kim loại và mác thép yêu cầu.

Lượng nhôm được sử dụng khi nấu luyện thép cacbon thấp là $0,8 \div 1,5$ kg Al/tấn, thép cacbon trung bình là $0,5 \div 0,8$ kg Al/tấn và thép cacbon cao là $0,3 \div 0,5$ kg Al/tấn.

Còn bột hoặc cục Si-Ca cho vào thùng rót trước lúc tháo thép. Lượng silico canxi (Si-Ca) thường $0,5 \div 1$ kg/tấn thép. Đặc biệt khi nấu luyện thép biến thể có hàm lượng C rất thấp ($0,02\%$ C), hàm lượng silic cao $1 \div 4\%$. Cho nên chỉ cho Al vào lò (hoặc thùng rót) với lượng $\sim 0,2$ kg/tấn. Nếu lượng nhôm cao hơn thì ảnh hưởng đến tổ chức độ hạt tinh thể và tính nhiễm từ của thép.

Còn khi nấu luyện thép ổ bi (mác IIIX15 của Liên Xô cũ) thì cần phải khử oxy triệt để hơn do đó dùng lượng nhôm $1 \div 1,5$ kg Al/tấn thép.

Nói tóm lại dùng phương pháp khử oxy tổng hợp có những kết quả:

- Khử oxy trong kim loại và xỉ triệt để.
- Khử lưu huỳnh tương đối tốt.
- Khử được tạp chất phi kim nhiều trong thép.

Ngoài Al và Si-Ca ra, khử oxy cuối cùng của một số mác thép đặc biệt còn sử dụng FeTi, TiO_2 và TiN để khử oxy và S triệt để, còn làm cho tính thể của thép nhỏ mịn. Dùng silico canxi (Si-Ca) để khử oxy cuối cùng trong thép có thể tăng tính dai va đập, giảm tạp chất oxyt Al_2O_3 ở dạng xích. Ngoài ra còn tăng được tính lưu động của thép, chất lượng bề mặt của thỏi đúc hoặc sản phẩm đúc cũng được cải thiện. Sau khi khử oxy cuối cùng theo phương pháp tổng hợp, hàm lượng oxy [%O] trong thép rất thấp.

$$[\%O]_{\text{cuối}} = 0,002 \div 0,003\%$$

2. Khử lưu huỳnh [S]: Trong thời kỳ hoàn nguyên khi tiến hành khử oxy cũng đồng thời là khử lưu huỳnh, vì ở thời kỳ này nhiệt độ của kim loại lỏng cao ổn định ($t \geq 1600^\circ\text{C}$). Do khử oxy triệt để nên hàm lượng [FeO] trong kim loại và (FeO) trong xỉ đạt được rất thấp ($< 1\%$ FeO) độ kiềm của xỉ rất cao ($B = 4 \div 4,5$), đó là những điều kiện thuận lợi cho việc khử [S]. Do đó khi luyện thép trong lò điện hồ quang bazơ có giai đoạn hoàn nguyên là một thời kỳ thuận lợi nhất để khử lưu huỳnh tới giới hạn thấp nhất.

– Hàm lượng (FeO) trong xỉ ảnh hưởng rất lớn đến hệ số phân bố giữa lưu huỳnh vào xỉ và lưu huỳnh trong kim loại: $L_S = (S)/[S]$ được nêu trên hình II.2 và II.3.

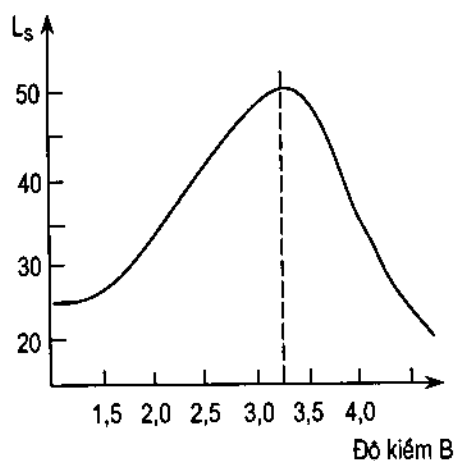
Trong thời kỳ hoàn nguyên ở lò điện hồ quang có hàm lượng (FeO) trong xỉ rất thấp $0,5 \div 1\%$ (FeO), độ bazơ cao, linh động tính của xỉ tốt, xỉ dưới tác động của chùm hồ quang có tính dẫn điện, dẫn nhiệt tốt nên quá trình khử lưu huỳnh nhanh và triệt để. Quan hệ giữa hàm lượng lưu huỳnh ở trong thép lỏng và lượng xỉ được nêu trên hình II.2, II.3 và theo công thức sau:

$$[S] = \frac{S_1}{1 + L_S \cdot \frac{g_{x1}}{100}}, \% \quad (\text{II.2})$$

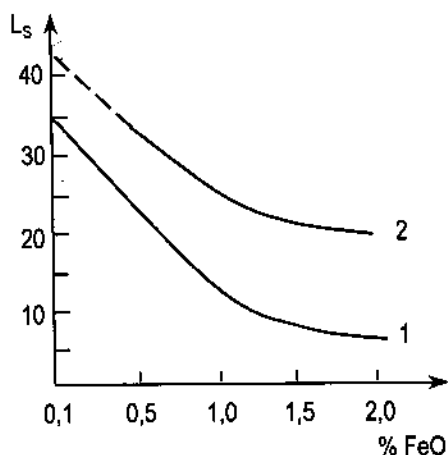
trong đó: S_1 - hàm lượng S có trong liệu kim loại, %;

g_{x1} - lượng xỉ được tính bằng % lượng liệu nạp vào lò;

L_S - hệ số phân bố của lưu huỳnh.



Hình II.2. Quan hệ L_s và độ kiềm của xỉ B.



Hình II.3. Ảnh hưởng của hàm lượng (FeO) đến L_s :
1- khi độ kiềm B = 1,75;
2- khi độ kiềm B = 3,5.

Kết luận:

– Muốn tiến hành khử lưu huỳnh tốt, trước tiên phải khử oxy tới hàm lượng thấp nhất. Phản ứng khử oxy và phản ứng khử lưu huỳnh trong kim loại xảy ra đồng thời với nhau.

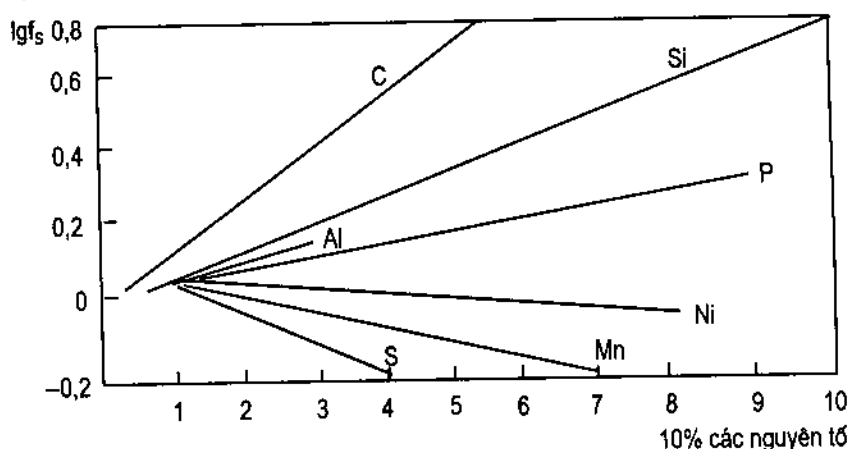
– Qua công thức (II.2) chúng ta thấy muốn giảm thấp hàm lượng lưu huỳnh trong thép thành phẩm cần phải chọn liệu kim loại ít lưu huỳnh, tạo xỉ phải có độ bazơ cao ($B \geq 3$), hàm lượng (FeO) trong xỉ phải đạt $(\text{FeO}) = 0,1 \div 1\%$. Đặc biệt lượng xỉ được tạo ra có độ dày tốt. Nhưng xỉ có độ dày lớn thì tổn hao điện năng nhiều, phản ứng khử lưu huỳnh xảy ra không mạnh vì vậy cần phải tính toán và chọn suất lượng xỉ có độ dày thích hợp.

Thông thường đối với lò điện hồ quang có dung lượng < 5 tấn thì suất lượng xỉ $3 \div 5\%$ so với trọng lượng mẻ nấu, còn lò > 5 tấn/mẻ thì lượng xỉ không chế trong khoảng $2 \div 3\%$ lượng kim loại. Nếu trong liệu nấu có chứa hàm lượng S quá cao thì phải thao tác đối xỉ nhiều lần, không nên chỉ dựa vào suất lượng xỉ. Nguyên tố lưu huỳnh và oxy cùng nhóm trong bảng tuần hoàn, chúng có nhiều tính tương đồng, những nguyên tố có ái lực mạnh với oxy cũng có ái lực mạnh với lưu huỳnh. Do đó đồng thời khử oxy còn có cả khử lưu huỳnh trong kim loại lỏng.

Theo thực nghiệm khi kim loại ở $t = 1520 \div 1600^\circ\text{C}$ thì $[S]$ và $[C]$ đạt được cân bằng $[S].[C] = 0,011$ và ở nhiệt độ $t = 1600^\circ\text{C}$ thì đạt được cân bằng:

$$[O] \cdot [C] = 0,0025 \text{ và } [\%S] / [\%O] = 4.$$

Thực tế sản xuất khẳng định rằng, khi khử oxy tất nhiên đồng thời khử cả lưu huỳnh trong thép ở giai đoạn hoàn nguyên. Ngoài ra một số nguyên tố có mặt trong thép lỏng cũng tạo điều kiện khử lưu huỳnh nhanh như Al, C, Si, P. Các nguyên tố này tăng hệ số hoạt độ của lưu huỳnh, thúc đẩy quá trình khử lưu huỳnh (xem hình II.4).



Hình II.4. Hoạt độ của lưu huỳnh (f_s) trong kim loại lỏng phụ thuộc vào hàm lượng các nguyên tố.

Thực tế khi nấu thép biến thể trong lò điện, hàm lượng C rất thấp $\sim 0,02\%$, mặc dầu hàm lượng Si cao ($> 1\%\text{Si}$) nhưng quá trình khử lưu huỳnh lại khó khăn, cần phải dùng biện pháp tốt để khử lưu huỳnh thuận lợi, do đó cần cao hết xỉ oxy hoá, bước sang giai đoạn hoàn nguyên là phải chất ngay FeSi_{75} vào lò để có lợi cho việc khử oxy và lưu huỳnh.

3. Hợp kim hoá thép: Để tiến hành hợp kim hoá thép thuận lợi tốt cần phải nắm vững về nhiệt độ chảy loãng, ái lực với oxy, lưu huỳnh, cacbon, nitơ... của các nguyên tố hợp kim cần hợp kim hoá trong thép nấu luyện, mục đích để chất chúng vào lò đúng thời điểm, đúng số lượng, đúng độ cục của các ferro hợp kim.

Trước khi cho nguyên tố hợp kim vào kim loại lỏng, nhất là những nguyên tố có ái lực rất mạnh với oxy, lưu huỳnh thì cần phải tiến hành khử triệt để oxy và lưu huỳnh trước đã, sau mới đưa nguyên tố hợp kim vào lò. Độ cục của các

loại ferro hợp kim đưa vào phải phù hợp với dung lượng lò. Đối với lò có dung lượng nhỏ hơn 5 tấn/mẻ thì nên có độ cục các ferro như sau: FeMn_{75} có độ cục $25 \div 50$ mm, FeSi_{75} có độ cục $20 \div 30$ mm còn FeCr_{75} có độ cục $15 \div 20$ mm, còn đối với lò $g \geq 10$ tấn/mẻ thì có độ cục của các loại ferro được đưa vào là: $\text{FeMn}_{75} = 55 \div 60$ mm, $\text{FeSi}_{75} = 30 \div 35$ mm còn $\text{FeCr}_{75} = 20 \div 30$ mm. Đặc biệt những loại ferro hợp kim được chất vào giai đoạn hoàn nguyên + hợp kim hoá thì phải nung chúng khoảng $700 \div 800^\circ\text{C}$ ở ngoài lò sau đó mới chất vào lò điện.

Sau mỗi đợt cho ferro hợp kim vào lò phải khuấy đều kim loại lỏng rồi mới cho tiếp đợt sau. Cần phải tính toán lượng ferro hợp kim cần thận trước để đảm bảo tương đối chính xác thành phần hợp kim trong mác thép theo công thức chung sau đây:

$$G_{\text{HK}} = \frac{g_{\text{kl}}(\%M_1 - \%M_2)}{M_f \times \%a}, \text{ kg} \quad (\text{II.3})$$

trong đó: G_{HK} - trọng lượng ferro hợp kim cần đưa vào, kg;

g_{kl} - trọng lượng kim loại trong lò, kg;

$\%M_1$ - hàm lượng nguyên tố hợp kim cần trong mác thép, %;

$\%M_2$ - hàm lượng nguyên tố hợp kim có sẵn trong kim loại lỏng, %;

$\%M_f$ - hàm lượng nguyên tố hợp kim chứa trong ferro, %;

$\%a$ - hệ số thu hồi của nguyên tố hợp kim (trong thép), %.

Ví dụ 1: Cần nấu mác thép hợp kim Cr (4% Cr): g_{kl} trọng lượng mẻ nấu 13.000 kg, hàm lượng trung bình của crom trong mác thép là 1% Cr, hàm lượng Cr có sẵn trong kim loại lỏng là 0,7%, ferro crom 65 có Cr = 65%, hệ số hoà tan của crom trong kim loại lỏng, tức hệ số thu hồi bằng 95%. Vậy cần đưa lượng FeCr_{65} vào lò là:

$$G_{\text{HK}} = 13.000 \cdot \frac{(1\% - 0,7\%)}{65\% \times 95\%} = 61 \text{ kg}$$

Nếu hàm lượng nguyên tố hợp kim trong thép $> 4\%$ thì tính theo công thức sau:

$$G_{\text{HK}} = \frac{g_{\text{kl}}(\%M_1 - \%M_2)}{(\%M_f - \%M_{\text{tb}}) \times \%a} \quad (\text{II.4})$$

Ví dụ 2: Cần nấu thép hợp kim cao crom mác Cr_{13} có $g_{\text{kl}} = 10.500$ kg, hàm lượng Cr trung bình trong thép $(\%M)_{\text{tb}} = 13\%$ Cr, crom có sẵn trong kim loại lỏng là 0,6% Cr, hệ số thu hồi 97%, FeCr_{65} .

$$\text{Vậy} \quad G_{\text{HK}} = \frac{10.500 \times (13\% - 0,6\%)}{(65\% - 13\%) \times 97\%} = 2.685 \text{ kg}$$

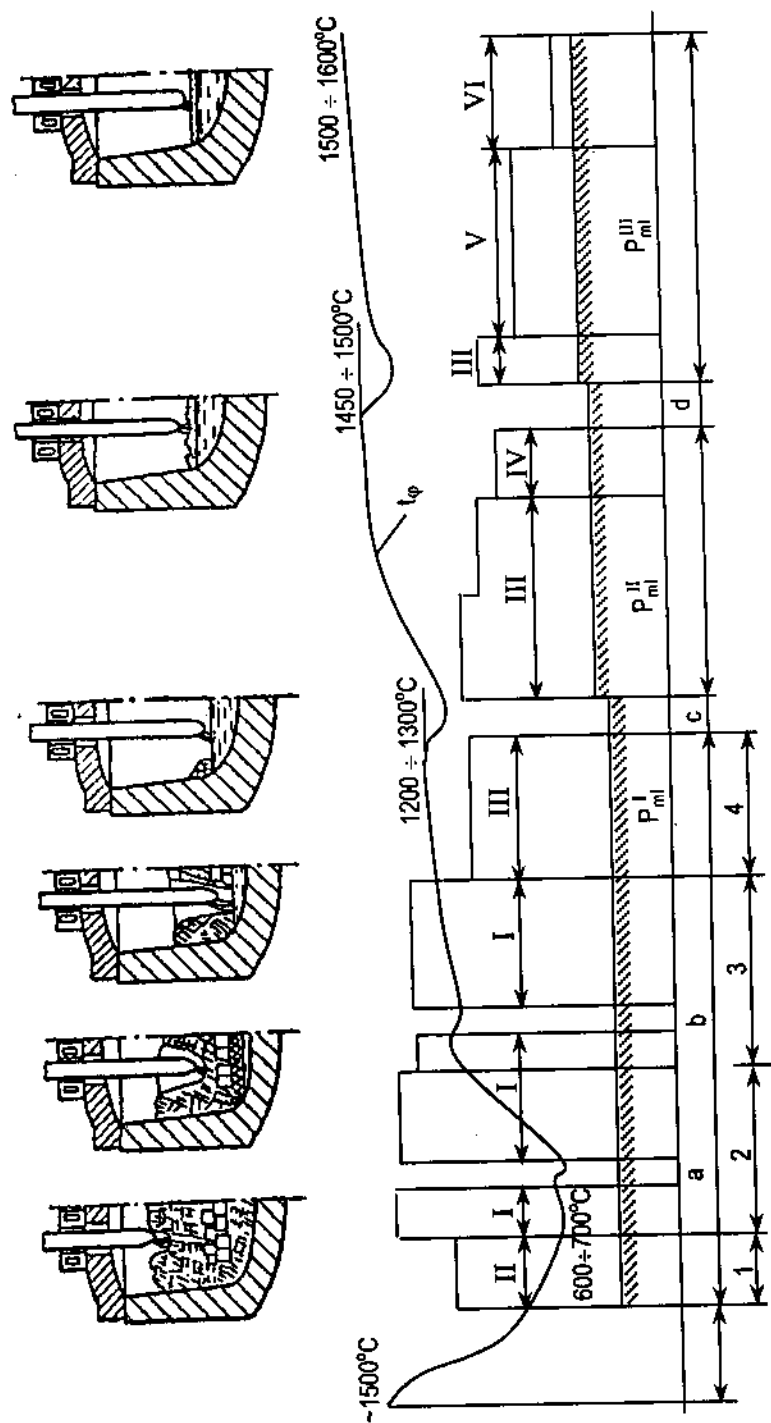
Cần đưa vào lò loại ferro crom 65 là 2.685 kg. Cần phải chú ý đến nhiệt độ của kim loại lỏng thay đổi khi cho các loại ferro hợp kim vào lò. Căn cứ vào lượng nhiệt thay đổi ít hay nhiều mà cho các loại ferro hợp kim theo từng đợt, theo từng giai đoạn nấu luyện thép (xem bảng II.6).

Bảng II.6. Ảnh hưởng của một số ferro hợp kim cho vào lò làm thay đổi nhiệt độ của thép lỏng

Các loại hợp kim	t = 1570°C	t = 1620°C	Chất vào lò
FeSi ₄₅ (45%Si)	+ 0,5°C	+8,8°C	Giai đoạn hoàn nguyên và hợp kim hoá
FeSi ₇₅ (75%Si)	+16,5°C	—	
FeTi (25%Ti)	+1,0°C	—	— Trước lúc ra thép 15 phút
FeV (40%V)	—9,10°C	—	— Trước lúc ra thép 10 phút
FeMn (75%Mn)	—13,20°C	—10°C	— Ở giai đoạn hoàn nguyên
FeCr (65%Cr)	—15,30°C	—12,50°C	Sau khi khử oxy xong và khi t ≥ 1600°C
FeW (65%W)	—	—7,2°C	Cho theo phối liệu
Si-Mn (17%Si, 70%Mn)	—7,8°C	—2,30°C	Cho vào thùng rót hoặc trước lúc ra thép 5 phút
Si-Mn (20%Si, 70%Mn)	—6,70°C	—0,50°C	
FeMo (60% Mo)	—	—12,10°C	— Cho vào theo mẻ liệu
Niken (99%)	—	—12,60°C	— Cho vào theo mẻ liệu

Từ bảng trên cho ta thấy, khi thép lỏng có t = 1570 ÷ 1620°C mà cho các loại ferro hợp kim vào lò là giảm ngay nhiệt độ thép lỏng (trừ FeSi và FeTi) do đó cho nên cần phải chú ý đến nhiệt độ thép lỏng để cho từng ferro hợp kim vào lò cho hợp lý, không bị cháy hao mất mát, mà hoà tan vào thép hoàn toàn. Tất nhiên cần phải chú ý cả ái lực hoá học với oxy và mức độ giảm nhiệt độ của thép lỏng khi đưa các loại ferro hợp kim vào lò. Để không ảnh hưởng đến nhiệt độ của thép lỏng, người ta thường cho FeW, FeMo, Ni vào theo liệu, còn ferro mangan, ferro crom cần phải cho vào lò để hợp kim hoá thép sau lúc khử hết oxy và lưu huỳnh và đồng thời thép lỏng đạt nhiệt độ cao (1600 ÷ 1650°C), có như vậy mới bảo đảm cháy hao nguyên tố Mn và Cr ít nhất và thép lỏng được hợp kim hoá các nguyên tố này đồng đều với hàm lượng tối đa.

Quy trình chế độ nấu thép có giai đoạn oxy hoá trong lò hồ quang bazơ được nêu ở hình II.5.



Hình II.5. Sơ đồ biểu thị quy trình nấu luyện thép trong lò hồ quang bazơ ($g = 100 \text{ tấn/m}^2$):

I- giai đoạn nấu chảy; sử dụng công suất điện max (P_I); II- giai đoạn thông điện: bắt đầu phát hồ quang (P_{II}); III- giai đoạn đã hoàn thành nấu chảy, (P_{III}); IV- giai đoạn sôi sạch kim loại (P_{IV}); V- giai đoạn hoàn nguyên kim loại (P_V); VI- giai đoạn hợp kim hoá điều chỉnh thành phần và nhiệt độ mác thép (P_{VI}); 1, 2, 3, 4- bốn thời kỳ nấu chảy liệu; a, b, c, d- thời gian nghỉ, cào xỉ.

Chương 2

KỸ THUẬT CÔNG NGHỆ LUYỆN THÉP TRONG LÒ CẢM ỨNG KHÔNG LỖI SẮT TỪ

Công nghệ nấu luyện thép trong lò cảm ứng không lõi sắt từ chủ yếu có hai giai đoạn nấu luyện: giai đoạn nấu chảy liệu và giai đoạn hoàn nguyên + hợp kim hoá thép. Tiến hành nấu luyện đơn giản, thời gian nấu luyện 1 ÷ 2 giờ, trong đó thời gian nấu chảy liệu chiếm khoảng 2/3 ÷ 3/4 tổng thời gian luyện một mẻ thép. Vì vậy công nghệ nấu luyện thép được tiến hành trong lò cảm ứng tính axit hay tính bazơ nhưng chủ yếu là áp dụng phương pháp nấu lại, đôi lúc cũng có thể tiến hành cho kim loại sôi nhưng thời gian rất ngắn (5 ÷ 10 phút). Dựa vào nguyên liệu chịu lửa đầm nổi lò, dung lượng lò và chế độ điện cung cấp mà chọn mức thép cần nấu và công nghệ nấu luyện cho thích hợp. Ở lò cảm ứng cao tần và trung tần nên tiến hành nấu luyện thép nam châm, thép biến thể điện, thép hợp kim niken, coban, thép cacbon thấp..., còn thép hợp kim cao crom, mangan như $Cr_{23}Mn_6$, mức Mn_{13} thì không nên nấu trong các lò này nhiều vì quá trình nấu luyện với thời gian hợp kim hoá Cr, Mn kéo dài, xỉ Cr_2O_3 , MnO lại nhiều cho nên áo lò bị bào mòn rất nhanh, tuổi thọ lò rất thấp.

2.1. ĐẶC ĐIỂM CÔNG NGHỆ LUYỆN THÉP TRONG LÒ CẢM ỨNG

– Luyện được mức thép có hàm lượng cacbon rất thấp ($C \leq 0,02\%$), vì ở lò cảm ứng không có điện cực grafit nên không có quá trình tăng cacbon trong giai đoạn nấu luyện thép.

– Hàm lượng khí có hại trong thép rất thấp vì không có quá trình phát hồ quang điện, mặt khác xỉ bao bọc mặt trên của bể kim loại lỏng cho nên cản sự hấp phụ khí từ bên ngoài vào.

– Do lực cảm ứng điện từ (dòng Phuco) lớn nên sự khuấy trộn kim loại + xỉ trong nồi lò rất mãnh liệt, do đó thành phần và nhiệt độ của thép lỏng rất đồng đều, đặc biệt lượng khí có hại và tạp chất phi kim rất ít, chất lượng thép rất cao.

– Hợp kim hoá tốt, cháy hao các nguyên tố hợp kim rất thấp (0,5 ÷ 1%).

– Không chế thành phần và nhiệt độ của thép trong quá trình nấu luyện một cách dễ dàng, nhanh chóng và hết sức chính xác.

– Xi thường nằm ở xung quanh lò phía trên vòng cảm ứng trên cùng nên sệt do nhiệt độ thấp hơn nhiều so với nhiệt độ thép lỏng trong lò. Do xi có độ sệt cao, tính linh động của xi kém nên không làm được nhiệm vụ trong quá trình phản ứng luyện kim mà chỉ che mặt kim loại, cản nhiệt cho kim loại và cản hấp phụ khí từ ngoài vào.

– Tuổi thọ nồi lò thấp $\approx 10 \div 50$ mẻ thép vì độ dày của nồi lò rất mỏng ($\delta_r = 50 \div 100$ mm), hơn nữa trong quá trình nấu thép luôn luôn bị sức điện động cảm ứng khuấy trộn kim loại + xỉ rất mãnh liệt.

– Đòi hỏi chất lượng liệu kim loại phải cao, không bị gỉ, không bị dính dầu mỡ, đất cát, thành phần hoá học của liệu phải gần bằng thành phần của thép cần nấu, đặc biệt ít tạp chất phospho, lưu huỳnh và các kim loại màu như Cu, Pb, Zn.

– Tiêu tốn điện năng khá lớn, nên giá thành thép thành phẩm cao ($W_y = 900 \div 1200$ kW.h/tấn).

– Ngoài ra, cần phải căn cứ vào tần số dòng làm việc của từng loại lò cảm ứng mà chọn chính xác và nghiêm túc các cực liệu đưa vào nấu cho phù hợp.

Theo thực tế sản xuất người ta đã chọn kích thước liệu như sau để phù hợp với tần số làm việc của lò:

Tần số làm việc f , Hz	Đường kính liệu, mm
500.000	1,5 + 1,2
10.000	10 + 12
2.000	25 + 30
1.000	35 + 40
50	100 + 150

2.2. QUÁ TRÌNH NẤU LUYỆN THÉP

2.2.1. Chất liệu vào lò

Chất liệu vào lò tùy thuộc vào tình trạng làm việc của thiết bị và lò. Lò mới chạy lần đầu nên chất liệu nhiều đợt ($2 + 4$ đợt), đợt một nên chất liệu kim loại để nhiễm từ, cực nhỏ, mỏng với số lượng $15 \div 20\%$ tổng trọng lượng liệu

đưa vào nấu; khi liệu được nung đỏ $> 800^{\circ}\text{C}$ thì tiếp chất đợt hai khoảng $40 \div 50\%$ số lượng liệu; khi liệu đã chảy $1/3$ thì tiếp tục chất liệu đợt ba (loại liệu cục to và khó chảy) với số lượng khoảng 80% số lượng liệu còn lại. Khi liệu đã bị chảy $2/3$ hoặc $3/4$ thì tiếp tục chất liệu còn lại, đẩy nắp lò lại và tăng công suất điện cực đại vào lò để nhanh chóng chảy liệu hoàn toàn.

Đối với những lò đã chạy ổn định, nổi lò tương đối rộng ra nên chất liệu vào nấu luyện theo hai đợt: đợt 1: chất liệu nhẹ, nhỏ xuống đáy lò, loại cục to, nặng được chất lên trên với số lượng $60 \div 70\%$ tổng trọng lượng liệu, sau khi chảy khoảng $2/3 \div 1/2$ liệu trong lò thì chất nốt liệu còn lại và tăng công suất điện để nấu chảy nhanh. Tuỳ theo tình hình nung đỏ liệu mà tăng công suất điện vào lò cho phù hợp.

Đối với lò mới chạy lần đầu nên sử dụng công suất điện như sau:

- Từ $0 \div 10$ phút đầu chạy với công suất điện $30 \div 40\%$ công suất định mức của lò.
- Từ $10 \div 25$ phút tiếp chạy công suất $45 \div 50\%$ so với định mức.
- Từ $30 \div 40$ phút sau đó, tăng công suất lên $60 \div 70\%$ so với công suất định mức.
- Khi chảy xong cần phải hạ công suất điện xuống còn $40 \div 50\%$ định mức và giữ mức đó cho đến hết thời gian tinh luyện và hợp kim hoá thép.

2.2.2. Quá trình tinh luyện và hợp kim hoá

Sau khi nấu chảy xong, vớt bớt xỉ, tạo xỉ mới (vôi + ít CaF_2 đối với lò tính bazơ, hoặc vụn kính + ít samot đối với lò tính axit, lượng chất tạo xỉ khoảng $1 \div 1,5\%$ tổng lượng liệu đưa vào nấu). Sau đó tiếp tục cho các chất khử vào lò như $\text{FeMn}_{75} + \text{FeSi}_{75}$ khoảng $1,5 \div 2\%$ trọng lượng mẻ liệu. Khi nhiệt độ của kim loại lỏng đạt $t > 1600^{\circ}\text{C}$ thì cho $\text{FeCr}...$ vào để hợp kim hoá thép; trước khi ra thép $3 \div 5$ phút cho lá nhôm vào lò để khử oxy lần cuối cùng, cũng có thể cho nhôm vào thùng rót để khử oxy (khoảng $0,3 \div 0,5$ kg Al/tấn thép). Sau khi khử oxy cuối cùng xong thì rót thép vào khuôn đúc sản phẩm. Qua thực tế sản xuất thép, cháy hao các nguyên tố hợp kim như sau: Cr = 5% ; W, Mo ~ 2% , V ~ $5 \div 8\%$. Riêng về vanadi (V) cho vào lò để hợp kim hoá thép khoảng $5 \div 7$ phút trước lúc ra thép.

2.3. CÁC QUY TRÌNH CÔNG NGHỆ NẤU THÉP CỤ THỂ

2.3.1. Quy trình nấu luyện thép ổ bi mác IX15 trong lò cao tần của Trường Đại học Bách khoa Hà Nội năm 1985 với dung lượng lò 50 kg/mẻ và tần số dòng điện làm việc $f = 55.000$ Hz (nêu ở bảng II.7).

Bảng II.7. Quy trình nấu thép ổ bi trong lò cảm ứng cao tần 50 kg
 $f = 55.000$ Hz, công suất 60 kW.

Thời gian nấu	Điện áp lò V	Dòng điện A	Thao tác nấu luyện
0 ÷ 20 phút đầu	4000	3	Chất 1/4 ÷ 1/3 liệu vào lò
10 ÷ 15' sau	5000	4	Chất 1/2 liệu vào lò
20 phút sau tiếp	6000	5	Chất 3/4 liệu vào lò (số còn lại)
10 phút sau tiếp	6500	6,5	Chất hết liệu và nấu chảy
10 phút sau tiếp	6000	5	Chảy liệu hoàn toàn, điều chỉnh xỉ, tiếp theo hợp kim hoá crom...
10 phút sau tiếp	4500 ÷ 5000	4	Lấy mẫu kim loại phân tích thành phần hoá học
Cắt điện			Ra thép
$\Sigma = 1$ h 25 phút			

2.3.2. Quy trình nấu luyện thép hợp kim thấp độ bền cao mác 35 CrNi tại Viện Công nghệ vào năm 1999

Thao tác nấu luyện theo bảng II.8.

Ghi chú: Thành phần mác thép ổ bi:

$C = 1 \div 0,95\%$, $Cr = 1 \div 1,5\%$, $P \leq 0,03$, $S \leq 0,02\%$

Thành phần thép 35 CrNi: $C = 0,3 \div 0,46\%$, $Mn = 0,5 \div 0,8\%$, $Cr = 0,9 \div 1,1\%$, $Ni = 0,7 \div 1,1\%$, $Si = 0,17 \div 0,37\%$, P và $S \leq 0,04\%$.

**Bảng II.8. Quy trình thao tác nấu luyện thép 35 CrNi ở lò AJA-X300
tại Viện Công nghệ**

Giai đoạn	TT	Công việc	Nội dung thao tác nấu luyện
Giai đoạn nấu chảy	1	Khai lò	Đóng điện, cho chạy 60% công suất điện định mức, chờ hết dòng điện xung rồi tăng công suất điện từ từ lên cực đại.
	2	Đảo liệu	Khi liệu ở dưới nôi lò đã chảy thì cần phải đảo liệu, không cho liệu dính chống lên nhau, sau đó tiếp tục cho liệu vào.
	3	Tạo xỉ	Khi liệu đã chảy gần hết thì cho vôi + huỳnh thạch theo tỷ lệ 2/1, tạo xỉ che mặt kim loại lỏng. Lượng chất tạo xỉ cho vào $\approx 1 \div 1,5\%$ trọng lượng liệu.
	4	Tháo xỉ lấy mẫu kim loại phân tích	Khi liệu đã chảy gần xong thì vớt hết xỉ cũ, tạo xỉ mới. Khi chảy xong lấy mẫu phân tích thành phần kim loại.
Giai đoạn hoàn nguyên và hợp kim hoá	5	Điều chỉnh thành phần	Căn cứ vào kết quả phân tích để điều chỉnh thành phần bằng cách cho FeMn, FeSi và FeCr, còn niken cho vào theo liệu.
	6	Điều chỉnh nhiệt độ và phân tích mẫu	Sau khi hợp kim hoá hoàn toàn, giữ nhiệt $1600 \div 1550^{\circ}\text{C}$, lấy mẫu phân tích thành phần.
	7	Khử oxy lần cuối	Tăng nhiệt độ lên 1620°C , trước lúc ra thép 5 phút cho nhôm 0,03% vào khử oxy kết thúc - lấy mẫu phân tích.
Ra thép	8	Ra thép vào thùng rót → đúc sản phẩm	Nhiệt độ ra thép đạt $1620 \div 1640^{\circ}\text{C}$, thép được rót vào thùng rót. Trước lúc ra thép phải ngắt điện ra lò.

– Chế độ điện cung cấp để nấu luyện thép mác 35 CrNi trong lò điện trung tần AJA-X300. Tại Viện Công nghệ được nêu ở bảng II.9.

Bảng II.9. Chế độ điện cung cấp nấu luyện thép

Giờ nấu mẻ thép	Thời gian, phút	Điện áp		Cường độ dòng		Công suất điện		Tần số f, Hz
		%	V	%	A	%	kW	
2 h 30 phút	0	72	784,8	48	273,6	49	147	856
2 h 35 phút	5	98	1068,2	65	370,5	67	201	942
2 h 50 phút	15	98	1068,2	64	364,8	66	197	995
3 h 00 phút	30	97	1057,3	68	387,6	71	213	1057
3 h 10 phút	40	98	1086,0	68	387,6	71	213	1115
3 h 20 phút	50	93	1013,7	69	393,3	72	216	1142
3 h 30 phút	60	97	1057,3	79	450,3	78	234	1148
3 h 37 phút	67	96	1046,4	75	427,5	77	231	1150

Ghi chú: lò trung tần AJA-X300 có:

- Điện áp 1100 V (định mức)
- Dòng điện 570 A (định mức)
- Công suất điện: 300 kW (định mức)
- Tần số làm việc: $f = 1500$ Hz

Cháy hao các nguyên tố hợp kim: Trong quá trình nấu thép ở lò cảm ứng cao tần và trung tần thì mức độ cháy hao các nguyên tố rất thấp. Mức độ cháy hao của các nguyên tố hợp kim phụ thuộc loại nồi lò, công nghệ nấu luyện, dạng hợp kim, bản chất của nguyên tố hợp kim v.v. (bảng II.10).

Bảng II.10. Cháy hao các nguyên tố phụ thuộc vào dạng hợp kim và tính chất nổi lò

Nguyên tố hợp kim	Dạng đưa vào lò	Hàm lượng hợp kim trong thép %	Mức cháy hao, %	
			Lò tính bazơ	Lò tính axit
Crom (Cr)	– Phế liệu	2	5 ÷ 6	–
	– Kim loại		4 ÷ 5	–
Mangan (Mn)	– Phế liệu	–	0	–
	– Kim loại	–	5	–
Silic (Si)	– Phế liệu	–	6	–
	– Kim loại	–	10 ÷ 12	–
Volfram (W)	– Phế liệu	2	–	6
	– Kim loại	16	1 ÷ 1,5	6,8
Molipden (Mo)	– Phế liệu	0,30	0	–
	– Kim loại	20	2,5 ÷ 4	10
Vanadi (V)	– Phế liệu	1	1 ÷ 8	1 ÷ 2
Titan (Ti)	FeTi	0,5	10 ÷ 12	25
Niobi (Nb)	– Phế liệu	–	8	4 ÷ 5
Xelen (Se)	– Phế liệu	–	10 ÷ 30	–
Niken (Ni)	– Kim loại	60	–	3
		4	–	0
Coban (Co)	– Kim loại	35	–	1,5

Theo thực tế sản xuất thép trong nước, khi nấu ở lò điện cảm ứng trung tần thì đạt được các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật như sau (bảng II.11):

Bảng II.11. Chi phí điện năng và năng suất lò thay đổi theo dung lượng lò và chế độ nấu luyện

Chỉ tiêu	Dung lượng lò, kg/mẻ	
	500	1000
1. Suất tiêu hao điện năng, kWh/t:		
– Khi nấu ở lò nguội	1080	970
– Khi nấu ở lò nóng	920	800
2. Năng suất lò, kg/h	340	920

Bảng II.12. Các chỉ tiêu và thông số kỹ thuật của lò điện cảm ứng trung tần và tần số công nghiệp tại Liên Xô cũ (năm 1985)

Thông số và chỉ tiêu	Dung lượng lò, tấn/mẻ					
	0,4	1,0	2,5	6	10	25
1- Lò cảm ứng NCT						
– Công suất biến áp lò, kW	250	500	1500	–	3000	–
– Công suất vào động cơ, kW	350	800	2200	–	4000	–
– Điện áp máy phát, V	1500	1500	1500	–	1500	
– Tần số làm việc, Hz	2600	1000	500	–	500	
– Thời gian nấu một mẻ, h	1,10	1,20	1,00	–	2,00	
– Công suất tụ bù $\cos\varphi$, kVar	6500	8640	18.900	–	40.250	
– Tiêu hao điện, kW.h/tấn	860	705	655	–	640	
2- Lò cảm ứng NCT 50Hz						
– Công suất biến áp, kVA	–	360	1300	1300	2500	6300
– Công suất cung cấp nấu kW	–	357	718	1238	2285	4979
– Điện áp vào cuộn cảm ứng, V	–	500	1050	1143	1045	1710
– Hệ số $\cos\varphi$ (chưa bù)	–	0,21	0,18	0,18	0,16	0,12
– Thời gian nấu, h	–	1.80	2,10	2,70	2,40	2,70
– Tiêu hao điện năng, kW.h/tấn	–	638	585	547	542	540

2.4. BIỆN PHÁP CẢI THIỆN CÁC CHỈ TIÊU KINH TẾ - KỸ THUẬT

Qua thực tế sản xuất người ta thường áp dụng các biện pháp cải thiện sau đây:

– Duy trì công suất điện đủ cung cấp cho máy phát tần số làm việc ổn định. Muốn vậy cần phải xây một trạm điện trung gian riêng biệt cung cấp nguồn điện độc lập cho việc nấu luyện thép trong lò. Đồng thời cần chế tạo hệ thống tụ bù cosφ có công tắc đóng mở tự khi cần thiết. Khi điện áp ngoài thấp hơn 380 V thì trước khi chạy lò phải ngắt bớt một số tụ bù, ngược lại khi lớn hơn 380 V thì phải đóng công tắc thêm số lượng tụ trong hệ thống tụ bù cosφ.

– Tụ bù cosφ được lắp đặt tương đối gần lò nấu, giảm tổn thất điện dọc đường di, đồng thời cần phải làm nguội tụ bù bằng quạt gió hoặc bằng nước làm nguội.

– Tăng cường giờ chạy lò, giảm thời gian nghỉ (vả lò, chất liệu, vớt xỉ v.v.)

$$\frac{\tau_L}{\Sigma \tau_{\text{nấu}}} > 0,75 \quad (0,8 + 0,85)$$

trong đó: τ_L - thời gian làm việc dưới dòng điện, h;

$\Sigma \tau_{\text{nấu}}$ - thời gian một mẻ nấu thép, h.

– Sử dụng một máy phát tần số cho hai nồi lò, bảo đảm năng suất lò cao, giảm tiêu hao điện năng do giảm thời gian nấu luyện thép.

– Cố gắng nung đỏ liệu trước lúc chất vào lò. Thường nhiệt độ nung liệu $\approx 600 + 700^\circ\text{C}$. Đặc biệt cần phải nung liệu ferro hợp kim trước và chọn độ cục cho vào lò hợp lý, đảm bảo hợp kim hoá nhanh và tốt.

– Tránh hiện tượng cầu treo liệu trong lò trong quá trình nấu chảy.

– Quan sát, theo dõi và xam liệu thường xuyên không cho liệu chảy và dính kết vào nhau, làm ảnh hưởng đến việc chất liệu và nung chảy liệu. Khi có cầu treo liệu thì cần phải nhanh chóng xử lý cẩn thận, tránh hư hỏng nồi lò, tránh tâng liệu to rơi xuống kim loại lỏng làm bắn té kim loại và xỉ ra ngoài gây nên sự cố.

– Kiểm tra thường xuyên nhiệt độ nước vào làm nguội và nhiệt độ nước ra sau khi làm nguội cuộn cảm ứng lò. Riêng hệ thống tụ bù cần phải che chắn tránh bụi kim loại rơi vào, cần phải nung sấy định kỳ trong thời gian không chạy lò.

– Cần phải dùng quạt chống nóng nơi công nhân đứng thao tác nấu luyện. Đặc biệt trong quá trình nấu luyện, từ thông biến thiên luôn luôn tán xạ ra xung quanh lò làm cho công nhân mệt mỏi, khó chịu nên phải có quạt thông gió nơi đứng thao tác nấu luyện.

– Ngoài việc cản điện, cản nhiệt tốt, cần phải đảm nguyên vật liệu chịu lửa bằng oxýt zircon (Zr₂O₃) thay cho sạn MgO, để đảm bảo bền nhiệt, bền cơ, tính chịu lửa của áo lò cao nhiệt độ trên 2000°C, đảm bảo tuổi thọ cao, hơn 100 mẻ thép.

Chương 3

NẤU VÀ TINH LUYỆN THÉP TRONG LÒ CHÂN KHÔNG

3.1. LÝ THUYẾT

Quá trình hoá lý xảy ra trong kim loại ở môi trường chân không được tiến hành đồng thời với nhau như quá trình khử oxy bằng cacbon có kèm theo sự tách rời bọt khí CO và CO₂, tách nitơ, hydro, tách các tạp chất phi kim và bay hơi các nguyên tố, đặc biệt chì, kẽm, thiếc. Khử oxy của kim loại trong lò chân không có thể tiến hành bằng nhiều phương pháp khác nhau: Khử oxy bằng cacbon, hydro và thuốc khử kim loại như Si-Mn, Si-Ca, Si-Al...

3.1.1. Khử oxy bằng cacbon

Tác dụng tương hỗ giữa cacbon và oxy là một trong những phản ứng quan trọng trong nôi lò ở điều kiện áp suất pha khí được giảm thấp. Sản phẩm khử oxy bằng cacbon là khí CO và CO₂. Trong môi trường chân không phản ứng này xảy ra nhanh và mãnh liệt, thuận lợi hơn nhiều so với môi trường khí quyển. Quá trình tách và bay hơi khí CO, CO₂ càng nhanh bao nhiêu thì trong kim loại hàm lượng cacbon và oxy càng giảm bấy nhiêu, đồng thời tạo điều kiện thuận lợi và nhanh chóng tách khí nitơ, hydro và nổi các tạp chất phi kim.

Phản ứng khử: $[C] + x[O] = [CO_x] \uparrow$

Trị số x có thể bằng 1 hoặc lớn hơn phụ thuộc vào hàm lượng khí CO₂ được hình thành và được xác định theo tỷ số P_{CO}/P_{CO_2} . Theo thực tế, hàm lượng CO₂ được hình thành rất ít, do đó có thể lấy x = 1, nghĩa là chỉ hình thành chủ yếu là khí CO. Trong hệ kim loại – khí, khi cân bằng được xác định bởi áp lực P_{CO} trong pha khí.

$$K = \frac{P_{CO}}{a_{[C]} \cdot a_{[O]}}$$

trong đó: $a_{[C]}$ và $a_{[O]}$ là hoạt độ của cacbon và oxy trong kim loại. Hoạt độ của oxy trong kim loại phụ thuộc vào áp lực cân bằng của CO (P_{CO}) trên mặt kim loại.

$$a_{[\text{CO}]} = \frac{1}{K} \cdot \frac{P_{\text{CO}}}{a_{[\text{C}]} } = K' P_{\text{CO}}$$

mà

$$K' = \frac{1}{K \cdot a_{[\text{C}]}}$$

Theo định luật tác dụng khối lượng, sự khử oxy bằng cacbon trong môi trường chân không chỉ phụ thuộc vào áp lực riêng phần của khí CO trong pha khí ở trên mặt kim loại. Áp lực này càng thấp thì khả năng khử oxy của cacbon càng cao, hàm lượng oxy cân bằng trong kim loại càng thấp.

Áp lực của khí CO được xác định theo phương trình:

$$P_{\text{CO}} = P_a + \gamma h + \frac{2\sigma}{r}$$

trong đó: P_a - áp lực khí quyển;

γ - trọng lực riêng của kim loại;

h - chiều cao cột kim loại trong lò;

σ - sức căng bề mặt của kim loại;

r - bán kính bọt khí CO.

Qua kết quả nghiên cứu và phân tích cho chúng ta thấy rằng vị trí xác suất cao nhất hình thành bọt khí và tách chúng ra khỏi kim loại lỏng là bề mặt đáy lò, tường lò, thành thùng rót, các chất oxyt phi kim, các tinh thể kim loại khi kết tinh.

Mầm hình thành bọt khí nhiều hay ít phụ thuộc vào độ gồ ghề của vật liệu chịu lửa tiếp xúc với kim loại lỏng, còn mức độ tách bọt khí lại phụ thuộc vào tính chất của vật liệu chịu lửa của nôi lò.

Ví dụ: Độ thấm ướt của gạch đinat (SiO_2) lớn nên bọt khí bám vào đó rất lâu, tách bọt khí rất chậm, trái lại gạch manhezit (MgO) và alumin cao (Al_2O_3) có độ thấm ướt thấp nên bọt khí bám vào rất ít, do đó thời gian tách bọt khí rất nhanh. Vì vậy quá trình tách bọt khí CO từ kim loại lỏng lên pha khí là rất phức tạp, phụ thuộc nhiều yếu tố như mặt tiếp xúc với kim loại lỏng, phương pháp khuấy trộn kim loại trong lò. Trong lò chân không khi cột kim loại lỏng lớn, quá trình tách bọt khí khó khăn, hạn chế quá trình khử oxy bằng cacbon và quá trình nổi của các tạp chất phi kim (xem bảng II.13).

Bảng II.13. Các thông số chỉ tiêu kỹ thuật của lò chân không.

Chiều cao cột kim loại, h_{kl}, mm	Thể tích của bột khí cm^3 ($r = 0,55 \text{ mm}$)		Chiều cao cột kim loại h_{kl}, mm	Thể tích bột khí, cm^3 ($r = 0,55 \text{ mm}$)	
	$P_{ck} = 0,1 \text{ mmHg}$	$P = 10 \text{ mmHg}$		$P_{ck} = 0,1 \text{ mmHg}$	$P = 10 \text{ mmHg}$
1000	0,086	0,085	400	0,200	0,206
860	0,122	0,107	200	0,800	0,388
600	0,170	0,140	50	0,950	1,120

A. G. Shalimov nêu lên rằng, khi giảm áp suất môi trường từ 20 xuống 1 mmHg thì lượng khí thoát ra khỏi kim loại tăng lên gấp 3 lần, nếu tiếp tục giảm thấp hơn 1 mmHg thì hiệu quả khử khí và tách bột khí ra khỏi kim loại rất thấp.

Quá trình tách và nổi bột khí CO, H_2 , N_2 là tạo điều kiện tăng bề mặt phản ứng phân pha khí – kim loại và giảm áp suất bên trong bột khí. Theo thực nghiệm, khi nấu luyện thép không gỉ trong lò chân không thì thu được kết quả.

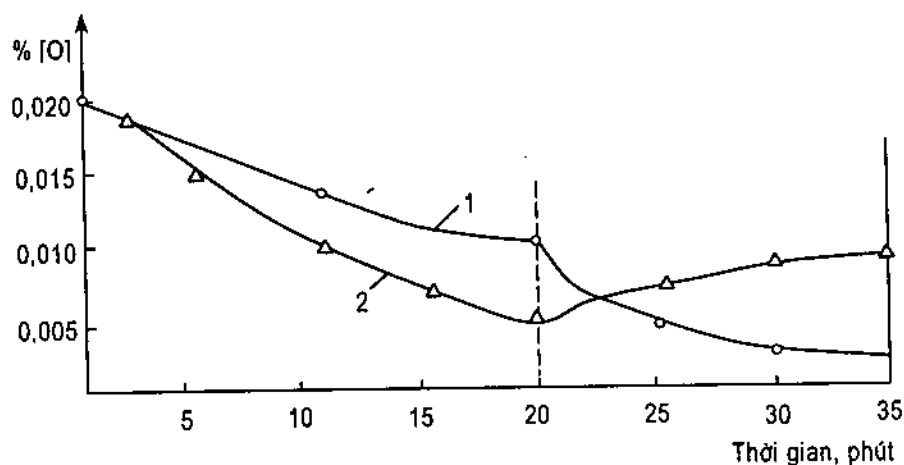
%[C]	0,10	0,05	0,01	0,001
%[O]	0,0019	0,004	0,019	0,19

Như vậy càng giảm hàm lượng cacbon bao nhiêu thì hàm lượng oxy trong thép lỏng càng tăng lên bấy nhiêu.

3.1.2. Khử oxy bằng thuốc khử kim loại

Khử oxy trong kim loại có chứa hàm lượng cacbon rất thấp ($0,1 + 0,02\% \text{C}$) bằng cacbon rắn trong lò chân không thì thu được hai kết quả xấu: nồng độ oxy trong kim loại vẫn còn cao, đồng thời tăng hàm lượng cacbon cho kim loại trong quá trình khử (đặc biệt thép hợp kim không gỉ và thép từ tính có $\text{C} = 0,02\%$). Vì vậy việc dùng chất khử kim loại và phương pháp đưa chúng vào lò chân không là một vấn đề rất nóng hổi hiện nay cần phải nghiên cứu kỹ.

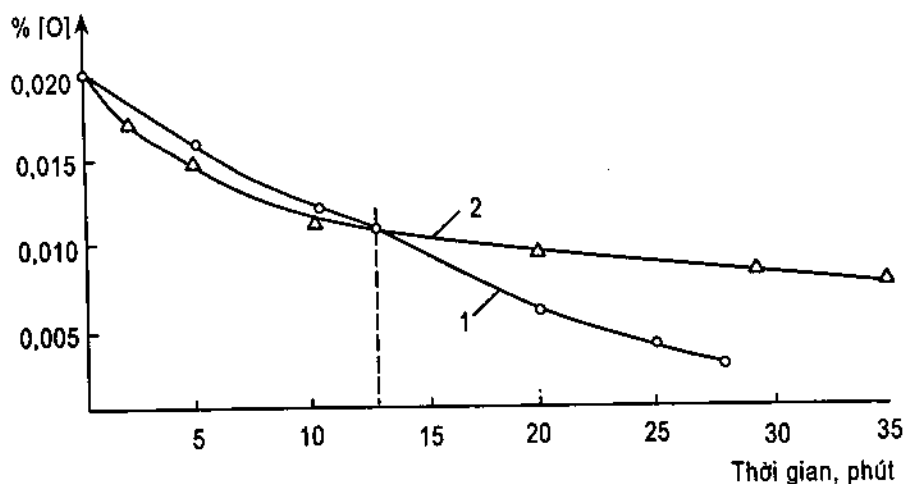
B. D. Nikólaev đã nghiên cứu khử oxy trong thép cacbon thấp và thép không gỉ bằng Mn, Si, Al, tam chất AMS (nhôm, mangan, silic) và Al + Ce. Qua thực tế thử nghiệm thì thấy rằng hàm lượng oxy vẫn còn cao, lượng Mn, Si đưa vào khử không ảnh hưởng đến sự khử oxy trong kim loại, mà hiệu quả khử oxy tốt nhất là dùng AMS và AMS + Ce (xem hình II.6, II.7 và II.8).



Hình II.6. Hàm lượng oxy trong thép lỏng phụ thuộc vào thời gian luyện và chất khử đưa vào lò:

1- thép HK 10% Cr (0,02 ÷ 0,07% Al);

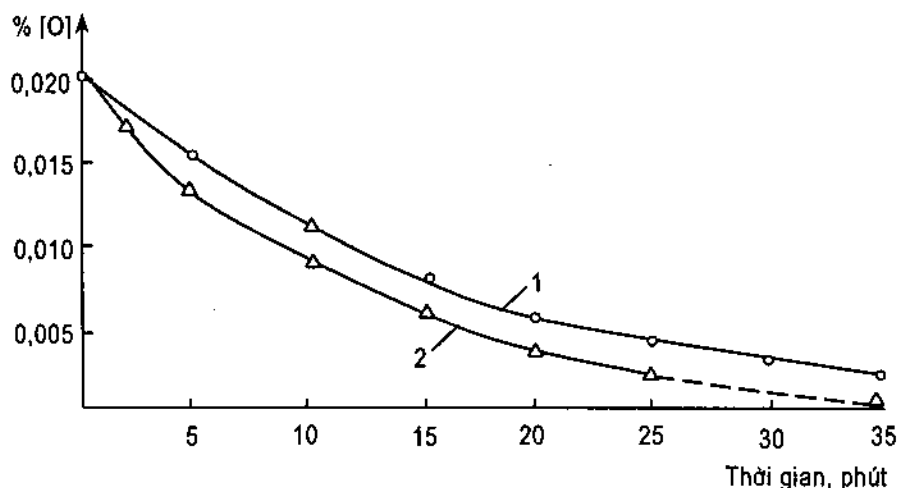
2- thép hợp kim 20% Cr (0,10 ÷ 0,14% Al).



Hình II.7. Ảnh hưởng của chất khử và thời gian luyện đến hàm lượng oxy trong thép (AMS):

1- thép 10% Cr (AMS);

2- thép 20% Cr (AMS).



Hình 11.8. Ảnh hưởng của chất khử và thời gian luyện đến hàm lượng oxy trong thép (AMS + 0,15% Ce):

1- thép hợp kim 20% Cr (AMS + 0,1% Ce)

2- thép hợp kim 20% Cr (AMS + 0,15% Ce).

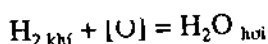
Trên hình 11.8, cho chúng ta thấy hiệu quả khử oxy trong thép có hàm lượng cacbon thấp.

Khi dùng Al khử oxy trong thép hợp kim crôm có hàm lượng cacbon 0,02% C thì hiệu quả khử không cao bằng khi dùng tam chất Mn (60%) + Si (20%) + Al (20%). Theo phương án này khử được oxy trong thép lỏng từ 0,02% xuống tới 0,003% [O]. Đặc biệt khi dùng tam chất AMS + 0,1 ÷ 0,15% Ce thì giảm hàm lượng oxy từ 0,02% xuống đến 0,002 ÷ 0,001% [O].

Nhưng khi dùng hỗn hợp AMS để khử oxy trong thép không gỉ ở lò chân không thì cần chú ý đến thao tác tháo xỉ (MnO , SiO_2 , Al_2O_3) hoặc ($\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$), ($\text{MnO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) ra khỏi lò. Đó là một khâu thao tác rất khó khăn đối với thiết bị chân không.

3.1.3. Khử oxy của kim loại bằng khí hydro

Sử dụng hydro để khử oxy trong thép ở lò chân không không được ưu việt hơn so với việc sử dụng nó trong lò điện ở môi trường khí quyển. Đặc biệt cần phải tạo ra điều kiện thuận lợi để tiến hành phản ứng khử ở lò chân không.



Sử dụng hydro để khử oxy của thép ít hoặc không có cacbon ($C = 0,002 + 0,005\%$) trong môi trường chân không, có ý nghĩa rất lớn, vừa không có hoà tan hydro vào thép khi luyện vừa không có việc tăng hàm lượng cacbon. Đặc biệt muốn giảm thấp hàm lượng oxy $0,001 + 0,005\%$ $[O]$ trong kim loại thì thời gian khử phải kéo dài để cho hydro dễ xâm nhập vào trong khối kim loại lỏng được nhiều và quá trình nổi bọt mới thoả mãn.

Trong lò điện cảm ứng chân không, hydro được thổi trực tiếp lên mặt kim loại lỏng hoặc thổi từ đáy lò lên bề kim loại. Tốc độ khử oxy bằng hydro theo phương pháp đầu rất thấp vì quá trình chuyển dịch oxy từ khối kim loại lỏng tới bề mặt kim loại - xỉ rất yếu, rất chậm. Còn theo phương pháp thứ hai, tốc độ khử oxy bằng hydro rất lớn vì hydro luôn luôn tiếp xúc với kim loại lỏng trong lò.

3.2. NẤU TINH LUYỆN THÉP TRONG LÒ ĐIỆN CHÂN KHÔNG

3.2.1. Luyện thép trong lò điện cảm ứng chân không

Lò cảm ứng chân không theo ứng dụng được chia ra ba loại:

- Lò thí nghiệm có dung lượng $20 + 25$ kg/mẻ
- Lò bán sản xuất, dung lượng lò $25 + 100$ kg/mẻ
- Lò sản xuất công nghiệp, dung lượng lò từ 200 đến 2.000 kg/mẻ. Hiện nay có lò điện cảm ứng chân không với dung lượng lò 12.000 kg/mẻ.

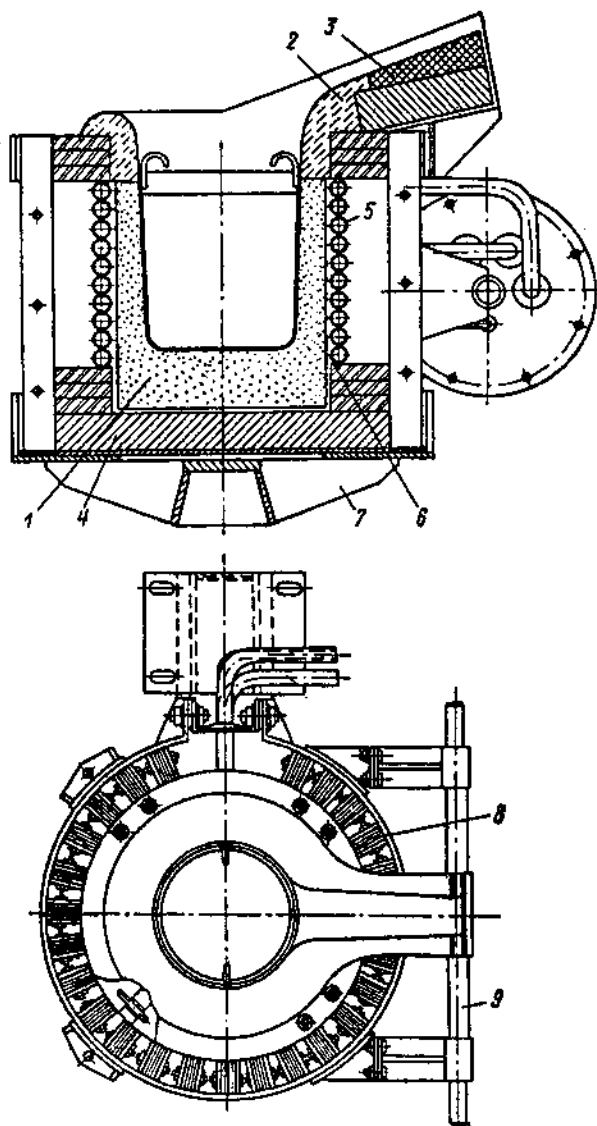
Trong công nghiệp sử dụng lò cảm ứng chân không với áp suất $P_{ck} = 10^{-2} + 10^{-3}$ mmHg, còn trong phòng thí nghiệm hoặc ở các cơ sở nghiên cứu người ta dùng lò điện với áp suất $10^{-4} + 10^{-6}$ mmHg.

Đặc điểm luyện thép trong lò cảm ứng chân không:

- Trong quá trình nấu luyện thép luôn luôn xảy ra phản ứng khử hydro, nitơ. Mức độ khử khí rất lớn phụ thuộc vào áp suất chân không theo định luật Sivers thì:

$$[\% H] = K_H \sqrt{P_{H_2}} \quad \text{và} \quad [\% N] = K_N \sqrt{P_{N_2}} \quad (II.5)$$

Vì vậy cần giảm hàm lượng khí N_2 , H_2 trong kim loại bằng cách giảm áp suất riêng phần của chúng (hút không khí ra khỏi lò cảm ứng bằng bơm chân không).



Hình II.9. Cấu tạo nội hình lò cảm ứng chân không:

1- lớp vật liệu chịu lửa (MgO hoặc Zr_2O_3) của nồi lò; 2- hỗn hợp đầm miệng lò (MgO + nước thủy tinh); 3- hỗn hợp samot đầm máng rót thép; 4- tấm đỡ nồi lò (gạch samot hoặc bioximăng); 5- cuộn cảm ứng lò; 6- tấm bioximăng hoặc vải amiăng cản nhiệt; 7- bộ đỡ toàn bộ đáy lò; 8- bộ phận cơ điện nghiêng lò; 9- trục quay nâng lò rót thép.

– Khử oxy triệt để trong thép lỏng do tăng khả năng khử của cacbon trong điều kiện chân không. Khí CO thoát ra khỏi vùng phản ứng bằng bơm chân không, do đó phản ứng giữa cacbon và oxy được tiến hành nhanh chóng, thuận lợi và theo chiều từ trái qua phải.

– Nấu chảy hợp kim, gồm các nguyên tố hợp kim có hoạt tính hoá học cao như titan (Ti), nhôm (Al), zircon (Zr) trong lò cảm ứng chân không được thực hiện hoàn hảo. Theo lý thuyết, khi hợp kim hoá thép bằng Cr, V, W thì không bị bay hơi, còn Ti và Al bị bay hơi rất ít. Ví dụ: nhôm chứa trong liệu nấu là 1,8% Al sau khi nấu chảy xong còn 1,6% Al (bay hơi chỉ 0,2% Al).

– Còn các tạp chất có hại như chì (Pb), thiếc (Sn), kẽm (Zn)... hầu như bị bay hơi hoàn toàn trong lò cảm ứng chân không, do đó hợp kim sau khi nấu chảy xong rất sạch, chất lượng cao.

– Xi kềm hoạt tính, sệt nên không có tác dụng trong quá trình phản ứng luyện kim.

– Tuổi thọ lò cảm ứng chân không rất thấp $\sim 10 \div 20$ mẻ thép (do sôi kim loại và bào mòn nổi lò mãnh liệt hơn lò cảm ứng bình thường).

– Do đó thép và hợp kim được nấu luyện trong nồi lò cảm ứng chân không thường hay bị lẫn các tạp chất oxyt phi kim. Thời gian nấu luyện kéo dài và sử dụng nhiều chất khử kim loại thì chất lượng thép thành phẩm đã khử lại kém hơn nấu luyện trong lò bình thường.

3.2.2. Luyện thép trong lò hồ quang chân không

Lò điện hồ quang chân không cho phép nấu luyện được những kim loại sạch, khó chảy và hoạt tính hoá học cao như titan, wolfram, uran, đặc biệt luyện được các loại thép hợp kim cao cấp sạch tạp chất phi kim. Sử dụng lò điện hồ quang chân không để nấu luyện kim loại, hợp kim có những ưu việt sau:

– Không có quá trình tác động tương hỗ của kim loại với khí của khí quyển và vật liệu chịu lửa của nồi lò. Quá trình nấu luyện và kết tinh kim loại trong thiết bị đúc đặt ở buồng chân không.

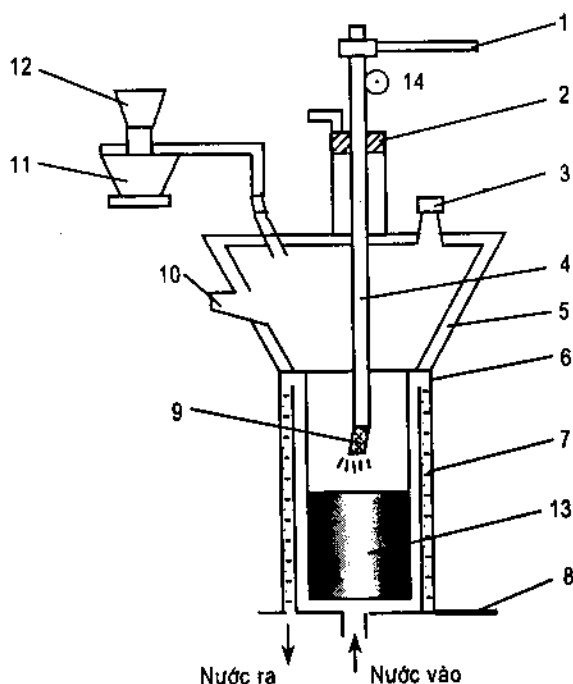
– Thực hiện khử khí trong kim loại rất tốt vì kim loại nóng chảy chuyển từ đầu cuối điện cực vào bình kết tinh theo từng giọt kim loại lỏng nhỏ (giọt kim loại nhỏ có bề mặt tiếp xúc lớn).

– Nhiệt độ cao, năng lượng điện biến thành nhiệt năng tập trung hoàn toàn để nấu chảy liệu.

– Cấu trúc thỏi thép đồng đều và mịn chắc, đúc được loại thỏi to, nhỏ theo yêu cầu.

Lò hồ quang chân không chia làm hai loại: lò có điện cực không bị tiêu hao và loại lò có điện cực tiêu hao (xem hình II.10 và II.11).

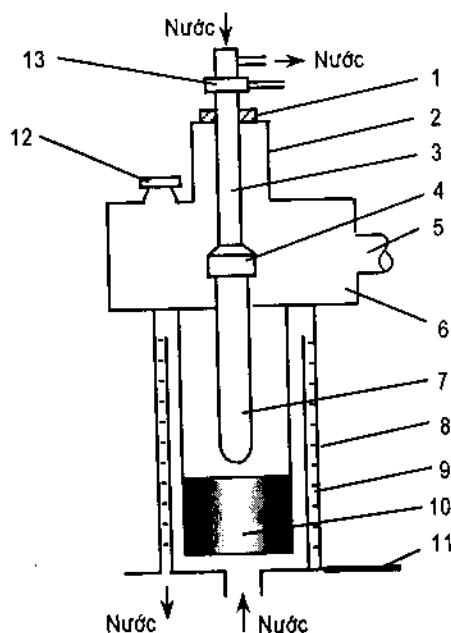
Lò hồ quang chân không có điện cực không bị tiêu hao như điện cực grafit hoặc điện cực bằng hợp kim khó chảy wolfram. Liệu được dùng để nấu luyện thép trong lò thường ở dạng cục hay vụn, được chất vào lò qua lỗ đặc biệt (boong ke chất liệu). Ở lò này cung cấp công suất điện bị hạn chế, hơn nữa kim loại nấu luyện ra bị bắn do tro điện cực cháy và tăng hàm lượng cacbon. Vì vậy loại lò này ít được ứng dụng để nấu luyện kim loại đen.



Hình II.10. Sơ đồ lò hồ quang chân không sử dụng điện cực không tiêu hao:

1- dẫn điện vào; 2- nắp xilanh; 3- lỗ nhìn; 4- cán giữ điện cực; 5- vỏ lò chân không; 6- bình kết tinh; 7- nước làm nguội; 8- thanh dẫn điện; 9- điện cực bằng wolfram; 10- ống dẫn tới bơm chân không; 11- thùng điều hoà liệu; 12- boongke chất liệu; 13- thỏi thép; 14- bộ phận cơ điện nâng hạ điện cực.

Hiện nay ứng dụng phổ biến nhất là loại lò có điện cực tự tiêu hao. Ở trong lò điện cực vừa đóng vai trò là liệu kim loại cần nấu, vừa đóng vai trò thành dẫn điện và phát hồ quang. Hồ quang được phát ra giữa điện cực và kim loại chứa trong bình kết tinh. Trong quá trình nấu luyện, hồ quang phải cháy bền, liên tục, đảm bảo đạt được số lượng điện tử phóng ra từ đầu cuối điện cực catốt. Khi lò làm việc với dòng điện một chiều thì nhiệt độ nung catốt luôn luôn được duy trì không thay đổi.



Hình II.11. Sơ đồ lò hồ quang chân không sử dụng điện cực tiêu hao:

1- nắp xi lanh; 2- buồng kín; 3- xilanh chuyển dịch; 4- cặp cực; 5- buồng lò nối với bơm chân không; 6- buồng lò; 7- điện cực tiêu hao; 8- bình kết tinh; 9- nước làm nguội; 10- thỏi thép; 11- thanh dẫn điện; 12- lò nhìn; 13- thanh dẫn điện.

Khi lò làm việc với dòng điện xoay chiều thì cực luôn luôn thay đổi, đặc biệt trong thời điểm chuyển dòng điện qua điểm không, nhiệt độ nung catốt bị giảm, mật độ dòng phóng ra cũng giảm thấp do đó gây khó khăn cho việc phóng hồ quang bền, liên tục, thời gian nấu luyện bị kéo dài.

Vì vậy hiện nay người ta sử dụng lò điện hồ quang một chiều chân không, có điện cực bị tiêu hao để nấu và tinh luyện thép, kim loại...

Kim loại ở đầu cuối điện cực chỉ bị nóng chảy bởi nhiệt độ cao hơn nhiệt độ chảy của điện cực (điện cực kim loại vừa đóng vai trò dẫn điện vừa đóng vai trò liệu cần nấu luyện lại) và chảy thành giọt nhỏ rơi xuống bình kết tinh. Sự nung quá nhiệt kim loại lỏng phụ thuộc vào độ set (η_{kl}), trọng lượng riêng γ_{kl} và sức căng mặt ngoài σ_{kl} của giọt kim loại lỏng. Vì trong lò điện hồ quang chân không có khả năng nung chảy kim loại (đầu cuối điện cực) với lượng quá nhiệt tương đối lớn nên làm cho các giọt kim loại lỏng rơi từ đầu điện cực xuống bình kết tinh. Bề mặt kim loại lỏng trong bình kết tinh (cực anot) luôn luôn chịu sự bắn phá của các điện tử, do đó bề mặt được tăng thêm nguồn nhiệt phụ. Nhiệt độ ở bề mặt kim loại tăng lên, làm tăng thể tích khối kim loại lỏng. Đồng thời thời thép trong bình kết tinh đạt chất lượng tốt hơn so với đúc thép thông thường.

Chế độ điện ở lò hồ quang chân không ảnh hưởng đến năng suất lò và chất lượng thép. Khi thay đổi cường độ dòng điện làm việc thì công suất hồ quang cũng bị thay đổi theo. Khi tăng cường độ dòng điện thì điện áp hồ quang giảm. Sự liên quan giữa tốc độ nóng chảy điện cực và cường độ dòng điện làm việc là một hàm số đường thẳng. Cường độ dòng điện càng lớn thì tốc độ nung chảy điện cực càng cao. Tăng cường độ dòng điện thì sẽ làm tốt bề mặt thời thép, nhưng dẫn tới tăng chiều cao cột kim loại lỏng trong bình kết tinh, do đó tăng độ co ngót và độ xốp rỗng trong thời thép. Vì vậy để có được thời thép kết tinh đồng đều, mịn chắc thì phải đưa vào lò chế độ điện hợp lý: đầu nóng chảy cần cho dòng điện vào lớn, giữa thời kỳ nấu cần giảm dòng điện làm việc xuống từ từ, cuối thời kỳ nấu hạ dòng điện xuống thấp. Ví dụ: Mật độ dòng điện (chuyển tải dòng) là $15 \div 45$ A/mm đường kính thời thép thì cần phải chuyển tải dòng ở điện cực là $30 \div 60$ A/mm đường kính điện cực.

Đối với thép ổ bi (mác IX15 theo ГОСТ Liên Xô cũ) nên chọn chuyển tải dòng là $10 \div 22$ A/mm đường kính trong của bình kết tinh, còn điện áp dao động trong phạm vi hẹp $\sim 18 \div 22$ V, áp suất chân không là $10^{-2} \div 10^{-3}$ mmHg.

Tốc độ nóng chảy đầu điện cực phụ thuộc vào bản chất kim loại làm điện cực, trọng lượng thời thép và công suất điện đưa vào. Theo kinh nghiệm thực tế thì tốc độ nóng chảy điện cực là $\sim 0,45 \div 0,90$ kg/ph. Quan hệ giữa cường độ dòng điện làm việc và tốc độ nóng chảy điện cực được xác định theo công thức:

$$v = K(I - b), \text{ kg/ph} \quad (\text{II.6})$$

trong đó: v - tốc độ nóng chảy điện cực;

K - hằng số phụ thuộc vào dung lượng lò:

- Đối với lò lớn $K = 0,60 \text{ kg/kA.phút}$;

- Đối với lò nhỏ $K = 0,45 \text{ kg/kA.phút}$;

I - cường độ dòng điện làm việc, kA;

b - hệ số phụ thuộc vào vật liệu làm điện cực:

- Đối với sắt có $b = 0,05 \text{ kA}$;

- Đối với hợp kim $b = 0,6 \text{ kA}$.

Những thông số kỹ thuật và các chỉ tiêu KTKT cơ bản của lò điện hồ quang chân không (số liệu của Liên Xô năm 1985) được nêu ở bảng II.14.

Bảng II.14. Thông số kỹ thuật cơ bản của lò hồ quang chân không

Loại lò HQCK	Thời gian luyện, phút	Điện áp, V	Loại bơm chân không	Năng suất tấn/năm	Kích thước lò HQCK
DCB-3Г1	5 ÷ 10	40	BH-4500 BH-6Г BH-46M	410 ÷ 600	9705×5525×1320
DCB-8Г16	15 ÷ 24 24 ÷ 35	25 ÷ 65	BH-1500 DBH-5000 DBH-15000 2BH-6Г BH-46M	2400 ÷ 3900	12550×12000×19100
DCB-2Г3	17 ÷ 25	25 ÷ 75	2BH-1500 DBH-500 2DBH-500 2BH-65 2BH-46M	29000 ÷ 43000 38000÷57000	15900×35900×23885

Lò hồ quang chân không (HQCK) của hãng Gereus 900 ÷ 1700 kg/mẻ có các kích thước:

- Đường kính bình kết tinh, mm	305	406	508	660
- Đường kính điện cực, mm	230	305	380	550

Bảng II.15. Các kích thước cơ bản của lò HQCK (số liệu năm 1985 của Liên Xô)

Kiểu lò	Dung lượng lò, kg/mẻ	Cường độ dòng điện, kA	Kích thước điện cực		Kích thước lò ϕ , mm
			Dài, mm	Đường kính, mm	
OKB-934	60	12,5	500	300	600
OKB-935	160	12,5	485 ÷ 500	460	1000
OKB-1023	600	25,0	1000	620	1800
OKB-1024	1000	37,5	1000	770	2200
OKB-1072	100	12,5	650	300	600

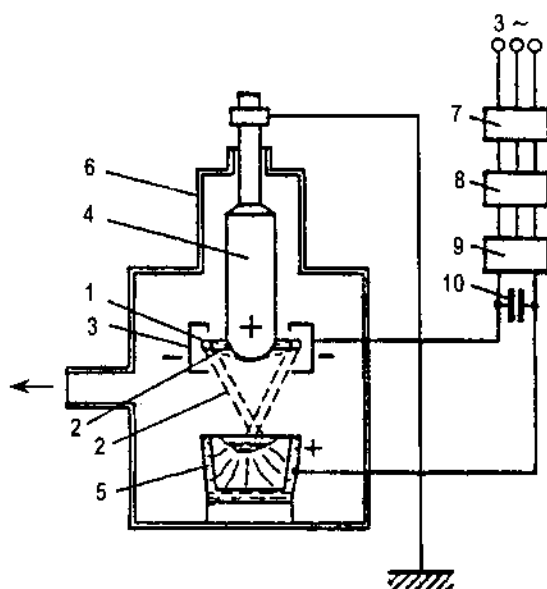
Bảng II.16. Chỉ tiêu sản xuất của lò điện hồ quang chân không (Liên Xô 1985)

Kiểu lò HQCK	Đường kính binh kết tinh, mm	Trọng lượng thời, tấn	Chiều dài điện cực, mm	Đường kính điện cực, mm	Dòng điện, kA	Tốc độ nóng chảy, kg/ph
DCB-3Г1	160 ÷ 200	0,175	3500	90	3 ÷ 6	1,5 ÷ 3,0
OKB-1015A	320	1	3500	215	6 ÷ 11	3 ÷ 7
DCB-6,3	320	1,21	4250	215	6 ÷ 11	3 ÷ 7
OKB-1020A	630	6,17	3750	510	11 ÷ 21	7 ÷ 12
DCB-8Г16	560	8,0	1250	430	10 ÷ 18	6 ÷ 11
DCB-11Г3	630	10,0	6500	500	11 ÷ 21	7 ÷ 12
DCB-1050	1120	37,0	7600	900	20 ÷ 35	12 ÷ 20

Chương 4

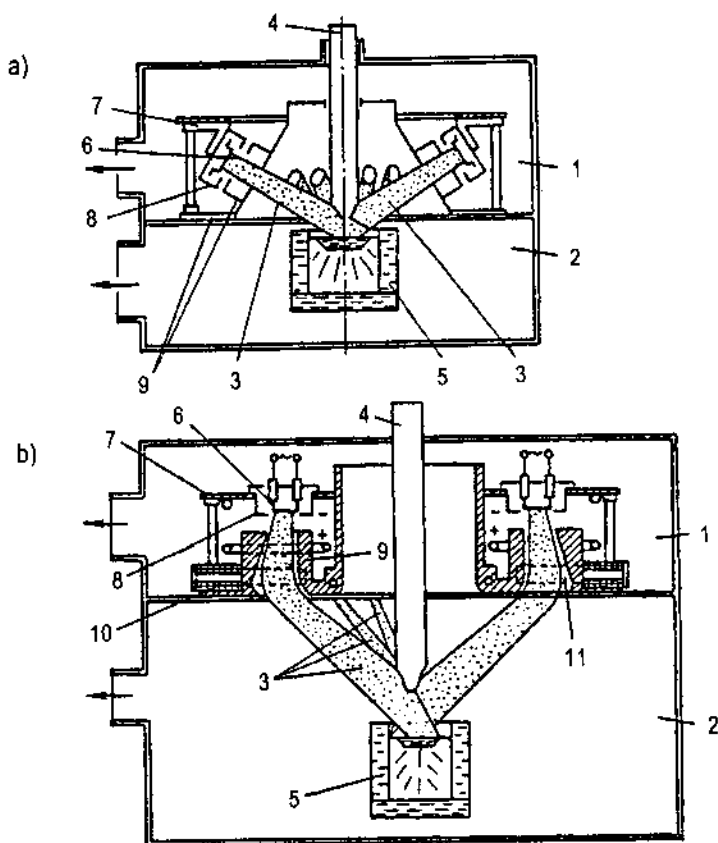
NẤU VÀ TÍNH LUYỆN THÉP, KIM LOẠI TRONG LÒ ĐIỆN TỬ CHÂN KHÔNG

Lò điện tử chân không dùng để luyện kim loại, thép mới được ứng dụng trong những năm gần đây. Lò điện tử chân không là kết hợp giữa lò cảm ứng và lò hồ quang chân không. Kim loại nóng chảy có thể được giữ lại lâu trong lò, độ sạch của kim loại nấu đạt được rất cao vì trong quá trình nấu luyện không có các tạp chất phi kim từ nguyên vật liệu chịu lửa của áo lò đưa vào. Đặc biệt ở lò điện tử chân không đạt được nhiệt độ rất cao, thoả mãn với mọi điều kiện phản ứng luyện kim xảy ra. Vì vậy lò điện tử chân không được ứng dụng để nấu luyện các kim loại khó chảy, các loại hợp kim đặc biệt (xem hình II.12).



Hình II.12. Sơ đồ lò điện tử chân không với điện cực catốt hình ống:

1- thiết bị từ trường cực nhanh; 2- chùm điện tử được phóng xuống kim loại chứa ở lò; 3- cực catốt hình ống; 4- điện cực anốt; 5- nồi lò chứa kim loại; 6- buồng chân không, $P_{ck} = 10^{-4} \div 10^{-6}$ mmHg; 7; 8; 9- các bộ chuyển động tăng điện trường; 10- hệ tự bù $\cos\varphi$.



Hình II.13. Sơ đồ lò điện tử với chùm tia rộng:

1- buồng chân không phục vụ phóng điện tử; 2- buồng chân không phục vụ nấu và kết tinh thép; 3- máng liệu vận để nấu luyện; 4- điện cực ống; 5- bình kết tinh có nước làm nguội; 6- thiết bị từ trường; 7- nắp hộp kim phóng điện tử; 8- cực catốt hình ống; 9- đế cố định máng liệu; 10- thiết bị tạo từ trường cực mạnh; 11- khe hở giữa máng liệu và thiết bị tạo từ trường.

4.1. ƯU KHUYẾT CỦA LÒ ĐIỆN TỬ CHÂN KHÔNG

Ưu điểm:

- Điều chỉnh nhiệt độ kim loại và quá trình nấu chảy dễ dàng và nhanh chóng.
- Tinh luyện kim loại và thép có độ sạch cao, siêu sạch.

– Tận dụng điện năng tốt (tải điện nhanh, nhiệt độ mặt kim loại khá cao).

Ví dụ nấu kim loại tantan trong lò điện tử chân không với tiêu hao điện năng là $12 \div 15 \text{ kW.h/kg}$, còn khi sản xuất tantan bằng thiêu kết đòi hỏi tiêu hao điện năng khá lớn $\sim 1000 \text{ kW.h/kg}$.

Nhược điểm:

– Cấu tạo thiết bị phức tạp, tinh vi, áp suất chân không $P_{\text{ck}} = 10^{-9} \div 10^{-10} \text{ mmHg}$, nhiệt độ lò rất cao lên tới $3000 \div 4000^\circ\text{C}$, do đó có một số nguyên tố hợp kim dễ bị bay hơi trong quá trình nấu luyện.

– Trong quá trình phóng điện tử cực nhanh, bức xạ tia Ronghen nhiều (khoảng 105 chùm điện tử), ảnh hưởng rất lớn đến sức khoẻ của công nhân nấu luyện.

– Dung lượng lò nhỏ ($g = 5 \div 50 \text{ kg/mẻ}$), năng suất không cao, cung cấp điện áp rất lớn $\sim 150 \text{ kV}$, số chùm điện tử cực nhanh nhiều (min 105, max 500 chùm).

4.2. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC CỦA LÒ ĐIỆN TỬ CHÂN KHÔNG

Điện tử tự do được phóng vào từ trường điện cực nhanh với tốc độ rất lớn, chùm điện tử phóng trực tiếp vào vật nung (kim loại cần nấu luyện lại). Khi chùm điện tử hướng tới vật nung thì sinh ra một lượng nhiệt rất lớn và làm nóng chảy kim loại. Cực catôt bằng platin hoặc spinen hợp kim là nguồn cung cấp điện tử tự do. Điện tử được phóng ra bước đầu có tốc độ không lớn, nhưng nếu trong hệ thống đặt cực anôt với điện áp rất cao thì đường đi giữa catôt và anôt, điện tử được phóng ra với tốc độ rất lớn $5 \div 10^5 \text{ km/s}$). Nếu đặt thêm một từ trường nam châm (sau cực anôt) thì các điện tử được tập trung lại trong một thể tích rất bé và hướng tới vật nung rất nhanh. Trong quá trình phóng điện tử không xảy ra sự va chạm của các điện tử với các phân tử khí trong lò nên các điện tử cho vật nung tất cả năng lượng, chỉ có một phần năng lượng rất nhỏ (vài phần trăm) bị tổn hao do bức xạ Ronghen và các quá trình phóng điện tử lần thứ hai. Tốc độ của điện tử được phóng ra $v = 593 \cdot \sqrt{U}$, km/s (II.7) (ở đây: U : điện áp trong từ trường cực nhanh đạt khoảng $15 \div 60 \text{ kV}$)

Khi $U = 30 \text{ kV}$ thì tốc độ phóng điện tử $v = 10^5 \text{ km/giây}$.

Kim loại được chế tạo để làm cực catôt phải thoả mãn hai tính chất sau đây:

- Nhiệt độ nóng chảy rất cao: $t > 3000^{\circ}\text{C}$
- Công sản sinh ra trong quá trình phóng điện tử rất bé.

Ví dụ: Cực catôt bằng volfram có công sinh ra là 4,522 eV và nhiệt độ nóng chảy 3.370°C còn tantan có công thoát 4,10 eV, nhiệt độ nóng chảy 2850°C và mólipden có công thoát 4,3 eV và nhiệt độ nóng chảy 2620°C (eV: electron von).

Chùm điện tử được phóng vào từ điện trường tác dụng tương hỗ với từ trường nam châm, từ trường nam châm làm thay đổi quỹ đạo của chúng. Chúng ta xem xét ba trường hợp sau đây:

- Chuyển động của chùm điện tử song song với từ trường nam châm, tác động của từ trường nam châm vào các chùm điện tử bằng không.

- Chuyển động của chùm điện tử vuông góc với từ trường nam châm, quỹ đạo của chùm điện tử dưới tác động của từ trường nam châm bị xoắn lại và đường đi của điện tử tạo nên một vòng tròn khép kín trong một mặt phẳng vuông góc với từ trường nam châm. Bán kính vòng tròn khép kín được xác định theo công thức sau:

$$r = \frac{m \cdot v}{e \cdot H}, \quad m \quad (\text{II.8})$$

trong đó: v - tốc độ chuyển động của điện tử;

m - khối lượng điện tử;

e - điện tích của điện tử;

H - thế từ trường nam châm.

Tốc độ chuyển động của điện tử tạo nên một góc lệch với từ trường nam châm, trong trường hợp này điện tử chuyển động theo đường xoắn ốc, bao quanh từ trường nam châm. Khi tác động đồng thời trên điện tử đang bay một từ trường điện một chiều và một từ trường nam châm thì quỹ đạo của các điện tử trở nên phức tạp hơn, gọi là “con gió lốc”, tức là đường đi của chúng bị xoắn lại rất mạnh và tốc độ chuyển động của điện tử rất lớn.

4.3. CHỈ TIÊU KỸ THUẬT CỦA Lò ĐIỆN TỬ CHÂN KHÔNG

Các chỉ tiêu kỹ thuật của lò điện tử chân không được nêu ở bảng II.17, II.18 và II.19.

Bảng II.17. Chỉ tiêu KTKT của lò điện tử chân không 1400 kW

Vật liệu	Sản lượng, tấn/năm	Đường kính thỏi, mm
1. Volfram	162	150
2. Tantan	270	200
3. Molipđen	324	300
4. Niobi	324	300
5. Hợp kim niken	648	500
6. Hợp kim crom	648	500

Bảng II.18. Chỉ tiêu kỹ thuật khi nấu niobi trong lò điện tử chân không

Thao tác	% oxy	% nitơ	% cacbon
1. Trong liệu	0,094	0,0580	0,046
2. Nấu lần 1	0,058	0,0054	—
3. Nấu lần 2	0,0045	0,0020	0,0040
4. Nấu lần 3	0,0018	0,0016	0,0008

Bảng II.19. Chỉ tiêu kỹ thuật khi nấu volfram

Các nguyên tố	Hàm lượng		
	Liệu	Lò hồ quang CK	Lò điện tử CK
Oxy	0,054	0,0010	0,0005
Nitơ	0,006	0,0003	0,0001
Hydro	0,001	0,0001	0,0001
Cacbon	0,022	0,0020	0,0005

Còn khi luyện tantan trong lò điện tử chân không cho ta kết quả sau: (liệu bột tantan).

- Luyện lại lần 1: oxy giảm 81%, nitơ giảm 40%, hydro giảm 75%.
- Luyện lại lần 2: oxy giảm 97%, nitơ giảm 57%, cacbon giảm 54%.

NẤU VÀ TÍNH LUYỆN KIM LOẠI, THÉP TRONG LÒ PLASMA

5.1. BẢN CHẤT VÀ NGUYÊN LÝ CỦA PLASMA

– Plasma là khí được ion hoá gồm các điện tử, ion dương, nguyên tử trung tính và phân tử. Trong luyện kim người ta ứng dụng plasma với nhiệt độ thấp, mức độ ion hoá của plasma $\approx 10\%$.

– Tính chất trung tính bình phương của plasma là điều kiện cần thiết tạo ra plasma, nghĩa là không còn tồn tại quá trình phóng điện kiểu này hay kiểu khác trong môi trường plasma nấu luyện kim loại. Để làm rõ điều kiện trên cần phải có kích thước hình học của khối plasma (r) lớn vượt quá bán kính gốc (r_0) của plasma:

$$r \gg r_0 = 5 \cdot \sqrt{\frac{T_e}{n}} \quad (II.9)$$

trong đó: T_e - nhiệt độ tuyệt đối của các điện tử, °K;

n - số các phân tử phóng điện.

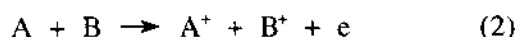
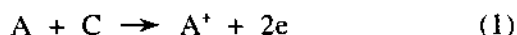
Thực tế trong thiết bị luyện kim, điều kiện trên luôn luôn được duy trì.

Thiết bị tạo ra plasma hồ quang và plasma cảm ứng cho ta các loại plasma khác nhau. Trong trường hợp đầu, plasma được tạo thành khí phân ly và ion hoá khí ở trong vùng cháy của hồ quang dòng điện một chiều, còn trong trường hợp thứ hai plasma được tạo ra do tác động trong môi trường khí có từ trường điện tần số cao. Ở trường hợp này plasma có thể được tạo ra trong áp suất khí quyển cũng như trong môi trường chân không. Sự tạo thành plasma trong chân không là phương pháp đắt tiền nhất và chỉ ứng dụng trong một số trường hợp như nấu và tinh luyện vật liệu bán dẫn. Trong thiết bị plasma quá trình nung nóng xảy ra do nhiệt vật lý của plasma (nhiệt lượng của các phân tử trung tính của khí bị ion hoá và nhiệt lượng tạo ra các phân tử, nguyên tử. Khi mức độ phân ly và ion hoá khí càng lớn thì tác động nhiệt của plasma lại càng cao (bảng II.20).

Bảng II.20. Quá trình phân ly và ion hoá khí

Các khí	Khí bị phân ly	Khí bị ion hoá
Nitơ (N ₂)	$N_2 \rightarrow 2N - 225$	$N \rightarrow N^+ + e - 336$ $N \rightarrow N^{2+} + 2e - 682$
Oxy (O ₂)	$O_2 \rightarrow 2O - 118$	$O \rightarrow O^+ + e - 315$ $O \rightarrow O^{2+} + 2e - 810$
Hydro (H ₂)	$H_2 \rightarrow 2H - 103,5$	$H \rightarrow H^+ + e - 314$
Argon (Ar)	-	$Ar \rightarrow Ar^+ + e - 362$

Sự ion hoá của nguyên tử khí xảy ra hoặc điện tử hoặc ion dương theo phản ứng:



Phản ứng đầu (1) xảy ra khi năng lượng động học của các điện tử tự do vượt quá năng lượng ion hoá các nguyên tử ($E \cdot U_H$). Đại lượng $E \cdot U_H$ là thế năng của ion hoá. Phản ứng thứ hai (2) xảy ra khi ion hoá B^+ với trọng lượng m_B có năng lượng động học $\geq \frac{m_A + m_B}{m_A} \cdot E \cdot U_H$.

ở đây: m_A là khối lượng nguyên tử A trong trạng thái yên tĩnh.

Vì vậy sự ion hoá tạo ra các ion dương yêu cầu phải có đại lượng năng lượng nhiệt lớn hơn nhiều so với sự ion hoá tạo ra các điện tử.

Hiện nay người ta ứng dụng khí argon rất phổ biến để tạo ra plasma. Trong môi trường khí argon, khả năng xảy ra ion hoá tạo ra các ion dương rất lớn. Ngoài ra, argon là một khí hoàn toàn trung tính. Sự ion hoá Ar có thể xảy ra một phần tạo ra ion Ar^{2+} , còn nitơ tạo ra N^{2+} và N^{3+} khi nhiệt độ lớn hơn nhiệt độ max của plasma. Plasma hồ quang phóng chùm plasma rất mạnh và lớn hơn plasma tia (cảm ứng); còn plasma tia sử dụng công suất điện thấp hơn so với công suất điện của plasma hồ quang.

5.2. ĐIỀU KIỆN KỸ THUẬT CỦA PLASMA

Mật độ điện tử phóng ra và nhiệt độ tuyệt đối của plasma hồ quang phụ thuộc vào bản chất của khí và cường độ dòng điện trong plasma.

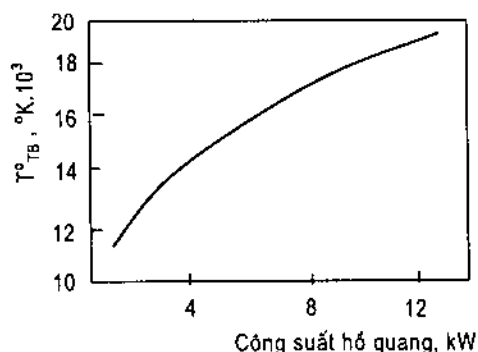
Mật độ điện tử trong 1 cm^3 plasma gọi là n_e và nhiệt độ tuyệt đối của plasma là T_e được xác định cụ thể như sau: Theo ông V. I. Finkel Burge và G. Mekker plasma có cường độ dòng điện thấp trong không khí và khí trơ:

$$n_e = 10^{15} \div 10^{16} ; \quad T_e = 6000 \div 7000^\circ\text{K}$$

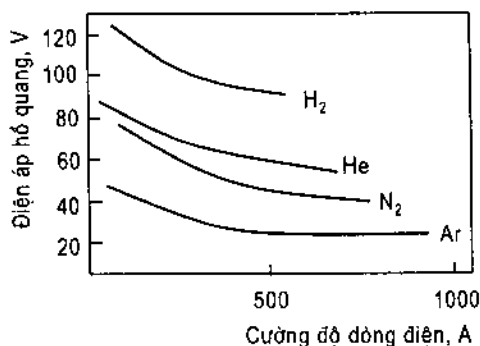
Trong không khí: $n_e = 1.10^{16} \div 3.10^{16} ; \quad T_e = 10.000 \div 12.000^\circ\text{K};$

Trong argon: $n_e = 1.10^{17} \div 2.10^{17} ; \quad T_e = 28.000 \div 30.000^\circ\text{K};$

(xem hình II.14 và II.15).



Hình II.14. Liên quan giữa công suất hồ quang và T_{TB} của tia plasma (plasma cảm ứng).



Hình II.15. Đặc tính von-ampe của tia plasma (plasma cảm ứng).

Như vậy chúng ta thấy rõ trong thiết bị plasma cảm ứng (tia plasma) được cung cấp công suất (không lớn hơn 12 kW) và dòng điện thấp (không lớn hơn 1000 A).

Theo đồ thị trên hình II.14 và II.15, chúng ta có nhận xét như sau:

- Công suất điện hồ quang càng lớn thì khả năng tạo ra plasma có nhiệt độ càng cao.
- Trong khoảng công suất điện từ 1 ÷ 5 kW, tốc độ tăng nhiệt độ trong plasma rất chậm, ngược lại tăng rất nhanh khi công suất hồ quang đạt từ 8 ÷ 12 kW.
- Dòng điện hồ quang càng tăng thì điện áp hồ quang càng giảm.
- Khi dòng điện hồ quang cung cấp cố định thì điện áp hồ quang thay đổi phụ thuộc vào từng loại khí.

– Điện áp hồ quang yêu cầu cao nhất đối với khí hydro và thấp nhất đối với khí Ar. Điều đó khẳng định rằng trong thiết bị plasma với khí argon là dễ thực hiện tạo ra plasma - argon để tinh luyện kim loại có chất lượng cao.

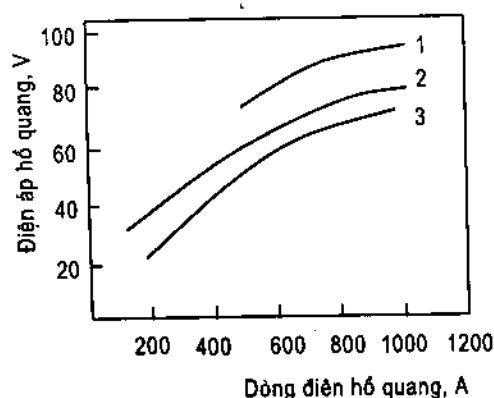
Khi plasma có dòng điện $800 + 1000$ A thì điện áp hồ quang không phụ thuộc vào cường độ dòng điện, điều đó phù hợp với tính chất của hồ quang thông thường với dòng điện một chiều.

Tổng công suất điện trong thiết bị plasma được chi phối như sau:

- Tiêu hao do nước làm nguội: $15 + 25\%$
- Tiêu hao do bức xạ nhiệt vào môi trường xung quanh $25 + 40\%$
- Nhiệt hữu ích: $30 + 60\%$

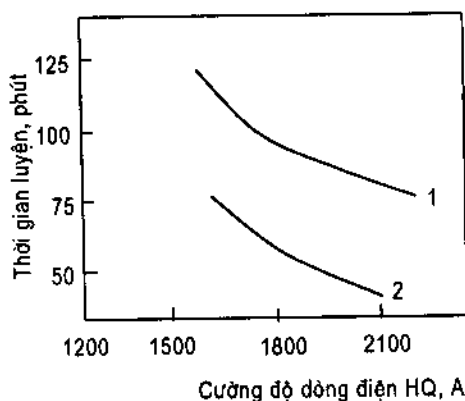
Hiệu suất nhiệt của thiết bị plasma hồ quang là 60%, còn thiết bị plasma trong từ trường cảm ứng là 30% (tổn hao 70%).

Đặc tính von – ampe của plasma hồ quang được giới thiệu trên hình II.16.



Hình II.16. Tính chất von – ampe của hồ quang plasma:

- 1- chiều dài hồ quang $L_{HQ} = 100$ mm;
- 2- chiều dài hồ quang $L_{HQ} = 90$ mm;
- 3- chiều dài hồ quang $L_{HQ} = 70$ mm.



Hình II.17. Sự liên quan giữa cường độ dòng điện với thời gian luyện:

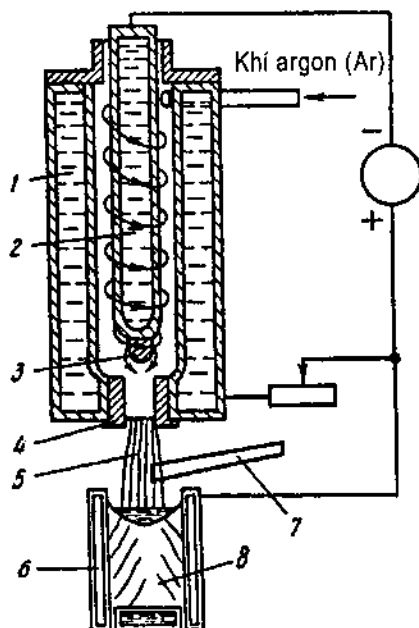
- 1- chiều dài hồ quang $L_{HQ} = 100$ mm;
- 2- chiều dài hồ quang $L_{HQ} = 400$ mm.

Vậy chiều dài hồ quang L_{HQ} phụ thuộc vào điện áp hồ quang. Điện áp hồ quang càng lớn thì tia hồ quang càng dài, do đó luyện kim loại càng nhanh.

5.3. LÒ PLASMA CÔNG NGHIỆP

Ở Liên Xô (cũ) lò plasma do Viện Hàn điện mang tên E. O. Patôn thiết kế theo hình II.18.

Lò gồm có buồng kín, trong nắp đáy có xuyên vào một thanh kim loại, thanh kim loại này được dính với kim loại cần nấu. Thanh kim loại dịch chuyển lên xuống và quay tròn nhờ một bộ phận cơ điện điều khiển, còn thỏi thép được kéo xuống đáy bằng bộ phận cơ điện khác điều khiển. Tốc độ kéo thỏi thép phải phù hợp với tốc độ di chuyển của thanh kim loại. Hệ số tận dụng có ích của lò plasma bằng khí argon đạt được $40 \div 45\%$. Lò này dùng để nấu kim loại hiếm quý, hợp kim chịu nóng với công suất điện $1800 \div 2000$ kW. Nấu lại thép kết cấu có độ bền cao và đúc thỏi nặng $3500 \div 5000$ kg/thỏi.



Hình II.18. Sơ đồ thiết bị nung plasma của Liên Xô cũ:

- 1- buồng plasma có nước làm nguội; 2- cực catốt có nước làm nguội; 3- đầu volfram; 4- hợp kim đồng; 5- chùm plasma; 6- bình kết tinh có nước làm nguội; 7- thanh kim loại cần nấu; 8- thỏi thép.

Trên hình II.19, giới thiệu sơ đồ lò plasma cảm ứng của Nhật Bản có dung lượng 500 kg/mẻ. Lò có mô plasma với công suất điện 200 kW, cuộn cảm ứng (2) cùng công suất, lỗ (3) để cảm nhiệt kế đo nhiệt độ trong lò, boong ke (4) để chất kim loại phụ, lỗ tháo thép (5), điện cực đáy bằng grafit (6). Tiêu tốn khí argon $\sim 5 + 6 \text{ m}^3/\text{giờ}$, dòng điện plasma là 200 A. Đáy lò được đầm bằng vật liệu chịu lửa đặc biệt (oxit zirconi) đảm bảo ngăn cản không cho kim loại tăng cacbon. Lò plasma ở hình II.20 dùng để nấu luyện thép có một hoặc nhiều đầu plasma (1) tạo ra chùm plasma hồ quang dài (2), cực anốt đáy bằng hợp kim đồng có nước làm nguội (3). Cung cấp điện cho lò do máy chỉnh lưu bán dẫn (4). Cực âm được nối với catốt (5) có nước làm nguội, còn cực dương được nối với cực đáy (3); lò có lỗ điện dây cát để phòng sự cố do giãn nở thể tích của nắp lò, cửa thao tác (7), lỗ nhìn quan sát trong lò (8). Để quay kim loại trong lò người ta đã có đặt bộ phận ruốt xoắn (9).

Ở Cộng hoà Dân chủ Đức (cũ) đã xây dựng lò plasma cỡ lớn rất là hợp lý, có ba đầu plasma có thể quay nghiêng lò hoặc có thể thay đổi vị trí dòng plasma, do đó làm cho quá trình nấu chảy nhanh, giảm mất mát tiêu hao điện năng. Trong lò công nghiệp này không có cực anốt đáy và bộ phận xoắn ốc, nên lò làm việc chắc chắn và đảm bảo an toàn.

Chỉ tiêu kỹ thuật quan trọng của lò hồ quang plasma là đại lượng hiệu suất nhiệt hữu ích. Đại lượng được nâng cao khi tăng dòng điện hồ quang và tăng rất hạn chế khi tăng lượng khí argon và đường kính vòi phun. Lò hồ quang plasma được sử dụng để nấu thép hợp kim cao cấp, thời gian nấu $60 + 90$ phút. Lò làm việc với plasma hồ quang dài $L_{HQ} = 900 \text{ mm}$, thay đổi dòng điện và điện áp hồ quang dao động rất ít ($2 + 3\%$), tiêu hao điện năng $0,75 + 0,90 \text{ kW.h/kg}$ thép. Hiện nay trên thế giới người ta sử dụng phổ biến là lò plasma hồ quang với dung lượng lò $1000 + 3000 \text{ kg/mẻ}$ thép. Lò có điện cực catốt bằng thanh đặc wolfram được dùng để nấu luyện hợp kim khó chảy, kim loại có hoạt tính hoá học cao và các hợp kim đặc biệt khác. Lò không có cực đáy và bộ phận quay lò hình xoắn ốc, có thể làm việc với áp suất dao động lớn từ 1.10^{-2} đến 1 mmHg (áp suất chân không không sâu), do đó dễ thiết kế xây dựng lò lớn hơn và rẻ tiền hơn.

CÔNG NGHỆ NẤU VÀ TÍNH LUYỆN THÉP TRONG LÒ ĐIỆN XỈ

6.1. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC CỦA LÒ ĐIỆN XỈ

Trong quá trình truyền điện qua lớp xỉ (điện trở của xỉ lớn) năng lượng điện biến thành nhiệt năng theo định luật Joule - Lenz. Lượng nhiệt lớn vào xỉ và nung chảy xỉ tới $1700 + 2000^{\circ}\text{C}$. Xỉ quá nhiệt làm chảy kim loại của điện cực (điện cực vừa là dẫn điện vừa là mẻ liệu kim loại cần nấu lại). Khi nóng chảy giọt kim loại ở đầu cuối điện cực được tách khỏi điện cực và tiếp xúc với lớp xỉ lỏng, được tính luyện khử hết tạp chất phi kim, nhất là lưu huỳnh bị khử đến $80 + 90\%$. Quá trình nóng chảy kim loại và kết tinh kim loại xảy ra trong bình kết tinh bằng đồng có nước làm nguội thành bình (hình II.22 và II.23).

Bằng cách chọn tốc độ di chuyển điện cực, đại lượng điện áp, cường độ dòng điện, độ dày của xỉ... một cách hợp lý thì chúng ta có thể đạt được năng suất lò cao, tạo điều kiện kết tinh thời thép tốt.

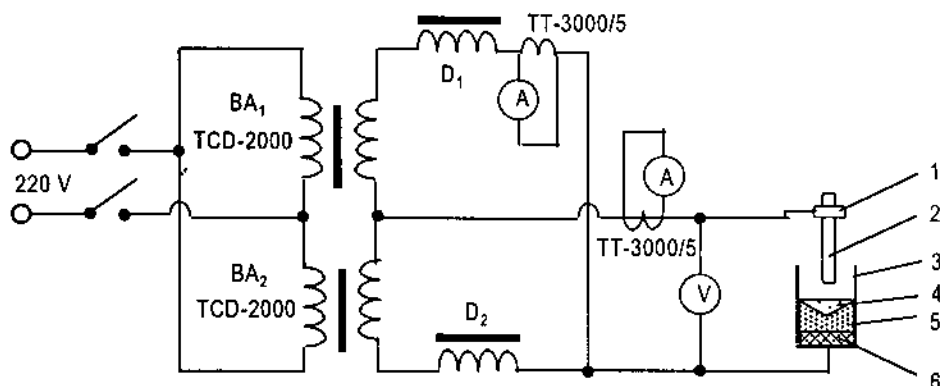
Ưu điểm của phương pháp điện xỉ:

- Kim loại lỏng trong quá trình nấu luyện và kết tinh hoàn toàn không tiếp xúc với nguyên vật liệu chịu lửa, do đó chất lượng thép luyện ra đạt khá cao.
- Trong quá trình nấu chảy, các giọt kim loại lỏng luôn luôn tiếp xúc với xỉ lỏng, nên được xỉ lọc hết các tạp chất có hại trong thép.
- Thỏi thép có bề mặt tốt, ít bị khí xâm nhập vào, do đó thỏi rắn chắc, mịn, đặc biệt không có hiện tượng thiên tích trong quá trình kết tinh.
- Thiết bị, lò có cấu tạo đơn giản, dễ chế tạo và dễ thao tác nấu luyện, hiệu quả làm việc của lò tương đối cao.

6.2. CẤU TẠO LÒ VÀ THIẾT BỊ

Theo mạch điện, lò điện xỉ có 1 pha và 3 pha. Đối với lò cỡ nhỏ được sử dụng để thí nghiệm hoặc nghiên cứu khoa học thường được chế tạo theo 1 pha (hình II.21). Còn lò điện xỉ trong công nghiệp được chế tạo theo 3 pha. Lò điện

xi 1 pha được cung cấp nguồn điện có điện áp 220 V vào qua hai máy biến áp hàn loại TCD-2000/5 và TT-3000/5. Nguồn điện được dẫn vào cặp điện cực và đáy bình kết tinh. Cường độ dòng điện làm việc max 3000 A, điện áp vào 40 V, công suất điện 120 kVA (hình II.21).



Hình II.21. Sơ đồ thiết bị điện của lò điện xi 1 pha:

$BA_1 + BA_2$: hai biến áp hàn loại TCD-2000; D_1 và D_2 : cuộn cảm kháng nắn dòng; 1- cặp điện cực; 2- điện cực kim loại cần nấu luyện lại; 3- bình kết tinh bằng ống đồng; 4- bể kim loại lỏng; 5- thỏi thép; 6- đế bình kết tinh.

Để điều chỉnh cường độ dòng điện và điện áp vào lò bằng cách thay đổi trở kháng của cuộn drossel D_1 và D_2 và độ dày lớp xỉ. Điều chỉnh điện trở của xỉ lỏng bằng cách thay đổi vị trí điện cực (dịch điện cực lên xuống trong lò). Đường kính điện cực kim loại là $40 \div 100$ mm, đường kính bình kết tinh là $100 \div 180$ mm. Thông thường nên chọn tỷ lệ giữa đường kính điện cực và đường kính bình kết tinh.

$$\frac{d_{dc}}{D_K} = \frac{1}{3} \div \frac{1}{2}.$$

trong đó: d_{dc} - đường kính điện cực kim loại cần nấu luyện lại;

D_K - đường kính bình kết tinh.

Theo thực tế, căn cứ vào tốc độ nóng chảy điện cực để tính năng suất lò:

$$G = V_d \left(1 + \frac{d_{dc}}{D_K}\right) \cdot q, \quad \text{kg/h} \quad (\text{II.10})$$

trong đó: G - năng suất lò;

V_d - tốc độ di chuyển điện cực, m/h;

D_{dc} - đường kính điện cực, m;

D_k - đường kính bình kết tinh, m;

q - trọng lượng kim loại nóng chảy theo 1 m dài của điện cực, kg/m.

Nhược điểm của sơ đồ cấu tạo lò điện xỉ 1 pha là thao tác nối điện trên hộp đế (1) phức tạp vì ở đây nhiệt độ để cao, dây điện nối để phải dài, trở kháng rất lớn, ngoài ra hay bị lệch pha điện nên dễ bị giật chết người, nhất là ẩm ướt (xem hình II.22).

Để khắc phục nhược điểm trên, người ta thường nối theo sơ đồ 3 pha 3 điện cực 3 bình kết tinh hoặc nối 3 pha 3 cực trong 1 bình kết tinh (hình II.25) Theo sơ đồ này thì có thể nấu luyện, đúc thời lớn ≥ 10 tấn/thời, cũng có thể đúc được ống theo yêu cầu. Đây là một vấn đề có ý nghĩa rất lớn khi sản xuất thép ống không hàn như ống thép không gỉ, ống thép hợp kim chịu nhiệt, chịu áp lực cao...

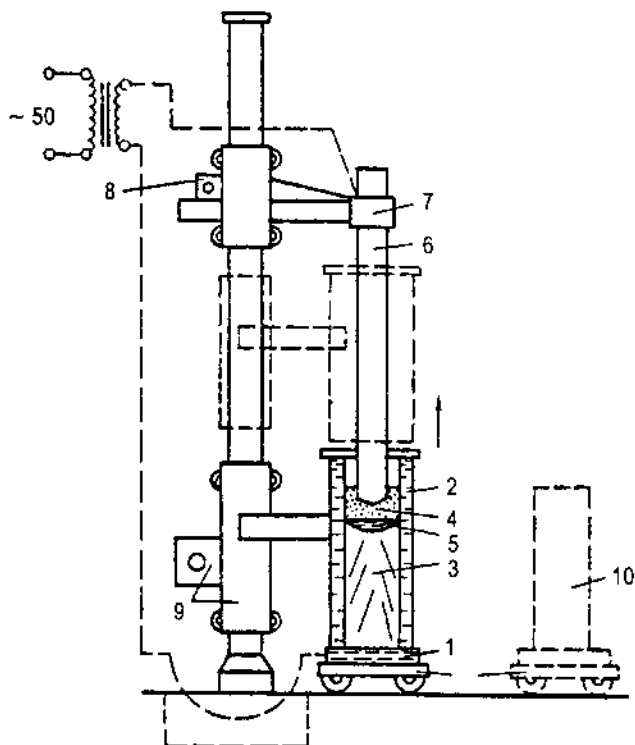
Vì vậy hiện nay hay sử dụng lò điện xỉ 3 pha để nấu lại các loại thép hợp kim đặc biệt có chất lượng cao, giá thành thấp hơn nhiều khi nấu chúng trong lò điện chân không, lò điện từ chân không và lò plasma. Khi nấu lại thép trong lò điện xỉ thì có khả năng khử lưu huỳnh triệt để, khử dễ dàng các tạp chất phi kim dạng cầu to, các khí có hại v.v. Vì vậy hiện nay người ta ứng dụng lò điện xỉ rộng rãi và phổ biến hơn nấu lại thép trong lò chân không.

Sơ đồ đơn giản của lò điện xỉ 1 pha nấu lại được giới thiệu trên hình II.22.

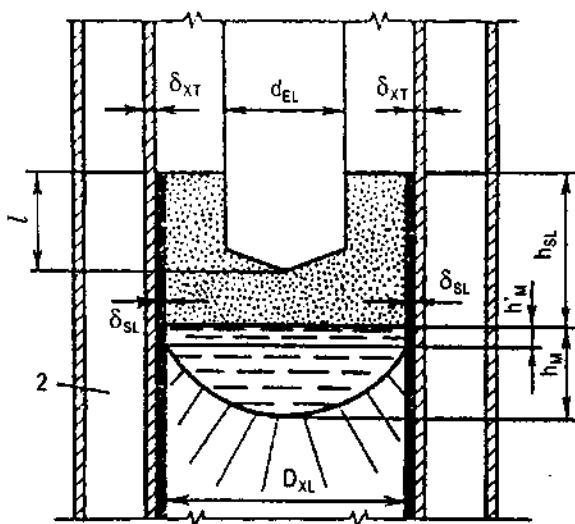
Lò có hộp đế (1) có nước làm nguội bên trong và được nối với nguồn điện, một bình kết tinh (2) trong bình tạo ra thời thép (3), dưới lớp xỉ lỏng (4), trên bề mặt thời thép, trong quá trình nấu luôn luôn giữ một bể kim loại lỏng (5). Điện cực kim loại nấu lại (6) được giữ chặt với xà ngang (7) và được nâng lên hạ xuống nhờ có bộ phận cơ điện (8). Sau khi nấu xong, bình kết tinh (2) được nâng lên phía trên nhờ bộ phận cơ điện (9) còn thời thép (3) trên bề (1) được đưa ra khỏi lò bằng bộ phận xe 4 bánh (10).

6.3. XỈ ĐƯỢC SỬ DỤNG TRONG LÒ ĐIỆN XỈ

Xỉ được tạo ra trong lò điện xỉ là một vấn đề rất quan trọng ảnh hưởng rất lớn đến việc tinh luyện thép, chất lượng sản phẩm và năng suất lò. Xỉ đóng vai trò dẫn điện, dẫn nhiệt tốt, đó là một điều kiện thuận lợi nhất để khử triệt để lưu huỳnh trong thép, đồng thời có những mầm kết tinh luôn luôn tiếp xúc với kim



Hình II.22. Sơ đồ cấu tạo lò điện xỉ.



Hình II.23. Sơ đồ nguyên lý làm việc của lò điện xỉ.

loại lỏng trong quá trình nấu lại để lôi kéo hoặc kết tụ các tạp chất phi kim trong khối kim loại lỏng và tách chúng ra khỏi kim loại.

Thông thường hay dùng ba loại xỉ khác nhau để tinh luyện thép trong lò điện xỉ: Xi ANF-6, xỉ ANF-7 và ANF-8.

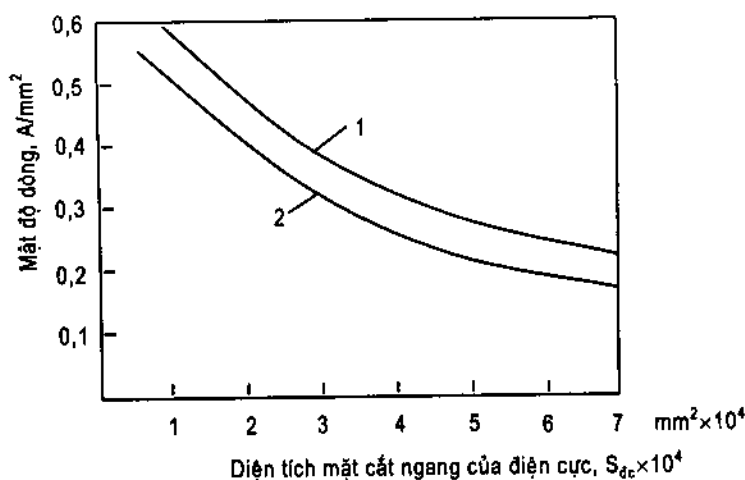
Mật độ dòng điện làm việc phụ thuộc nhiều yếu tố, trong đó đặc biệt là điện trở của xỉ, điện trở của xỉ được xác định bởi thành phần và tính chất của xỉ.

– Xi loại ANF-6 có thành phần hoá học:

$\text{CaF}_2 = 57 \div 65\%$; $\text{CaO} = 4 \div 4,5\%$, $\text{FeO} = 0,15\%$, $\text{S} = 0,03 \div 0,05\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 25 \div 30\%$, $\text{SiO}_2 = 0,7 \div 2\%$, $\text{MgO} = 0,3 \div 0,9\%$, $t = 1390^\circ\text{C}$, $\gamma_{\text{xi}} = 3,2 \text{ g/cm}^3$.

– Xi ANF-7 có thành phần hoá học: $\text{CaF}_2 = 95\%$, $\text{CaO} = 5\%$, $t = 1320 \div 1340^\circ\text{C}$, $\gamma_{\text{xi}} = 2,4 \text{ g/cm}^3$.

– Xi ANF-8 có thành phần hoá học: $\text{SiO}_2 = 75 \div 85\%$, $\text{MgO} = 15 \div 25\%$, $t = 1270 \div 1300^\circ\text{C}$, $\gamma_{\text{xi}} = 3,4 \text{ g/cm}^3$.



Hình II.24. Mật độ dòng trong điện cực phụ thuộc vào thành phần xỉ và diện tích cắt ngang của điện cực:

1- xỉ ANF-7; 2- xỉ ANF-6.

Hiện nay người ta sử dụng phổ biến xỉ loại ANF-6 để tinh luyện thép trong lò điện xỉ. Xi ANF-6 có tính chất chảy loãng tốt ở $t > 1600^\circ\text{C}$.

– Ngoài thành phần xỉ, loại dòng điện cũng ảnh hưởng đến việc khử lưu huỳnh trong thép khi tiến hành nấu lại trong lò điện xỉ (xem bảng II.21).

Bảng II.21. Ảnh hưởng loại dòng điện tới việc khử lưu huỳnh trong thép.

Loại dòng điện	Phân cực	[%S] trong thép			
		Ban đầu	Xỉ AN-8	Xỉ ANF-6	Xỉ ANF-7
Xoay chiều	~	0,032	0,035	0,013	0,006
Một chiều	Thuận (-)	0,032	0,032	0,035	0,034
Một chiều	Thuận (+)	0,032	0,032	0,015	0,015

Qua kết quả ở bảng II.21, chúng ta có kết luận:

– Xỉ loại silicat ANF-8 không có tác dụng khử lưu huỳnh, trong quá trình nấu lại thép ở lò điện xỉ bởi vì xỉ có điện trở cao, xỉ rất sệt, đặc biệt xỉ này bám dính với kim loại tốt, nên không có khả năng lọc và tách tạp chất lưu huỳnh [S] ra khỏi kim loại.

– Sử dụng xỉ ANF-6 và ANF-7 để tinh luyện thép trong lò điện xỉ xoay chiều thì khả năng khử lưu huỳnh rất tốt bởi vì có dòng điện luôn luôn đổi cực trong quá trình nấu luyện làm tăng bề mặt tiếp xúc giữa xỉ và kim loại lỏng, đặc biệt tần số tiếp xúc đạt được rất cao. Vì vậy kết quả khử lưu huỳnh trong thép triệt để, hàm lượng lưu huỳnh [S] rất thấp $0,013 \div 0,006\%$.

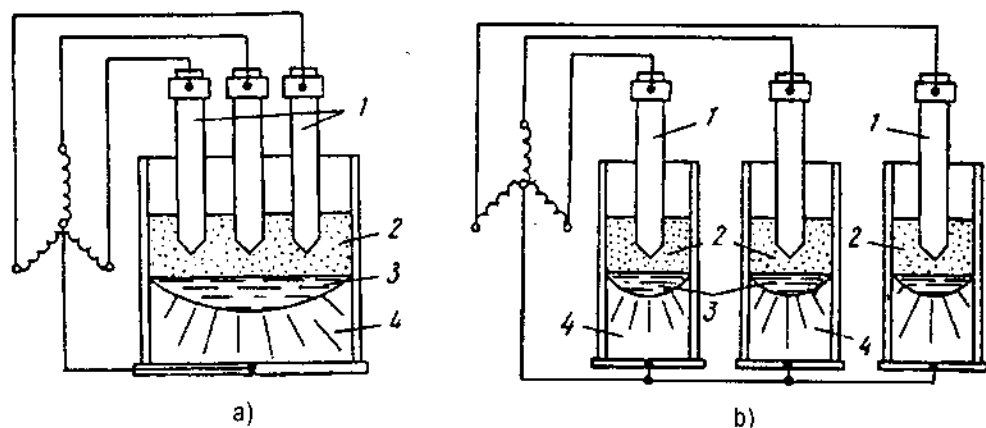
– Công nghệ nấu luyện lại thép trong lò điện xỉ bằng xỉ ANF-6 thu được kết quả mỹ mãn bởi vì xỉ ANF-6 có các tính chất hoá lý phù hợp với quá trình tinh luyện thép.

– Có tính dẫn điện cao $\frac{1}{\rho} = 3,1 \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$, độ sệt rất thấp $\eta_{xi} = 0,11 \div 0,07$ P (poise). Ở nhiệt độ $t = 1600 \div 1750^\circ\text{C}$ khối lượng riêng $\gamma = 2,50 \text{ g/cm}^3$ và sức căng mặt ngoài $\sigma_{hm} \approx 270 \div 280 \text{ erg/cm}^2$ ở $t = 1600^\circ\text{C}$.

– Một số tính chất hoá lý của xỉ ANF-6 được nêu ở bảng II.22.

Bảng II.22. Tính chất hoá lý của xỉ $\text{CaF}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ (ANF-6) thay đổi theo nhiệt độ lò.

Thông số hoá lý	Nhiệt độ của xỉ, $^\circ\text{C}$							
	1400	1450	1500	1550	1600	1650	1700	1750
– Độ dẫn điện, $\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$	0,85	1,40	1,75	2,10	2,40	2,65	2,95	3,10
– Độ sệt xỉ η_{xi} , P	0,50	0,26	0,18	0,14	0,11	0,10	0,08	0,07



Hình II.25. Sơ đồ mạch điện của lò điện xỉ 3 pha trong công nghiệp:

a- ba điện cực được bố trí trong một bình kết tinh;

b- ba điện cực được bố trí trong ba bình kết tinh;

1- điện cực cần nấu lại; 2- bể xỉ lỏng;

3- bể kim loại lỏng; 4- thỏi thép.

Qua kết quả nêu ở bảng II.22, ta có nhận xét sau:

– Khi nhiệt độ trong lò đạt được $1650 \div 1750^{\circ}\text{C}$ thì xỉ $\text{CaF}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ có độ dẫn điện cao, độ loãng rất tốt, do đó tạo điều kiện thuận lợi để khử các tạp chất có hại và tinh luyện kim loại tốt nhất.

– Quá trình nấu và tinh luyện thép trong lò điện xỉ cần phải thực hiện ở nhiệt độ cao $t \geq 1700^{\circ}\text{C}$. Muốn vậy cần phải tiến hành nấu chảy xỉ ở trong lò điện với nồi lò được đầm bằng hỗn hợp than. Sau đó rót xỉ lỏng có $t > 1700^{\circ}\text{C}$ vào lò điện xỉ và tiến hành nấu luyện.

– Mức độ khử [P] và oxy [O] trong thép được nêu ở bảng II.23 và II.24.

Bảng II.23. Hàm lượng [P] trong thép khi sử dụng xỉ ANF-6 trong lò điện xỉ.

Mác thép	Hàm lượng [P] ban đầu và trong thỏi thép, %			
	Ban đầu	Đáy thỏi	Giữa thỏi	Đầu thỏi
CT ₃	0,054	0,012	0,017	0,026
Thép không gỉ (Cr ₁₈ Ni ₉ Ti)	0,022	0,007	0,010	0,010

Bảng II.24. So sánh hàm lượng oxy [O] trong thép khi luyện trong lò điện hồ quang và lò điện xỉ.

Mác thép	Hàm lượng oxy [O], %	
	Thỏi thép ở lò điện hồ quang	Thỏi thép ở lò điện xỉ
– Thép ổ bi (ШХ15)	0,024	0,013
– Thép không gỉ (Cr ₁₈ Ni ₉)	0,035	0,022

Để xác định các chỉ tiêu KTKT của lò điện xỉ nấu lại, ông Ю. М. Миронôв đã đề nghị lấy hệ số tác động α là tỷ số giữa tốc độ nóng chảy điện cực g (kg/ph) và công suất điện cung cấp nóng chảy xỉ P_{xi} (kW).

$$\alpha = \frac{g}{P_{xi}} \longrightarrow g = \alpha \cdot P_{xi} \quad (II.11)$$

Vì vậy suất tiêu thụ điện năng cho quá trình nấu lại là $W_y = \frac{10^3}{60 \cdot \alpha \cdot \eta_d}$,

kW.h/tấn.

Đối với lò nhỏ α ít phụ thuộc vào chế độ nấu lại, chiều cao lớp xỉ và được xác định phụ thuộc vào khoảng cách trung gian của điện cực:

$$h_{hly} = h_{xi} - L \quad (\text{hình II.23})$$

Giá trị α đạt được max khi $h_{hly} \approx 0,9 + 0,47 d_{dc}$. Khi $d_{dc} \geq 15$ cm thì $h_{hly} \approx 0,5 d_{dc}$; Khi đó cho phép chọn chiều cao lớp xỉ gần bằng đường kính điện cực $h_{xi} \approx d_{dc}$. Ở điều kiện cân bằng khác nhau thì α tăng cao khi tăng tỷ số $\frac{d_{dc}}{D_{bKT}}$ đến

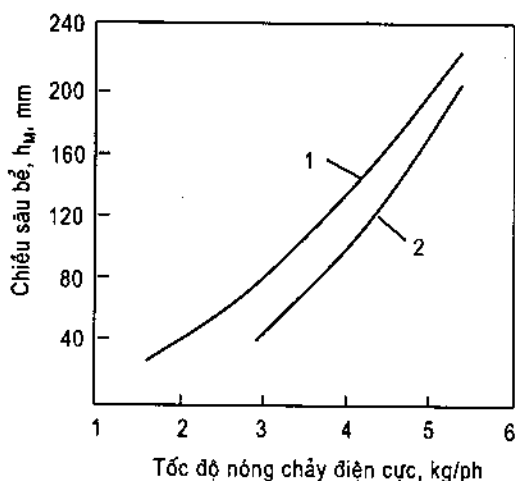
một giá trị nhất định. Nếu tiếp tục tăng tỷ số này cao nữa thì α bắt đầu giảm, dẫn tới điện cực gần sát bình kết tinh, do đó tăng tổn hao lượng nước làm nguội bình kết tinh.

Giá trị α có ảnh hưởng lớn đến thành phần của xỉ, kim loại cần nấu lại và tính chất hoá lý của chúng.

Điện trở của xỉ phụ thuộc vào dòng điện cung cấp. Đối với lò nhỏ có điện áp ở xỉ $U_{xi} = AI - BI^2$ (A, B là hệ số phụ thuộc vào kích thước hình học của bể lò, thành phần xỉ và tính chất của xỉ).

Nhưng đối với lò công nghiệp, điện trở của xỉ phụ thuộc vào dòng điện rất ít.

Tổng chiều cao bể kim loại (h_M) ở điều kiện cân bằng, được tăng lên khi tăng tốc độ nóng chảy điện cực (xem hình II.26) và tăng chiều cao thỏi thép (giới hạn cho phép).



Hình II.26. Chiều sâu bể kim loại thay đổi phụ thuộc vào tốc độ nóng chảy điện cực:

- 1- tiết diện mặt cắt ngang điện cực $S_{dc} = 15.600 \text{ mm}^2$;
- 2- tiết diện mặt cắt ngang điện cực $S_{dc} = 19.600 \text{ mm}^2$.

Yếu tố chiều cao thỏi thép hầu như ảnh hưởng chỉ đối với loại thỏi bé ($h_{thỏi} \approx 500 \text{ mm}$) vì tác động làm nguội để bình kết tinh bằng nước trong một chừng mực nào đó. Ngoài chế độ nấu luyện, đường kính điện cực và bình kết tinh ảnh hưởng tới tốc độ nóng chảy điện cực rõ rệt. Khi tăng đường kính điện cực dẫn tới tăng tốc độ nóng chảy điện cực để đạt được chiều sâu bể kim loại trong một giá trị nhất định. Còn nếu tăng đường kính bình kết tinh dẫn tới giảm mạnh chiều sâu bể kim loại, do đó giảm tốc độ kết tinh của thỏi thép. Vì vậy cần phải xác định đường kính thỏi và trọng lượng thỏi thép cho phù hợp với điều kiện thực tế.

Theo số liệu của ông A. D. Kramarov và P. H. Xôcôlov thì kích thước thỏi và trọng lượng thỏi thép như sau:

Bảng II.25. Sự liên quan giữa trọng lượng thỏi và kích thước thỏi

– Trọng lượng thỏi, tấn	1	5	10	20
– Đường kính thỏi, mm	300 ÷ 400	600 ÷ 800	700 ÷ 1000	1000 ÷ 1500
– Trọng lượng thỏi, tấn	40	100	200	
– Đường kính thỏi, mm	1200 ÷ 2000	1300 ÷ 3100	2100 ÷ 3300	

Đối với thỏi thép có trọng lượng $g_{th} \geq 40$ tấn thì số liệu nêu ra dựa vào kinh nghiệm thực tế sản xuất.

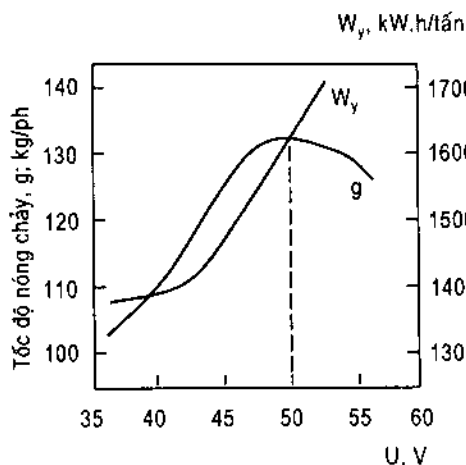
Theo thực tế sản xuất cần giảm chiều cao bình kết tinh bằng cách dịch chuyển nó lên phía trên để tăng tốc độ làm nguội thỏi, thông thường $\frac{d_{dc}}{D_{bkt}} \approx 0,6$. Trong một số trường hợp đặc biệt người ta tăng tỷ lệ này lên 0,8 để đạt tốt nhất các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật đối với lò nhỏ.

Đối với lò nhỏ có đường kính bình kết tinh ~ 300 mm, đường kính điện cực tăng từ 150 mm đến 250 mm, cần tiêu tốn điện năng chung tăng từ 16 đến 40%, dẫn tới tăng tốc độ nóng chảy điện cực 2,4 lần và suất tiêu hao điện năng giảm từ 2540 xuống còn 1058 kW.h/tấn. Còn ảnh hưởng của điện áp rất rõ rệt khi nấu lại thép trong lò điện xỉ. Ở lò nhỏ khi sử dụng điện áp $U = 35 \div 40$ V thì cho kết quả tốt, giảm suất tiêu thụ điện năng tới giới hạn min, còn khi $U = 50$ V thì lò đạt được năng suất cao nhất (hình II.27). Đối với lò lớn đạt được chỉ tiêu sản xuất tốt hơn lò nhỏ.

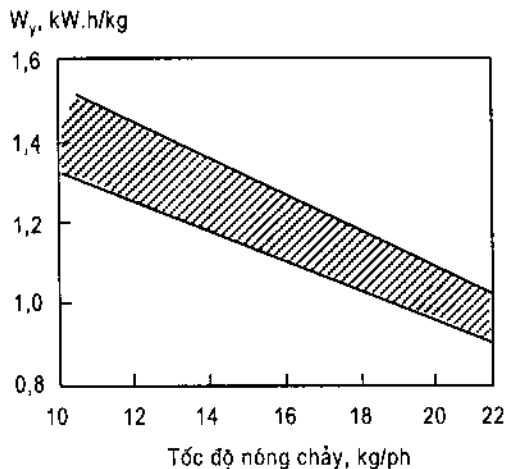
Trên hình II.28, nêu lên sự phụ thuộc của suất tiêu thụ điện năng (W_y) bởi tốc độ nóng chảy điện cực đối với lò điện xỉ 3 pha với thỏi 8 tấn và xỉ được nấu trực tiếp trong lò. Năng lượng điện để nấu chảy xỉ trong lò chiếm $\approx 10\%$ tổng tiêu hao điện năng, nói chung tiêu hao điện năng cho mẻ nấu tăng lên. Còn lò có trọng lượng thỏi 23 tấn thì suất tiêu hao điện năng 800 ÷ 1200 kW.h/tấn, phụ thuộc vào tốc độ nung chảy điện cực và thành phần xỉ sử dụng.

Công suất điện riêng cho bể lò được xác định theo công thức:

$$P_{lò} = \frac{P_{xi}}{h}, \quad \text{kW/m} \quad (\text{II.12})$$



Hình II.27. Sự phụ thuộc các chỉ tiêu làm việc của lò điện xỉ nhỏ bởi điện áp vào lò.



Hình II.28. Sự phụ thuộc suất tiêu hao điện năng của lò điện xỉ 3 pha với trọng lượng thỏi 8 tấn bởi tốc độ nóng chảy điện cực.

Khi tăng P_{lo} thì tăng tốc độ nung chảy điện cực. Sự phụ thuộc giữa tốc độ nóng chảy và chiều sâu bể kim loại tuân theo phương trình đường thẳng.

Qua nghiên cứu thời thép khi nấu lại trong lò điện xỉ người ta đưa ra kết luận như sau:

– Để ngăn ngừa tạo ra khuyết tật ở trong thời thép có cấu trúc tinh thể thô và khử hết lượng tạp chất trong kim loại cần phải điều chỉnh chiều sâu và hình dạng bể lỏng kim loại trong lò luôn luôn không thay đổi.

– Để đạt được mục đích trên, người ta tiến hành điều chỉnh công suất điện đưa vào lò ở giai đoạn cuối mẻ nấu thấp nhất:

$$P = (30 \div 40\%) P_{dm}$$

trong đó: P_{dm} - công suất điện định mức của lò.

Phần III

**KỸ THUẬT CÔNG NGHỆ MỚI
VÀ Lò ĐIỆN HỒ QUANG HIỆN ĐẠI**

Chương 1

KỸ THUẬT CÔNG NGHỆ MỚI

1.1. CÔNG NGHỆ NUNG ĐỎ LIỆU TRƯỚC

Mục đích và yêu cầu của công nghệ nung đỏ liệu trước:

- Nung sấy liệu, giảm hàm độ ẩm, dầu mỡ, đất cát dính bám vào liệu, đặc biệt giảm đáng kể quá trình bay hơi của các nguyên tố có hại trong liệu.
- Làm mềm liệu kim loại, nhất là phế thép khi nung đỏ đến nhiệt độ $700 \div 1200^{\circ}\text{C}$ thì bị mềm và co nhỏ lại, tăng trọng lượng đồng (tấn/ m^3), dễ nạp vào lò.
- Giảm thời gian nấu chảy, tăng năng suất lò.
- Giảm đáng kể tiếng kêu ồn của hồ quang điện trong giai đoạn nấu chảy liệu.
- Tận dụng nhiệt thải của khí lò để nung đỏ liệu, giảm bớt tiêu hao điện năng rõ rệt.

Thường có hai phương pháp nung liệu trước được áp dụng trong thực tế sản xuất.

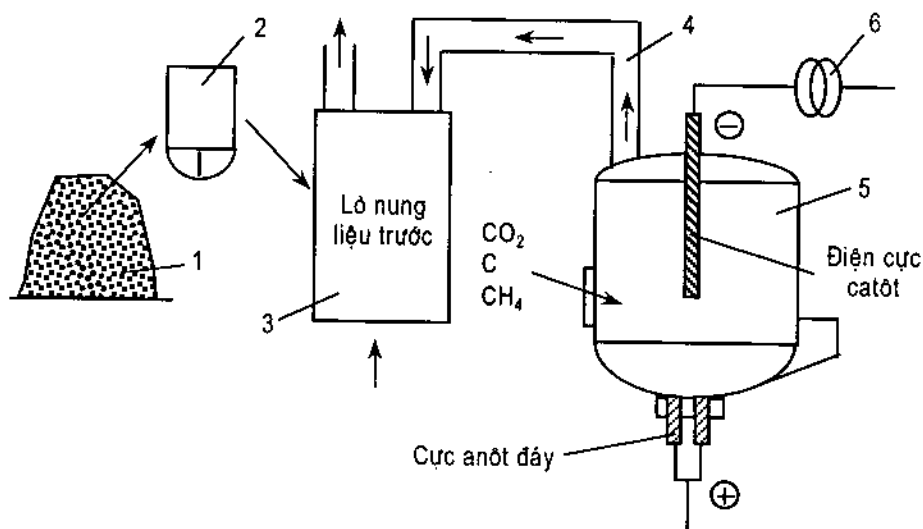
1.1.1. Nung đỏ liệu trước ở ngoài lò

Trước tiên xếp liệu (phế thép, gang thỏi hoặc sắt xộp...) vào thùng chứa liệu, sau đó dùng cần trục đưa thùng liệu vào lò nung. Trong lò nung luồng khí nóng vận chuyển từ trên xuống dưới lò và nung đỏ liệu $\approx 600 \div 700^{\circ}\text{C}$ trong thời gian $30 \div 40$ phút (khí nóng được dẫn từ lò điện hồ quang sang lò nung).

Tiếp theo người ta dùng cần trục nhấc thùng liệu nóng đỏ ra khỏi lò nung và chuyển đến lò rồi chất vào lò điện hồ quang theo phương pháp trên xuống (từ nắp lò xuống) (hình III.1).

Ưu nhược điểm của phương pháp này như sau:

- Thiết bị đơn giản, thao tác nung và chất liệu vào lò điện cũng dễ dàng.
- Quy trình nung, chuyển và chất liệu vào lò điện hồ quang được thực hiện qua nhiều công đoạn trung gian, do đó vừa kéo dài thời gian vừa không an toàn cho công nhân thao tác; mặt khác có khả năng giảm bớt nhiệt độ của liệu trong quá trình vận chuyển (giảm nhiệt $\approx 100 \div 150^{\circ}\text{C}$). Vì vậy hiện nay người ta ít sử dụng phương pháp này, nhất là đối với các loại lò ≥ 80 tấn/mẻ.



Hình III.1. Sơ đồ nung liệu trước ở ngoài lò:

1- đống phế thép; 2- thùng chứa phế thép; 3- lò thùng nung liệu; 4- ống dẫn khí nóng từ lò điện vào lò thùng; 5- lò HQ một chiều; 6- biến áp lò.

1.1.2. Phương pháp nung liệu ngay trong thân lò điện hồ quang kiểu SF

Phế thép được chuyển từ sân liệu lên đỉnh lò SF bằng băng tải kim loại kiểu mắt xích. Liệu kim loại được chất vào thân lò Shaft, khí nóng thoát ra từ nồi lò lên trực tiếp nung liệu nóng đỏ đến nhiệt độ $\approx 1000 \div 1200^\circ\text{C}$ trong thời gian $10 \div 20$ phút. Sau đó tháo liệu nóng đỏ xuống nồi lò điện bằng cách mở tấm chắn (bộ phận cơ điện riêng để đóng mở tấm chắn liệu). Tùy theo dung tích của thân lò mà việc nung liệu được thực hiện một lần hay hai lần cho 1 mẻ thép (đối với lò điện hồ quang kiểu FSF). Còn lò điện kiểu SSF không có tấm chắn liệu ở thân lò nên chất liệu nguội từ thân lò xuống tới nồi lò chỉ 1 lần cho 1 mẻ thép.

Trong quá trình nấu luyện thép ở nồi lò thì liệu ở thân lò được nung đỏ. Sau khoảng $40 \div 45$ phút, liệu kim loại trong nồi lò được nóng chảy hoàn toàn, tiếp theo thổi oxy nguyên chất vào lò và tinh luyện thép. Sau khi tháo hết mẻ thép ra thùng rót thì lập tức chất liệu nguội lại từ đầu vào thân và nồi lò, tiếp tục thông điện chạy lò. Liệu để nấu mẻ thép tiếp theo được nung và nấu chảy nhanh hơn mẻ thép trước.

Nhược điểm của phương pháp nung liệu và nấu luyện ở lò SSF là nung liệu và nấu luyện từng mẻ thép một, không thực hiện được mẻ tiếp mẻ như quá trình nung liệu và nấu luyện thép trong lò FSF. Ngoài ra, không có tấm chắn liệu ở thân lò nên liệu ở vùng gần nắp lò nóng chảy dễ dính bám vào khối liệu nằm ở phía thân lò, do đó dễ gây ách tắc lò. Vì vậy sau một thời gian nấu luyện thép ở lò SSF, cần phải xử lý khối liệu bám dính bằng cách thổi oxy trực tiếp để phá cầu treo liệu. Bởi vậy hiện nay người ta hay sử dụng tấm chắn liệu ở thân lò FSF (xem cụ thể công nghệ chất và nung liệu ở chương 3, phần III).

1.2. CÔNG NGHỆ SỬ DỤNG 30 ÷ 50% KIM LOẠI LỎNG TRONG PHỐI LIỆU NẤU THÉP

(có thể gang lỏng hoặc sản phẩm DRI nóng chảy)

Công nghệ này được sử dụng nhiều nhất ở những loại lò điện có dung lượng lớn, $g \geq 100$ tấn/mẻ.

Đặc biệt khi không có đủ số lượng thép phế trong mẻ liệu thì cần đưa $\approx 10 \div 20\%$ gang thổi luyện thép, hoặc có khi thiếu thép phế 1 cách trầm trọng thì cần đưa $\sim 30 \div 50\%$ gang lỏng. Trước đây sử dụng liệu rắn + lỏng để nấu luyện thép trong lò điện hồ quang người ta không mong muốn và ít sử dụng. Nhưng khi lò điện hồ quang càng ngày càng phát triển mạnh, dung lượng lò được tăng từ 100 tấn/mẻ lên tới 400 tấn/mẻ, số lượng thép phế cần nhiều lại càng khó khăn cho nên bắt buộc phải sử dụng mẻ liệu có $\geq 50\%$ gang lỏng. Khi nấu luyện thép có dùng gang lỏng cần phải đưa vào liệu một lượng lớn quặng sắt và đá vôi. Những loại nguyên vật liệu này có thể được chất vào trong mẻ liệu hoặc một phần cho vào lò trong thời gian nấu chảy. Sau khi chất vào lò các chất tạo xỉ và thép phế tiến hành thông điện chạy lò nung dò liệu trong khoảng 0,6 ÷ 0,8 giờ thì đổ gang lỏng vào lò, xảy ra các phản ứng oxy hoá các tạp chất, xỉ được tạo thành cần phải tháo ra khỏi lò. Quy trình công nghệ sử dụng liệu như trên trong lò điện tương tự như phương án công nghệ thép vụn + quặng sắt ở trong lò bằng. Trong thời gian nấu chảy có thể tiến hành thổi oxy và sau khi nấu chảy xong cũng thổi oxy vào lò để tăng tốc độ oxy hoá các nguyên tố như Mn, Si, P và C...

Tác dụng oxy hoá của không khí trong lò điện hồ quang rất thấp so với trong lò bằng, nhưng khi cho $\approx 40 \div 50\%$ gang lỏng thì trong bể kim loại ở lò điện, hàm lượng cacbon tăng cao hơn so với lò bằng. Trong lò điện hồ quang

bazơ khi tiến hành nấu luyện thép cacbon cao theo phối liệu $40 \div 50\%$ gang lỏng thì đạt được hiệu quả kinh tế tốt nhất. Điều khẳng định là giảm thời gian nấu luyện một mẻ thép $\approx 10\%$, suất tiêu hao điện năng giảm $10 \div 20\%$ so với phương án công nghệ sử dụng thép phế 100% .

1.3. ĐẶC ĐIỂM CƠ BẢN CỦA CÔNG NGHỆ NẤU LUYỆN THÉP TRONG LÒ ĐIỆN HỒ QUANG CỖ LỚN $100 \div 400$ TẤN/MÊ

Công tác tiến hành nấu luyện thép trong lò điện hồ quang cỡ lớn rất phức tạp hơn so với nấu luyện thép trong lò hồ quang cỡ nhỏ và trung bình ($5 \div 50$ tấn/mê). Để tạo điều kiện làm việc tốt trong lò điện hồ quang cỡ lớn cần phải xây dựng quy trình công nghệ luyện thép ổn định ở mức độ cao nhất. Muốn được như vậy cần tiến hành công nghệ luyện 1 mác thép thường xuyên, hoặc cùng một số loại thép như thép cacbon, thép hợp kim có cacbon cao... Đặc điểm cơ bản của lò điện hồ quang cỡ lớn là có chiều cao bể kim loại lớn và bề mặt tiếp xúc riêng giữa kim loại và xỉ bé. Một số chỉ tiêu cụ thể được nêu ở dưới đây (bảng III.1).

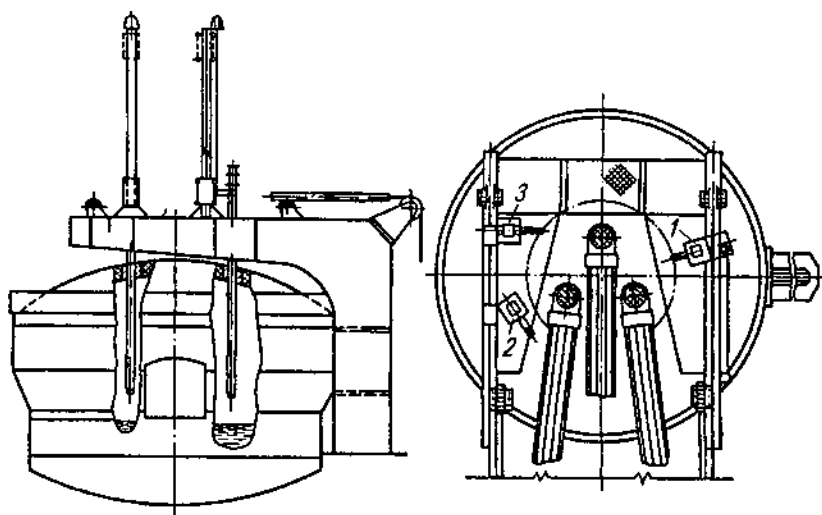
Bảng III.1. Ảnh hưởng dung lượng lò đến kích thước bể kim loại và bề mặt tiếp xúc kim loại – xỉ

Dung lượng lò, tấn/mê	Chiều sâu bể kim loại (h_k), m	Suất bề mặt tiếp xúc (F/g), $m^2/tấn$
10	0,45	1,0
40	0,80	0,3
100	1,20	0,17

Lò càng lớn thì bề mặt tiếp xúc riêng lại càng bé. Khi giảm bề mặt tiếp xúc giữa kim loại lỏng và xỉ thì quá trình hoàn nguyên kim loại xảy ra rất chậm, do đó khi nấu thép trong lò điện hồ quang cỡ lớn không thu được thép chất lượng cao như trong các loại lò điện hồ quang cỡ nhỏ và trung bình. Nhưng khi nấu luyện thép không gỉ, thép biến thế, thép ổ bi, thép kết cấu và các mác thép khác trong lò điện hồ quang cỡ lớn thì lại đạt kết quả cao cả về chất lượng thép cũng như chỉ tiêu kinh tế.

Liệu có lượng gang lỏng lớn được ứng dụng phổ biến trong công nghệ nấu luyện ở lò điện hồ quang cỡ lớn vì giảm yêu cầu lượng thép phế nhiều, tăng tỷ trọng đồng của liệu, do đó tạo điều kiện dễ dàng cho mẻ nấu thép.

Tỷ lệ gang và thép phế cần được tính toán cho hợp lý để sau khi nấu chảy xong, kim loại lỏng đạt hàm lượng cacbon $0,2 \div 0,4\%$ cao hơn so với %C trong mắc thép cần nấu, thường lượng gang khoảng $15 \div 25\%$ so với trọng lượng liệu. Khi nấu thép sử dụng gang lỏng $40 \div 50\%$ tổng trọng lượng liệu thì sau khi nấu chảy xong, hàm lượng cacbon đạt $1 \div 2\%$ trong kim loại lỏng. Nấu chảy liệu được tiến hành với công suất điện đưa vào cực đại và đồng thời bổ sung thêm lượng nhiệt do 3 vòi phun oxy đặt ở 3 lỗ trên nắp lò (hình III.2).



Hình III.2. Bố trí vòi phun oxy ở trên nắp lò điện hồ quang cỡ lớn (100 tấn/mẻ):
1 + 3- vòi phun oxy và khí thiên nhiên.

Ứng dụng vòi phun oxy trong lò hồ quang 100 tấn/mẻ giảm được thời gian nấu chảy là 22 phút, giảm suất tiêu hao điện năng là 67 kW.h/tấn, tiêu hao khí thiên nhiên thổi vào là $15 \text{ m}^3/\text{tấn}$ và $30 \text{ m}^3 \text{ oxy}/\text{tấn}$ thép.

Tóm tắt các đặc điểm cơ bản trong công nghệ nấu luyện thép ở lò điện hồ quang cỡ lớn:

- Phối liệu có $40 \div 50\%$ gang lỏng, do đó cần phải tiến hành oxy hoá các tạp chất, khử khí có hại như N_2 , H_2 rất mãnh liệt.
- Tiến hành oxy hoá kim loại ngay cả trong giai đoạn nấu chảy và đầu giai đoạn oxy hoá bằng biện pháp vừa cho quặng sắt vừa thổi oxy nguyên chất vào lò. Cho quặng sắt vào để oxy hoá phospho, khi hàm lượng [P] rất thấp trong kim

loại thì lập tức thổi oxy vào lò. Đặc biệt sau khi kết thúc giai đoạn oxy hoá thì cần cho kim loại sôi lại bằng cách cho $\approx 1\%$ gang cục vào lò. Sau đó cào tháo hết xỉ trong lò ($>90\%$) và tạo xỉ mới với + huỳnh thạch khoảng 1% .

– Tiến hành giai đoạn hoàn nguyên trong một thời gian ngắn $10 + 20$ phút. Trong giai đoạn này chủ yếu là khử oxy sơ bộ bằng cách cho 1% hỗn hợp chất khử $\text{FeMn} + \text{FeSi}$ ($\text{Mn/Si} = 4$).

– Để khử oxy và lưu huỳnh trong thép triệt để cần phải tiến hành tinh luyện trong thùng rót bằng cách cho nhôm $0,04 + 0,1\%$ vào thùng rót trước lúc tháo thép từ lò xuống cũng có thể cho silico canxi (Si-Ca) $\approx 0,5\%$, hoặc có thể thổi cacbit canxi (CaC_2) vào thùng rót.

– Thép được nấu luyện trong lò hồ quang cỡ lớn có chứa hàm lượng khí $[\text{N}_2]$, $[\text{H}_2]$ thấp hơn nhiều so với thép được luyện trong lò hồ quang cỡ nhỏ và trung bình. Trong quá trình nấu luyện, không khí khó có thể xâm nhập vào kim loại lỏng trong lò vì bề mặt trao đổi riêng giữa kim loại và xỉ rất bé.

1.4. CÔNG NGHỆ NẤU LUYỆN THÉP TRONG LÒ ĐIỆN HỒ QUANG 12 TẤN/MỀ SỬ DỤNG PHỐI LIỆU 40, 50 VÀ 60% GANG LỎNG TẠI NHÀ MÁY CƠ KHÍ LƯU XÁ - THÁI NGUYÊN

1.4.1. Đặt vấn đề

Công ty Gang thép Thái Nguyên hàng năm phải thu mua ~ 80.000 tấn thép phế + $20 \div 25\%$ gang thời GM để nấu luyện thép trong lò điện hồ quang 30 tấn/mề cũng chỉ sản xuất được trên 80.000 tấn phối thép cán. Lượng phối này chỉ đáp ứng được khoảng 50% nhu cầu phối thép cán hàng năm của Công ty, số lượng phối còn lại phải nhập khẩu.

Để nâng cao hiệu quả sản xuất thì việc tăng sản lượng phối thời tự sản xuất là vấn đề có tính chiến lược lâu dài đối với Công ty Gang thép Thái Nguyên. Hướng đi chủ yếu để giải quyết vấn đề trên là tăng lượng gang lỏng GM trong phối liệu nấu ở lò điện từ $40 \div 60\%$. Giải pháp này có ưu điểm cơ bản là vừa tăng được sản lượng phối thép thời sản xuất tại chỗ, vừa tiết kiệm được năng lượng điện cho sản xuất thép bằng cách tận dụng được nhiệt vật lý của gang lỏng.

1.4.2. Mục đích - yêu cầu

- Trong quá trình thực nghiệm nấu thép với 40 ÷ 60% gang lỏng trong lò điện hồ quang 12 tấn/mẻ, xác định được tỷ lệ gang lỏng hợp lý và hiệu quả kinh tế cao.
- Xác định được các chỉ tiêu tiêu hao cơ bản trong sản xuất thép.
- Xác định sơ bộ quy trình công nghệ luyện thép sử dụng 40 ÷ 60% gang lỏng trong phối liệu nấu ở lò điện hồ quang.
- Kết quả thực hiện đề tài trên phục vụ thiết thực cho dự án “Đầu tư, cải tạo và mở rộng sản xuất của Công ty Gang thép Thái Nguyên”.

1.4.3. Nội dung thực hiện thử nghiệm quy trình nấu luyện thép trong lò hồ quang 12 tấn/mẻ sử dụng 40 ÷ 60% gang lỏng trong phối liệu

1- Điều kiện cụ thể tại nhà máy cơ khí:

* Thiết bị chính:

- Lò điện hồ quang 12 tấn/mẻ, dung lượng biến áp lò 9000 kVA, đường kính trong lò 3950 mm, chiều cao lò 1580 mm, đường kính điện cực grafit $\phi 350$ mm, tỷ lệ $\frac{H_{lò}}{D_{lò}} = 0,40$.

- Lò Quibیلو $\phi 700$ mm, công suất động cơ quạt gió 28 kW, năng suất lò là 3 tấn gang lỏng/giờ. Dung lượng lò tiền, max 5 tấn/mẻ.

- Trạm cung cấp oxy 350 m³/giờ, oxy được nạp vào bình trung gian với thể tích 15 m³, áp lực nạp vào 25 at. Khi sử dụng hết oxy trong bình thì đóng van chuyển sang dùng bình khác.

- Nồi chứa gang lỏng có dung lượng 5,5 tấn, bố trí hai nồi để lấy và vận chuyển gang lỏng tới lò điện bằng cần trục 32/8.

* Nguyên vật liệu:

- Thép phế có tỷ trọng đồng là 0,5 ÷ 0,6 tấn/m³ (trung bình) và 0,846 ÷ 0,862 tấn/m³ (cao).

- Gang lỏng: sử dụng gang thời GM nấu chảy trong lò Quibیلو $\phi 700$ mm, có xử lý thành phần gang lỏng trong lò Quibیلو để đạt được thành phần hoá học tương tự như ở lò cao (thấp phospho và lưu huỳnh).

2- Phương án sử dụng 40% gang lỏng trong phối liệu nấu thép (PAI)

Quy trình công nghệ nấu luyện được thực hiện:

Nguyên liệu ban đầu nấu luyện 3 mẻ thép:

– Gang GM sau khi được nấu chảy ở lò Quibilô có nhiệt độ và thành phần hoá học (bảng III.3)

Bảng III.3. Nhiệt độ và thành phần hoá học của gang lỏng

Mẻ nấu	Nhiệt độ, °C	% C	% Mn	% Si	% P	% S
1	1330	4,36	2,01	1,50	0,065	0,047
		4,18	2,07	1,59	0,076	0,047
2	1330	3,99	1,76	1,63	0,088	0,056
		4,03	1,79	1,35	0,096	0,069
3	1340	3,96	3,45	1,94	0,099	0,040
		3,96	3,19	1,15	0,110	0,050

– Nguyên liệu thép phế: mỗi mẻ dùng 11,034 tấn, nạp vào lò 1 lần. Tình trạng nguyên liệu thép phế được nêu ở bảng III.4.

Bảng III.4. Tỷ trọng đóng của thép phế

Danh mục	Mẻ số 1	Mẻ số 2	Mẻ số 3
Tỷ trọng đóng, tấn/m ³	0,846	0,846	0,862

Tỷ trọng đóng của thép phế cao là do trong nguyên liệu có quá nửa là thép dầu mầu cán.

Diễn biến các mẻ thép theo phương án I. Sau khi chất thép phế vào lò, thông diện nấu chảy $\approx 5 + 10$ phút thì tiếp tục chất gang lỏng theo máng vào lò và thổi oxy để cường hoá nấu chảy liệu.

Mẻ 1: nấu chảy liệu trong thời gian 65 phút.

Mẻ 2: nấu chảy liệu trong thời gian 58 phút.

Mẻ 3: nấu chảy liệu trong thời gian 45 phút.

Sở dĩ thời gian nấu chảy mẻ liệu 1 và 2 lớn là do không đủ lượng oxy nên phải thay bình khác đặc biệt phải chờ gang lỏng chuyển từ lò Quibilô sang nên mất nhiều thời gian chờ đợi.

Sau khi nấu chảy xong phân tích thành phần hoá học của kim loại lỏng (xem bảng III.5).

Bảng III.5. Thành phần hoá học của kim loại lỏng

Mẻ	% C	% Mn	% Si	% P	% S
Nº1	1,26	0,069	0,011	0,024	—
Nº2	1,44	—	—	0,025	—
Nº3	1,59	0,199	0,015	0,017	—

Quá trình oxy hoá: Do sử dụng oxy để oxy hoá các tạp chất của thép lỏng nên quá trình oxy hoá cacbon xảy ra mãnh liệt. Tại lò điện hồ quang 12 tấn/mẻ không có hệ thống hút bụi, do đó khi tiến hành thổi oxy $\sim 10 \text{ m}^3/\text{phút}$ với áp suất thổi 7 atm nên phải nâng nắp lò cao hơn miệng $\sim 100 \text{ mm}$; thao tác này làm thất thoát nhiệt lớn, ảnh hưởng đến tốc độ oxy hoá, đồng thời ảnh hưởng đến vệ sinh an toàn xung quanh lò.

– Trong quá trình oxy hoá, cả ba mẻ thép đều được thổi oxy bằng vòi phun có đường kính $\phi 22 \times 1,5 \text{ mm}$ với áp lực $\sim 7 \text{ atm}$.

– Tốc độ oxy hoá cacbon $\sim 0,034 \div 0,044 \text{ \% C/phút}$, phụ thuộc vào lưu lượng oxy thổi vào (xem bảng III.6).

Bảng III.6. Lưu lượng oxy thổi vào lò và tốc độ hạ cacbon

Danh mục	Mẻ 1	Mẻ 2	Mẻ 3
– Lưu lượng oxy	$9,5 \text{ m}^3/\text{phút}$	$9,9 \text{ m}^3/\text{phút}$	$10,5 \text{ m}^3/\text{phút}$
– Tốc độ hạ cacbon	$0,034 \text{ \% C/phút}$	$0,035 \text{ \% C/phút}$	$0,044 \text{ \% C/phút}$

Còn khử oxy trong thép lỏng được tiến hành bình thường, cào xỉ oxy hoá $\rightarrow$ tảo xỉ mới $\rightarrow$ cho $\text{FeMn}_{75} + \text{FeSi}_{75}$, cuối cùng cho $0,4 \text{ kg Al/tấn thép}$ để khử oxy lần cuối.

3- Phương án sử dụng 50% gang lỏng trong phối liệu nấu thép (P.A.II):

Thực hiện 5 mẻ thép.

* Nguyên liệu ban đầu:

– Gang lỏng sử dụng cho lò điện được lấy từ hai lò Quibilô, mỗi mẻ là 9,2 tấn gang lỏng được nạp vào lò điện bằng 2 nôi và rót liệu liên tục qua máng vào lò điện. Thành phần hoá học của gang lỏng được sử dụng theo PA.II được nêu ở bảng III.7.

Bảng III.7. Nhiệt độ và thành phần hoá học gang lỏng

Mẻ nấu	Nhiệt độ, °C	% C	% Mn	% Si	% P	% S
4	1300	3,97	3,35	1,35	0,10	0,040
		4,12	3,29	1,73	0,089	0,042
5	1335	4,07	3,90	0,98	0,102	0,040
		3,97	3,19	1,04	0,109	0,047
6	1340	3,89	3,74	1,23	0,110	0,039
		4,66	3,31	1,23	0,056	0,047
7	1350	3,97	3,64	1,34	0,104	0,045
		4,13	3,64	0,99	0,102	0,034
8	1335	4,09	3,76	1,16	0,087	0,031
		4,16	3,70	1,50	0,088	0,039

Thép phế cung cấp cho 5 mẻ nấu có chất lượng không đều, mẻ 4, 5 và 6 nạp phế thép vào lò 1 lần, (có > 50% phế thép đầu mẫu cán) còn ở mẻ 7 và 8 thì thép phế có chất lượng kém, kích thước không theo yêu cầu nên phải chất thép phế vào lò 2 lần, có khi 3 lần do đó ảnh hưởng xấu đến quy trình nấu luyện và hiệu quả thu hồi sản phẩm. Mỗi mẻ chất thép phế vào lò ~ 9,15 tấn, đặc thù của phế thép được nêu ở bảng III.8.

Bảng III.8. Tỷ trọng đồng của phế thép được sử dụng trong PA.II

Danh mục	Mẻ 4	Mẻ 5	Mẻ 6	Mẻ 7	Mẻ 8
Tỷ trọng đồng, tấn/m ³	0,700	0,700	0,700	0,467	0,467

Diễn biến các mẻ nấu theo phương án II (PA.II):

Sau khi nạp gang lỏng vào lò thì tiến hành thổi oxy vào lò để cường hoá quá trình nấu chảy. Mẻ 4 phải chờ nạp xong 2 nôi gang lỏng mới bắt đầu cường hoá nấu chảy nên thời gian nấu chảy phải mất 48 phút, còn mẻ 7 phải nạp thép phế đến 3 lần, do đó thời gian nấu chảy ≈ 66 phút.

– Thành phần hoá học của kim loại lỏng sau khi kết thúc giai đoạn nấu chảy được nêu trong bảng III.9.

Bảng III.9. Thành phần hoá học của kim loại lỏng

Mẻ	% C	% Mn	% Si	% P	% S
Nº4	1,84	0,250	0,030	0,045	–
Nº5	2,33	0,190	0,016	0,019	0,027
Nº6	1,82	0,099	0,0055	0,027	0,032
Nº7	1,92	0,150	0,007	0,013	0,029
Nº8	1,55	0,100	0,004	0,013	0,030

– Thời kỳ oxy hoá: Tất cả các mẻ nấu đều sử dụng 2 vòi thổi oxy với áp lực trung bình $6 \div 7$ atm để oxy hoá cacbon. Tốc độ hạ cacbon bình quân 0,040 %C/phút. Riêng mẻ 8 oxy hoá cacbon quá mạnh nên sau khi thổi oxy được 25 phút thì xảy ra sự cố sập nắp lò, phải dừng nấu (bảng III.10).

Bảng III.10. Lưu lượng oxy thổi vào và tốc độ hạ cacbon

Danh mục	Mẻ 4	Mẻ 5	Mẻ 6	Mẻ 7	Mẻ 8
– Lưu lượng oxy, m ³ /ph	8,8	9,9	9,5	10,8	–
– Tốc độ hạ cacbon bình quân, %C/ph	0,033	0,042	0,034	0,050	–

4- Phương án sử dụng 60% gang lỏng trong phối liệu nấu thép (PA.III):

Thực hiện nấu 5 mẻ thép

* Nguyên liệu ban đầu:

– Gang lỏng được lấy từ lò Quibilô $\phi 700$ mm, mỗi mẻ nấu là 10,91 tấn (mẻ số 9 và số 10).

– Do sự cố về lò Quibilô $\phi 700$ nên không có gang cung cấp cho mẻ 11, 12, 13. Do đó ban chỉ đạo đề tài đã quyết định dùng gang thời GM chất vào lò điện để nấu chảy, sau đó rót vào thùng đựng gang chờ ở bên cạnh, còn lò điện lại được chất thép phế và thông điện chạy lò, sau 5 phút người ta đổ gang qua máng ra thép vào lò điện hồ quang và tiến hành thổi luyện bằng oxy để cường hoá quá trình nấu chảy. Sau khi chảy hoàn toàn, tiến hành lấy mẫu phân tích thành phần (bảng III.11).

Bảng III.11. Thành phần hoá học của kim loại lỏng (PA.III)

Mẻ	% C	% Mn	% Si	% P	% S
Nº9	1,66	—	—	—	—
Nº10	2,39	0,110	0,030	0,0170	0,026
Nº11	2,37	0,066	0,005	0,0077	0,017
Nº12	2,35	0,150	0,002	0,0100	0,013
Nº13	2,41	0,230	0,011	0,0170	0,021

Thời kỳ oxy hoá: Căn cứ vào nhiệt độ của kim loại lỏng và tình trạng nổi lò mà tiến hành thổi oxy vào giai đoạn oxy hoá theo 1 hoặc 2 vòi phun oxy với áp lực $6 \div 7$ atm. Chế độ thổi luyện ở giai đoạn này được giới thiệu ở bảng III.12.

Bảng III.12. Lưu lượng oxy thổi vào lò và tốc độ hạ cacbon trong kim loại lỏng

Danh mục	Mẻ 9	Mẻ 10	Mẻ 11	Mẻ 12	Mẻ 13
– Lưu lượng oxy bình quân, m ³ /ph	6,8	9,6	8,3	9,8	8,2
– Tốc độ oxy hoá cacbon, % C/ph	0,024	0,036	0,029	0,039	0,026

Từ bảng III.12, chúng ta thấy rõ, kim loại sau nấu chảy xong hàm lượng cacbon cao, tốc độ oxy hoá cacbon thấp ($0,024 \div 0,039$ %C/phút) do đó dẫn đến thời gian oxy cacbon kéo dài, ảnh hưởng đến tuổi thọ nổi lò rất rõ rệt. Trong khi tiến hành nấu luyện mẻ 10 ÷ mẻ 12 thì đáy lò bị nổi, xỉ nhiều, độ sệt của xỉ cao do đó phải mất thời gian cào xỉ (do lớp đầm đáy bị bào mòn nhanh nên trong xỉ có % MgO nhiều).

Ngoài ra, còn xảy ra sự cố hỏng ống dẫn nước vào làm nguội vành nắp lò nên phải dừng chạy lò để sửa chữa mất ~ 20 phút.

1.4.4. Nhận xét và đánh giá chung

1- Việc cung ứng gang lỏng cho lò điện hồ quang 12 tấn/mẻ không đảm bảo ổn định thành phần hoá học của gang cho các mẻ nấu thử nghiệm, nên gây khó khăn cho quy trình vận hành lò, đặc biệt lò Quibilô không cung cấp đủ số lượng gang lỏng cho từng mẻ nấu nên thời gian chờ đợi lâu. Vì vậy các thông số kỹ thuật vận hành lò cũng phải thay đổi thường xuyên. Nạp gang lỏng vào lò điện qua máng thép là hợp lý, tiết kiệm được nhiệt của lò điện, của gang lỏng (nạp gang lỏng trong lúc lò đang chạy).

Nấu chảy gang trong lò điện 12 tấn/mẻ, sau rót gang lỏng vào thùng rót; lò điện lại tiếp tục nấu luyện thép. Khoảng 5 phút chạy lò, liệu phế thép đã nóng đỏ 1000°C thì rót gang lỏng vào lò ngay. Đó là biện pháp xử lý cung cấp gang lỏng kịp thời cho lò điện nấu luyện thép và đồng thời tạo điều kiện chủ động để tiến hành nấu thép thử nghiệm một cách trôi chảy.

Tốc độ oxy hoá cacbon và lưu lượng oxy thổi vào lò còn có khả năng tăng cao hơn nữa để đảm bảo thời gian thổi luyện không quá 45 phút; càng kéo dài thời gian oxy hoá cacbon thì kim loại lỏng sôi mãnh liệt, có khả năng bào mòn nổi lò nhanh, giảm tuổi thọ nắp lò rất mạnh.

Sử dụng 40 ÷ 60% gang lỏng trong phối liệu, thì cần phải khử lượng cacbon rất lớn, tăng tốc độ oxy hoá cacbon lên cao. Vì vậy cần phải cung cấp oxy và gang lỏng đầy đủ và kịp thời cho lò điện nấu luyện thép, đồng thời phải lắp đặt hệ thống hút bụi và lọc bụi trên nắp lò điện.

2- Quá trình thực hiện mẻ nấu thép:

Thời gian nấu chảy:

Đối với phối liệu có 40% gang lỏng là 56 phút

Đối với phối liệu có 50% gang lỏng là 49 phút

Đối với phối liệu có 60% gang lỏng là 44 phút

Thời gian oxy hoá:

Phối liệu 40% gang lỏng là 42 phút

Phối liệu 50% gang lỏng là 55 phút

Phối liệu 60% gang lỏng là 76 phút

Lưu lượng oxy thổi vào lò theo các phương án:

Phối liệu 40% gang lỏng: 31,9 m³/tấn thép

Phối liệu 50% gang lỏng: $45,3 \text{ m}^3/\text{tấn thép}$

Phối liệu 60% gang lỏng: $61,6 \text{ m}^3/\text{tấn thép}$

Sử dụng điện năng cho tấn thép theo các phương án:

Đối với PA.I (40% gang lỏng): $W_y = 470 + 480 \text{ kW.h/tấn}$

Đối với PA.II (50% gang lỏng): $W_y = 350 + 360 \text{ kW.h/tấn}$

Đối với PA.III (60% gang lỏng): $W_y = 330 + 340 \text{ kW.h/tấn}$

Tốc độ oxy hoá cacbon đã đạt được:

PA.I - $v_c = 0,038\% \text{ C/phút}$ (bình quân)

PA.II - $v_c = 0,039\% \text{ C/phút}$ (bình quân)

PA.III - $v_c = 0,031\% \text{ C/phút}$ (bình quân).

3- Qua kết quả thu được theo ba phương án chúng ta có thể kết luận như sau:

Khi tăng lượng gang lỏng trong phối liệu thì thời gian nấu chảy giảm đáng kể, đồng thời tiêu hao điện năng cũng giảm nhiều.

Thời gian nấu chảy từ 56 xuống còn 44 phút (40% $\rightarrow$ 60% gang lỏng).

Tiêu hao điện năng giảm từ 480 kW.h/tấn xuống còn 330 kW.h/tấn (sử dụng từ 40% $\div$ 60% gang lỏng).

Khi tăng lượng gang lỏng trong phối liệu thì hàm lượng cacbon trong kim loại lỏng tăng cao, do đó thời gian oxy hoá cacbon bị kéo dài và đồng thời lưu lượng oxy thổi vào lò cũng phải tăng cao:

– Từ 42 phút tăng lên tới 76 phút oxy hoá cacbon.

– Lưu lượng oxy thổi vào lò tăng từ $32 \text{ m}^3/\text{tấn}$ lên tới $\approx 62 \text{ m}^3/\text{tấn thép}$.

Còn tốc độ oxy hoá cacbon đạt $0,038 + 0,04\% \text{ C/phút}$ (hầu như 2 phương án có tốc độ oxy hoá cacbon gần như nhau, còn PA.III giảm tốc độ oxy hoá cacbon do nồi lò quá cũ, thiết bị và lò không được đảm bảo an toàn vì về cuối những mẻ thép sau hay có sự cố về sập nắp lò, bào mòn nồi lò quá mạnh v.v.

Quá trình oxy hoá cacbon trong thép lỏng ở thời kỳ oxy hoá cho thấy tốc độ oxy hoá cacbon đạt được $0,034 + 0,04\% \text{ C/phút}$ là tối ưu đối với lò hồ quang 12 tấn/mẻ. Lưu lượng oxy thổi vào lò đạt $9 + 10 \text{ m}^3/\text{phút}$ là hợp lý.

Phương án sử dụng 40% $\div$ 50% gang lỏng (có điều kiện sử dụng gang lỏng cao là tốt nhất) trong phối liệu để nấu thép trong lò điện hồ quang cỡ 12 $\div$ 30 tấn/mẻ là phù hợp với điều kiện thực tế. Có thể áp dụng phương án này rộng rãi và đưa quy trình công nghệ thổi luyện sớm vào ổn định để sản xuất thép.

4- Quy trình công nghệ nấu luyện thép trong lò điện hồ quang 12 tấn/mẻ sử dụng 40, 50, 60% gang lỏng trong phối liệu:

a) Vá lò (thực hiện theo quy trình chung).

b) Nạp liệu và nấu chảy:

– Lót 1 lớp vôi $\approx 500 \div 600$ kg trên đáy lò và rải đều bề mặt đáy lò.

– Nạp liệu: chất 1 rọ liệu ≈ 1000 kg phế thép lên lớp vôi đáy, sau đó cho quặng sắt ~ 35 kg/tấn (≈ 420 kg Q.Fe), tiếp theo chất hết phế thép còn lại vào lò và thông điện chạy lò. Sau khi chạy lò được $5 \div 10$ phút thì chất gang lỏng vào lò qua máng ra thép, tiếp theo thổi oxy vào để cường hoá quá trình nấu chảy. Khi nấu chảy xong phải lấy mẫu phân tích thành phần %C, %Mn, %P, %S. Nếu %P đạt yêu cầu thì tiến hành giai đoạn oxy hoá kim loại bằng cách thổi oxy vào bể kim loại từ ống thổi $\phi 22$ mm, áp suất thổi 6 atm, lưu lượng oxy $9 \div 10$ m³/phút để đạt được tốc độ hạ cacbon $\approx 0,034 \div 0,04\%$ C/phút. Cứ 20 phút lại lấy mẫu phân tích thành phần %C và %Mn để điều chỉnh chế độ thổi luyện. Kết thúc giai đoạn oxy hoá thì tiến hành cho sôi thuận khoảng 10 phút. Sau đó cào trên 90% xỉ oxy hoá ra khỏi lò, tạo xỉ mới và tiến hành giai đoạn hoàn nguyên như quy trình chung.

1.5. HOÀN NGUYÊN VÀ TÍNH LUYỆN THÉP TRONG LÒ ĐIỆN HỒ QUANG

Hoàn nguyên và tính luyện thép trong lò điện hồ quang bằng bán sản phẩm lỏng (bán sản phẩm lỏng được lấy từ lò bằng hoặc từ lò thổi oxy L-D). Trước đây nấu luyện thép trong lò điện cỡ $80 \div 90$ tấn/mẻ thì tiêu tốn điện năng $500 \div 600$ kW.h/tấn, thời gian nấu kéo dài $5 \div 6$ giờ. Nếu thay liệu rắn bằng 100% bán sản phẩm lỏng thì công nghệ nấu luyện trong lò điện hết sức đơn giản, không có giai đoạn nấu chảy liệu, giai đoạn oxy hoá mà chỉ tiến hành giai đoạn hoàn nguyên và hợp kim hoá thì thời gian nấu 1 mẻ thép, suất tiêu hao điện năng giảm rất nhiều, có khi giảm 1/2 hoặc 2/3 và năng suất lò tăng lên $2 \div 3$ lần. Tiến hành công nghệ luyện thép trên cơ sở liệu bán thành phẩm lỏng có những ưu điểm:

– Hàm lượng tạp chất (Ni, Cu...) rất ít trong thép.

– Có thể không cho thép phế hoặc đưa vào một lượng thép phế rất nhỏ $\approx 1 \div 2\%$ tổng trọng lượng mẻ thép.

– Theo công nghệ này có thể nấu được một số mác thép rất quan trọng như thép biến thể ($C = 0,02\%$, $Si = 3\%$) và một số mác thép đặc biệt khác, đảm bảo chất lượng thép cao và giá thành hạ.

– Phương pháp này gọi là phương pháp luyện thép liên hợp giữa lò bằng với lò điện, hoặc giữa lò thổi oxy L-D với lò điện.

1.6. CÔNG NGHỆ HOÀN NGUYÊN, TINH LUYỆN VÀ HỢP KIM HOÁ THÉP TRONG THÙNG RÓT

Dùng hai lò điện hồ quang để nấu luyện thép là tận dụng được phế thép hợp kim có ít phospho, lưu huỳnh và cacbon.

Cụ thể tiến hành công nghệ nấu luyện như sau: Một lò điện sử dụng phế thép cacbon + gang để nấu luyện thép. Sau khi nấu chảy xong cần thổi oxy nguyên chất vào lò để hạ %C xuống thấp theo yêu cầu, hoặc nấu luyện từ thép phế có chứa [P], [S] và [C] rất ít, sau đó hợp kim hoá bằng niken, crom...

Đồng thời lò điện thứ hai nấu phế thép hợp kim và ferro hợp kim. Sau đó rót kim loại lỏng từ hai lò trên vào 1 thùng rót để xáo trộn kim loại mãnh liệt. Khi đạt được thành phần hoá học và nhiệt độ của mác thép thì tiếp tục đúc thổi hoặc đúc sản phẩm.

1.7. CÔNG NGHỆ THỔI HỖN HỢP

Công nghệ thổi hỗn hợp là công nghệ thổi hợp chất phản ứng bằng khí nén, hoặc oxy, hoặc khí trơ (Ar , N_2 và CO) vào lò điện hồ quang để cường hoá quá trình luyện kim.

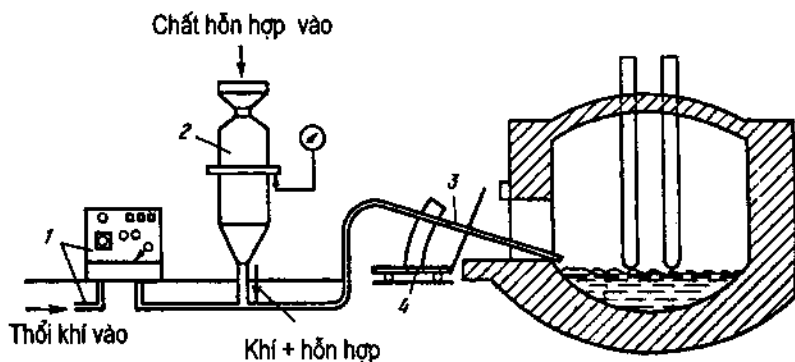
Đây là một phương pháp cường hoá đưa lại hiệu quả kinh tế - kỹ thuật cao, cải thiện được các chỉ tiêu tiêu hao trong sản xuất thép ở lò điện hồ quang. Phương pháp này có thể tiến hành cường hoá kim loại trong giai đoạn oxy hoá, cũng có thể được áp dụng trong giai đoạn hoàn nguyên nhất là việc khử oxy và khử lưu huỳnh trong thép đến giới hạn thấp nhất theo yêu cầu của mác thép.

1.7.1. Thực hiện công nghệ cường hoá kim loại trong giai đoạn oxy hoá (trong mẻ liệu chứa hàm lượng phospho cao)

Sử dụng hỗn hợp chất phản ứng ở dạng bột có thành phần:

Vôi	: 75%
Oxyt sắt hoặc vảy cán (FeO)	: 15%
Huỳnh thạch (CaF_2)	: 10%

Sau khi trộn đều ở ngoài, hỗn hợp được chất vào thùng liệu, qua các ống có đặt thiết bị đo áp suất và lưu lượng kế (oxy hoặc khí nén) và được thổi vào lò qua cửa thao tác, áp suất thổi $6 \div 8$ at, lưu lượng oxy $3 \div 5 \text{ m}^3/\text{tấn kim loại}$ (hình III.3).



Hình III.3. Sơ đồ thiết bị thổi hỗn hợp chất phản ứng:

1- ống dẫn khí có đồng hồ đo; 2- thùng nén và đẩy khí + hỗn hợp chất phản ứng vào lò; 3- ống phun oxy; 4- xe cố định góc nghiêng của ống thổi oxy vào lò.

Thao tác: vị trí vòi phun được thay đổi thường xuyên theo mặt kim loại lỏng trong lò (bể xỉ + kim loại) và đầu vòi phun được nhúng sâu vào bể kim loại khoảng $100 \div 200 \text{ mm}$. Trong quá trình thổi oxy + hỗn hợp chất phản ứng, các phân tử hỗn hợp tan rất nhanh và luôn luôn tiếp xúc với kim loại và chất phản ứng được xáo trộn mãnh liệt, hiệu quả khử phospho, cacbon và các khí có hại đạt được giá trị max. Tốc độ phản ứng oxy hoá, khử xảy ra nhanh chóng đồng thời các bọt khí được hình thành như CO , fluo (F^-) thoát từ trong khối kim loại lỏng lên pha khí. Trong thời gian nổi các bọt khí thì kéo theo các khí khác như nitơ, hydro, oxy và các tạp chất khác thoát ra khỏi kim loại và nổi dễ dàng vào pha xỉ và khí.

Ở các nhà máy luyện kim của Liên Xô cũ cũng như một số nhà máy trên thế giới đã áp dụng phương pháp này đưa lại hiệu quả kinh tế cao, năng suất lò tăng, giảm tiêu hao điện năng và điện cực.

Ở nhà máy luyện kim Lipesic, Novolipeks của Liên Xô đã sử dụng phương pháp này rộng rãi và phổ biến trong giai đoạn oxy hoá trong lò điện hồ quang $20 \div 50$ tấn/mẻ trong khoảng $10 \div 15$ phút và thu được kết quả ở bảng III.13.

Bảng III.13. So sánh kết quả giữa hai phương án

Dùng quặng sắt	Thổi hỗn hợp chất phản ứng + oxy
- Thời gian oxy hoá phospho (từ 0,06% ÷ 0,01% [P]) mất 60 phút	- Thời gian oxy hoá khử [P] (0,06 ÷ 0,01%) mất 12 phút (giảm 5 lần)
- Tiêu hao điện cực, - 10 kg/tấn - Tiêu hao điện $W_y = 580 \text{ kW.h/tấn}$	- Tiêu hao điện cực, 6 kg/tấn - Tiêu hao điện $W_y = 500 \text{ kW.h/tấn}$
- Tăng nhiệt độ cho kim loại $5 \div 6^\circ\text{C/phút}$	- Tăng nhiệt cho kim loại $30 \div 50^\circ\text{C/phút}$
- Năng suất lò $5 \div 7$ tấn/giờ	- Năng suất lò $10 \div 12$ tấn/giờ

1.7.2. Áp dụng phương pháp thổi bột cacbit canxi bằng khí trơ Ar, hoặc nitơ, hay khí CO vào lò để khử lưu huỳnh và oxy trong thép

Thổi CaC_2 vào lò điện hồ quang ở giai đoạn hoàn nguyên là khử bột hàm lượng oxy và đặc biệt là khử triệt để lưu huỳnh trong thép và đồng thời giảm thời gian hoàn nguyên rõ rệt.

Thao tác: Tiến hành nấu luyện thép cacbon 0,35%C trong lò điện hồ quang dung lượng 1,7 tấn/mẻ. Sau khi kết thúc giai đoạn oxy hoá, cào hết xỉ và tạo xỉ mới (vôi + huỳnh thạch) tiếp theo cho FeMn_{75} và FeSi_{75} vào lò để khử oxy sơ bộ, sau đó thổi bột CaC_2 ($\approx 8,5 \text{ kg CaC}_2$) + nitơ vào bể kim loại, phản ứng khử lưu huỳnh xảy ra nhanh chóng và mãnh liệt, giảm [S] từ 0,045% xuống còn 0,022% [S] (xem bảng III.14).

1.7.3. Phương pháp thổi bột cacbit canxi bằng khí trơ argon hoặc khí CO

Những năm gần đây, người ta thay khí tải hỗn hợp $85\% \text{ CaC}_2 + 10\% \text{ CaO} + 5\% \text{ CaF}_2$ bằng khí trơ argon hoặc khí CO, đảm bảo phù hợp với môi trường tinh luyện và giảm hàm lượng lưu huỳnh xuống thấp nhất (khí tải không ảnh hưởng đến thành phần mác thép).

Bảng III.14. Quy trình công nghệ thổi luyện thép trong lò hồ quang 1,7 tấn/mẻ

Thao tác nấu luyện	Nhiệt độ, °C	Hàm lượng, %	
		C	S
1- Nấu chảy xong cho 40 kg vôi + 25 kg quặng sắt và tiến hành oxy hoá; sau đó cào hết xỉ	1650°C	0,15	0,045
2- Cho 0,4% FeMn ₇₅ + 0,2% FeSi ₇₅ vào lò	1690°C		
3- Thổi 8,5 kg bột CaC ₂ + 1,13 m ³ khí nitơ (N ₂)			
4- Lấy mẫu phân tích (trong thời gian thổi) 4 lần			
Mẫu 1	1680°C	0,20	0,037
Mẫu 2	1650°C	0,26	0,033
Mẫu 3	1640°C	0,30	0,029
Mẫu 4	1620°C	0,35	0,022

Thao tác: Tiến hành nấu luyện thép cacbon chất lượng trong lò điện hồ quang với dung lượng lò 40 tấn/mẻ. Sau khi nấu chảy xong tiến hành thổi oxy vào lò để oxy hoá các tạp chất, giảm hàm lượng cacbon xuống $0,10 \div 0,15\%C$. Oxy hoá xong, cào xỉ > 90%, tạo xỉ mới vôi + huỳnh thạch $\approx 1\%$ trọng lượng mẻ nấu – tiếp theo khử oxy sơ bộ bằng cách cho FeMn₇₅ + FeSi₇₅ vào lò với lượng 2% theo tỷ lệ Mn/Si = 4. Để giảm hàm lượng lưu huỳnh từ 0,045% [S] xuống tới 0,017% [S] cần phải tiến hành thổi hỗn hợp trên với khí Ar hoặc CO vào lò ngay sau khi khử oxy sơ bộ, số lượng hỗn hợp được thổi vào là 5,5 kg CaC₂/tấn thép, tức là 220 kg/mẻ và lưu lượng khí Ar là 0,50 m³/tấn (20,0 m³/mẻ thép). Trong thời gian thổi 30 phút cần phải tiến hành lấy mẫu phân tích thành phần (cứ 5 phút lấy mẫu 1 lần).

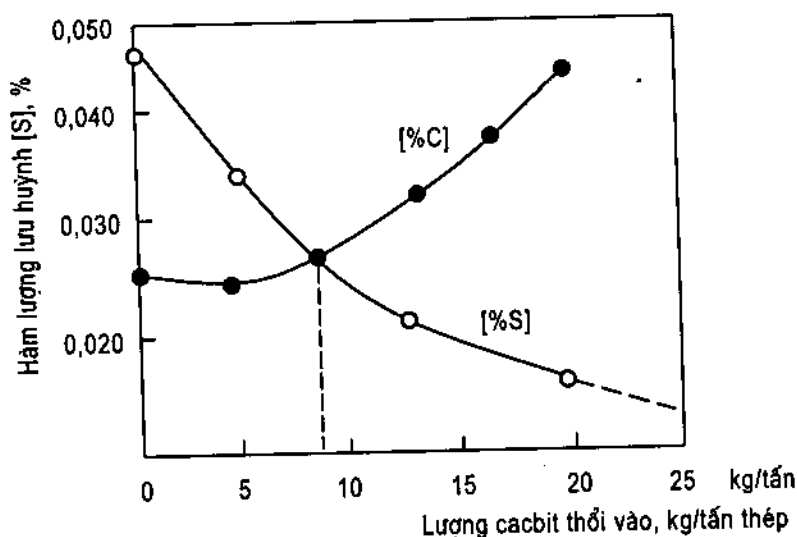
Kết quả được giới thiệu trên hình III.4.

Trên hình III.4 cho chúng ta thấy rõ:

- Càng tăng lượng cacbit canxi thổi vào thì hàm lượng [S] càng giảm, ngược lại hàm lượng cacbon càng tăng [C] trong thép.
- Khoảng 15 phút đầu mức độ khử lưu huỳnh không cao, từ 0,045% [S] xuống 0,027% [S], (giảm 0,018% [S]), trong khi đó cacbon tăng chậm từ 0,150% C tăng 0,170%C (mức độ tăng 0,02% [C]. Còn ở nửa chu kỳ (15 phút)

hàm lượng lưu huỳnh giảm từ 0,027% [S] xuống 0,017% [S] (mức giảm 0,01% S), còn cacbon trong thép tăng nhanh từ 0,170% [C] tăng lên 0,45% (tăng $\approx 0,28\%$ [C]).

– Vì vậy không nên áp dụng phương pháp thổi CaC_2 vào lò khi nấu mác thép thấp hoặc không chứa hàm lượng cacbon. Phương pháp trên được áp dụng phù hợp với dung lượng lò lớn và công nghệ nấu luyện thép cacbon.



Hình III.4. Sự thay đổi hàm lượng [S] và [C] trong thép phụ thuộc vào chế độ thổi luyện (áp suất 8 atm, lượng cacbit CaC_2 thổi vào lò)

1.8. PHƯƠNG PHÁP KHUẤY TRỘN KIM LOẠI BẰNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

Một trong những biện pháp cường hoá mẽ nấu thép ở lò điện hồ quang là khuấy trộn kim loại bằng cảm ứng điện từ để tăng năng suất lò và nâng cao chất lượng thép. Do tác động của từ trường cảm ứng làm cho kim loại + xỉ lỏng trong lò được khuấy trộn mãnh liệt và khắp cả khối kim loại lỏng, tăng tốc độ nấu chảy, tốc độ phản ứng luyện kim, đồng thời có khả năng nung nóng kim loại rất nhanh và đồng đều.

1.8.1. Năm 1935, H. B. Ôkôrôkov đã nghiên cứu, thiết kế lò điện hồ quang với thiết bị cảm ứng điện từ tương đối hoàn chỉnh và được ứng dụng rộng rãi

trong các nhà máy luyện kim của Liên Xô cũ cho tới ngày nay. Thiết bị khuấy trộn kiểu cảm ứng dòng điện 2 pha, tần số thấp ($0,2 + 2 \text{ Hz}$) được lắp đặt ở đáy lò (1), vỏ đáy lò bằng thép hợp kim không từ tính (hình III.5).

Chọn dòng điện 2 pha là dựa trên điều kiện tạo ra từ trường “chạy” (2), đây là yếu tố quyết định mức độ khuấy trộn kim loại trong lò. Ứng dụng dòng điện 2 pha thấp tần là cần thiết để tạo ra quá trình khuấy trộn kim loại tốt nhất, đảm bảo dòng điện cảm ứng xâm nhập vào kim loại lỏng với độ sâu bằng $0,7 \div 0,8$ độ sâu bể kim loại. Độ sâu xâm nhập lớn như vậy có tác dụng khuấy trộn kim loại sâu, đều và mãnh liệt. Giá trị độ sâu xâm nhập của dòng điện cảm ứng được xác định theo công thức sau:

$$H_{xn} = 60 \sqrt{\frac{I_{cu}}{f}}, \text{ cm} \quad (\text{III.1})$$

trong đó: I - cường độ dòng điện cảm ứng, A;

f - tần số làm việc của thiết bị cảm ứng, Hz.

Vỏ đáy lò bằng thép không từ tính, không ngăn cản được dòng điện từ 2 pha xâm nhập vào bể kim loại tạo ra từ trường “chạy” và dòng điện cảm ứng trong lò. Tác động tương hỗ của dòng điện cảm ứng này với từ trường “chạy” tạo ra quá trình chuyển động mạnh của khối kim loại lỏng trong lò. Chế độ khuấy trộn như vậy cũng có thể gọi là chế độ cào xỉ tự động vì lúc đó xỉ (3) phần lớn được chuyển dịch tới cửa lò, bằng cách chuyển đổi lại cuộn dây pha 1 thì hướng chuyển động của kim loại theo chiều ngược lại (từ ngoài cửa vào trong lò). Còn khi chuyển đổi vị trí cuộn dây pha 2 thì tạo từ trường cảm ứng theo từng pha riêng theo hướng ra và vào. Để có được dòng điện 2 pha sơ cấp với tần số thấp, người ta sử dụng máy phát điện đặc biệt (4), rotor của máy không quay, trong stator chỉ sinh ra sức điện động cảm ứng 3 pha, nếu rotor quay với tốc độ của từ trường điện thì trong stator sinh ra 1 sức điện động cảm ứng. Thay đổi tốc độ quay của rotor có thể nhận được tần số dòng cần thiết theo yêu cầu kỹ thuật công nghệ. Dòng điện sơ cấp được tăng lên trong máy khuếch đại từ (7) và trong khuếch đại điện (8), sau đó vào cuộn dây kích thích của máy phát (9). Máy phát làm việc thì cung cấp dòng điện vào các cuộn dây 2 pha của thiết bị khuấy trộn. Động cơ (10) dẫn động quay máy khuếch đại điện (8), còn động cơ (11) dẫn động quay máy phát điện (9). Cường độ xáo trộn và chuyển động của lớp kim loại phía trên tăng lên.

Khi tăng dòng điện và giảm tần số (trong một giới hạn cho phép), tốc độ chuyển động của mặt kim loại phía trong lò là $0,40 \div 0,60$ m/s theo một tần số hợp lý. Tần số dòng càng thấp thì dung lượng lò càng lớn. Thông số ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả khuấy trộn kim loại của thiết bị cảm ứng là độ dày đáy lò (lớp gạch chịu lửa). Thông thường độ dày của đáy lò khi ứng dụng thiết bị khuấy trộn bằng cảm ứng điện từ là bằng $0,75 \div 0,80$ độ dày của đáy lò điện bình thường.

Nhược điểm lớn nhất của thiết bị khuấy trộn bằng cảm ứng điện từ là hệ số tận dụng điện hữu ích rất thấp. Khi thiết bị làm việc chỉ sử dụng được khoảng $5 \div 7\%$ tổng công suất điện cung cấp, phần công suất điện còn lại là tiêu tốn cho dòng cơ điện, máy điện, các cuộn dây chuyển đổi hướng và đại lượng từ trường.

1.8.2. Qua kinh nghiệm sử dụng thiết bị khuấy trộn kim loại bằng cảm ứng điện từ người ta có những kết luận như sau:

1- Ứng dụng thiết bị khuấy trộn bằng cảm ứng điện từ có hiệu quả nhất là ở giai đoạn hoàn nguyên và hợp kim hoá thép vì trong giai đoạn này giải quyết dứt điểm tốc độ khử oxy và khử lưu huỳnh nhanh chóng, đặc biệt hợp kim hoá các nguyên tố Cr, Mn, Si, Mo, Co... trong thép rất tốt vì hợp kim hoá đồng đều và cháy hao các nguyên tố hợp kim rất ít, cuối cùng giảm thời gian hoàn nguyên và hợp kim hoá rõ rệt. Ngoài ra còn khử được các khí có hại như nitơ, hydro..., giảm được điện năng từ 20 đến 40 kW.h/tấn.

2- Khi nấu luyện thép cacbon thấp trong lò điện hồ quang có sử dụng máy khuấy trộn thì có lợi cho mẻ nấu thép ở cuối giai đoạn nấu chảy và trong giai đoạn oxy hoá kim loại, đặc biệt nâng nhiệt độ kim loại lỏng cao và đồng đều, tăng tốc độ oxy hoá cacbon.

3- Máy làm việc tốt cho chúng ta hiệu quả:

– Xáo trộn kim loại mãnh liệt và đều;

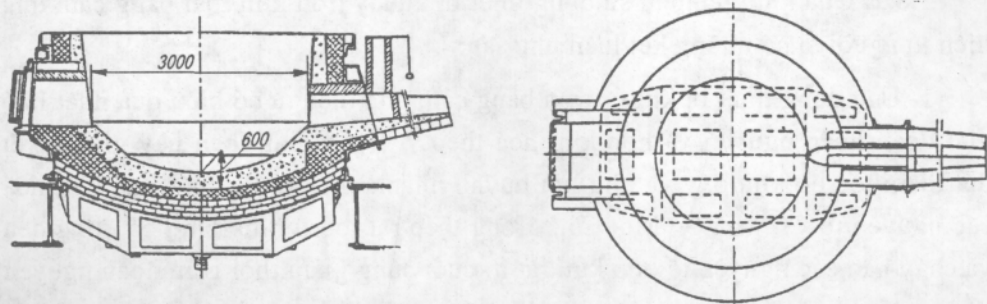
– Đẩy xỉ lên mặt kim loại và tập trung về 1 phía cửa lò, giải phóng sức công nhân cào xỉ.

4- Máy được ứng dụng hợp lý nhất là khi tiến hành nấu luyện thép hợp kim cao và thép cacbon chất lượng trong lò hồ quang bazơ với dung lượng lò từ $10 \div 50$ tấn/mẻ hay lớn hơn, còn đối với lò nhỏ thì không nên sử dụng máy vì giá thành máy gần bằng giá thành lò điện hồ quang.

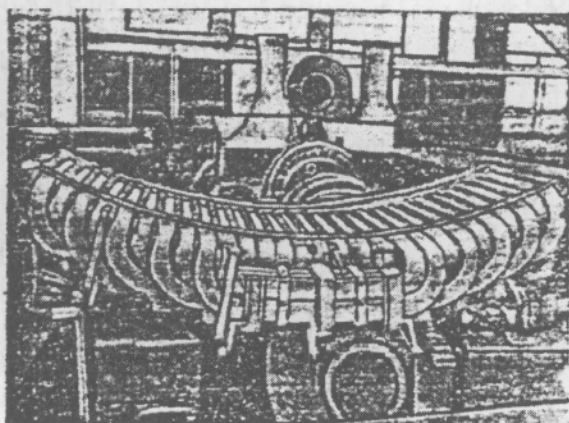
5- Ở điều kiện thông thường của nấu, tuổi thọ hông và đáy lò cao, nhưng khi có thổi oxy vào để oxy hoá kim loại, nhiệt độ tăng quá cao $> 1800^{\circ}\text{C}$, hông và đáy lò bị bào mòn rất nhanh và trầm trọng, nhất là khi tăng cường độ dòng điện cảm ứng của máy khuấy trộn.

1.8.3. Ngày nay trên thế giới vấn đề luyện thép trong lò điện hồ quang có ứng dụng máy khuấy trộn kim loại bằng cảm ứng điện từ đã và đang được nghiên cứu ứng dụng rộng rãi trong sản xuất.

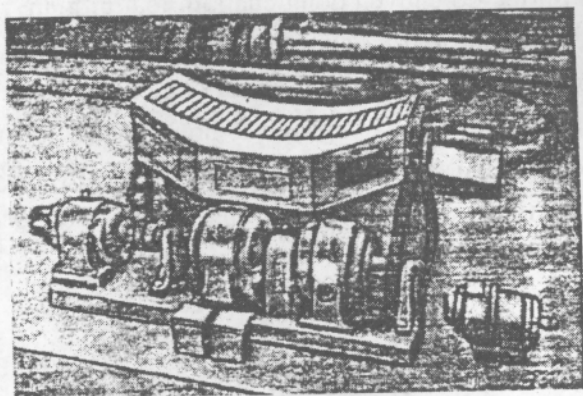
Tại Nhà máy Utdekhnor và Nhà máy Surakhammar-Bruks của Thụy Điển đang nấu luyện thép trong lò điện hồ quang 15 tấn/mẻ và 10 tấn/mẻ có sử dụng máy khuấy trộn kim loại bằng cảm ứng điện từ (mắc thép thường được nấu là thép cacbon chất lượng và thép hợp kim cao crom, thép hợp kim crom-niken).



Hình III.6. Sơ đồ lò điện hồ quang có thiết bị cảm ứng điện từ của Nhà máy Utdekhnor.



Hình III.7. Stator của máy cảm ứng điện từ của Nhà máy Utdekhnor (Thụy Điển) được ứng dụng cho lò điện hồ quang 15 tấn/mẻ.



Hình III.8. Thiết bị cảm ứng điện từ ở lò điện hồ quang 10 tấn/mẻ của Nhà máy Xurakhammar-Bruks (Thụy Điển).

Bảng III.15. Đặc tính kỹ thuật của máy cảm ứng điện từ (Thụy Điển)

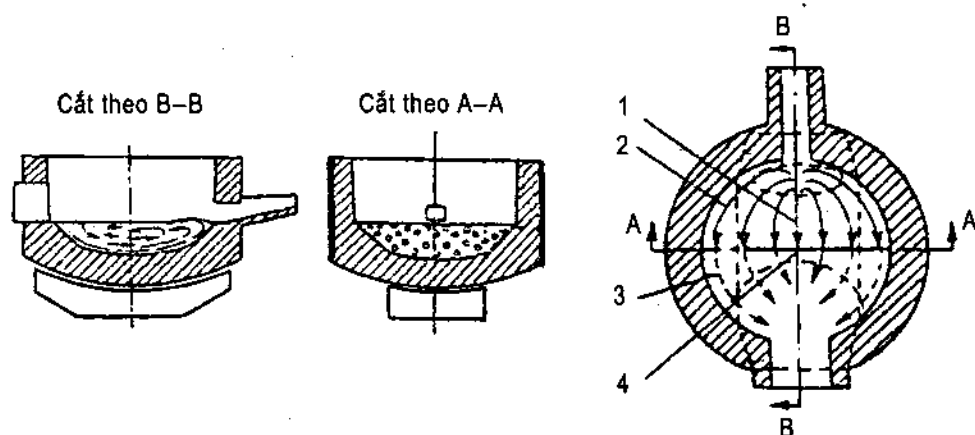
Tên nhà máy	Dung lượng lò tấn/mẻ	Công suất điện của động cơ kW	Dung lượng máy phát kVA	Tiêu hao điện năng kW.h/tấn
1- Xurakhammar-Bruts	10	63	105	17
2- Utdekhnemor	15	109	212	18

Khi máy làm việc tạo ra từ trường cảm ứng và xuất hiện dòng điện cảm ứng trong kim loại. Do tác động của dòng điện cảm ứng và từ trường sinh ra trong stator mà kim loại lỏng bắt đầu bị xáo trộn mạnh, hướng chuyển động của kim loại là do lực từ trường cảm ứng song song với đáy lò (hình III.9).

Khi khuấy trộn, lớp kim loại lỏng ở dưới được chuyển từ hướng cửa lò tới lỗ ra thép. Bên cạnh lỗ ra thép dòng kim loại được dâng lên và chuyển động tới cửa lò, từ đây kim loại được chuyển động xuống dưới.

Trên hình III.9, ngoài hướng chuyển động, người ta xác định tốc độ chuyển động của kim loại trong lò khác nhau theo vị trí: ở tâm lò tốc độ chuyển động của kim loại rất yếu $V_{cd} = 0,1 \div 0,2$ m/s, còn ở xung quanh lò kim loại được chuyển động rất mạnh $V_{cd \max} = 0,6 \div 0,7$ m/s. Tốc độ chuyển động của kim loại còn phụ thuộc vào lớp xỉ che phủ trên bề mặt kim loại; khi kim loại bị một lớp

xi dày che phủ thì tốc độ chuyển động của kim loại bị giảm rõ rệt. Lớp xi được đẩy lên trên bề mặt kim loại và chuyển động theo hướng từ trường từ trong ra ngoài theo hướng cửa thao tác, do đó người công nhân cào xi ra một cách nhẹ nhàng không vất vả. Khi cho các nguyên tố hợp kim vào lò (từ cửa thao tác đưa hợp kim vào bể kim loại) thì phải thay đổi hướng từ trường, nghĩa là kim loại được chuyển động từ ngoài (cửa lò) vào trong lò, làm cho việc hợp kim hoá thép được thực hiện một cách nhanh chóng và đồng đều.



Hình III.9. Tốc độ và hướng chuyển động của kim loại trong bể lò điện hồ quang 15 tấn/mẻ:

- 1- chuyển động hướng tâm lò từ phía lỗ tháo thép vào;
- 2- chuyển động kim loại vùng xung quanh lò từ phía lỗ tháo thép tới tâm lò;
- 3- chuyển động kim loại ở vùng xung quanh lò từ phía trục lò ra cửa thao tác;
- 4- chuyển động từ tâm lò ra cửa thao tác.

Để chứng minh rõ hiệu quả quá trình khuấy trộn kim loại bằng cảm ứng điện từ, hai nhà máy trên đã nấu thí nghiệm nhiều mẻ thép theo phương án sử dụng thiết bị khuấy trộn kim loại bằng cảm ứng điện từ và phương án nấu thép bình thường trong lò điện hồ quang 10 ÷ 15 tấn/mẻ. Kết quả đạt được để so sánh tính đồng nhất về thành phần và nhiệt độ của thép thành phẩm, tiêu hao điện năng trong quá trình nấu 1 mẻ thép, tốc độ cháy hao điện cực, mức độ khử lưu huỳnh...

Nhà máy Utdekhonmor đã tiến hành nấu luyện 104 mẻ thép theo hai phương án trên và khẳng định rằng tiêu hao điện năng để nấu chảy liệu và thời gian nấu

chảy không có gì khác nhau giữa hai phương án cả, còn tiêu hao điện năng do sử dụng máy từ trường cảm ứng làm việc là 3,6 kW.h/tấn với thời gian 41 phút. Mẻ nấu thép không có khuấy trộn thì nhiệt độ kim loại trên dưới chênh lệch nhau 50°C (đối với lò 15 tấn/mẻ), còn khi nấu thép có dùng phương pháp khuấy trộn thì nhiệt độ kim loại lỏng trên dưới không có chênh lệch.

1.8.4. Sau khi thử nghiệm nấu luyện nhiều mẻ thép theo hai phương án trên, Nhà máy Xurakhammar-Bruks đã đưa ra các kết luận như sau:

1- Ở thời kỳ oxy hoá, nhiệt độ của kim loại trên dưới không chênh lệch nhau (kết quả hai phương án như nhau). Sở dĩ như vậy là vì trong giai đoạn oxy hoá, cacbon bị oxy hoá mãnh liệt, kim loại lỏng sôi liên tục trong một thời gian trên 30 phút, truyền nhiệt của khối kim loại lỏng nhanh đều khắp nơi.

2- Trong thời kỳ hoàn nguyên, khi sử dụng máy khuấy trộn thì nhiệt độ của kim loại trên dưới đều như nhau, ngược lại khi nấu theo phương pháp thông thường thì kim loại ở trên dưới có chênh lệch nhau $20 \div 25^\circ\text{C}$ (đối với lò 10 tấn/mẻ).

3- Qua nhiều lần chạy lò có sử dụng máy khuấy trộn thì thấy nhiệt độ của xỉ và kim loại chỉ chênh nhau $22 \div 26^\circ\text{C}$. Sau khi dừng chạy máy khoảng thời gian 20 phút thì nhiệt độ của xỉ và kim loại lỏng chênh lệch nhau $100 \div 110^\circ\text{C}$.

Vì vậy máy khuấy trộn kim loại bằng cảm ứng điện từ được ứng dụng trong giai đoạn hoàn nguyên là cần thiết để nâng cao chất lượng thép, đồng thời bảo vệ tốt tường và nắp lò, nâng cao tuổi thọ lò.

4- Dùng phương pháp khuấy trộn kim loại trong lò để giảm mức độ không đồng đều về thành phần hoá học của thép, đặc biệt là các loại thép hợp kim cao, thép không gỉ, thép cắt gọt và ngay cả thép lõi máy biến thế.

5- Khuấy trộn kim loại bằng cảm ứng điện từ không ảnh hưởng đến việc cháy cacbon của mác thép cacbon cao và trung bình. Ngược lại khi nấu thép cacbon rất thấp ($0,05 \div 0,08\%\text{C}$) có sử dụng máy khuấy trộn thì có khả năng tăng tốc độ oxy hoá cacbon làm giảm $\%\text{C}$ trong thép thành phẩm quá giới hạn cho phép.

6- Hàm lượng oxy [O] trong thép và hàm lượng oxit sắt (FeO) trong xỉ rất thấp khi có sử dụng máy khuấy trộn, đặc biệt việc cào xỉ ra khỏi lò được tiến hành nhanh chóng và triệt để.

7- Khi sử dụng máy khuấy trộn ở giai đoạn hoàn nguyên các phản ứng giữa kim loại và xỉ xảy ra mạnh mẽ và nhanh chóng tạo điều kiện khử oxy, lưu huỳnh và khí thể rất tốt, thời gian hoàn nguyên được rút ngắn đáng kể, nhiệt độ và thành phần thép được đồng đều, đồng thời tạo điều kiện dễ dàng truyền nhiệt từ hồ quang điện vào bể kim loại lỏng.

8- Sử dụng máy khuấy trộn đưa lại hiệu quả kinh tế cao thực sự cho công nghệ nấu luyện thép hợp kim trong lò điện hồ quang hiện nay.

9- Ứng dụng máy khuấy trộn kim loại bằng cảm ứng điện từ ở lò điện hồ quang cỡ lớn ≥ 200 tấn/mẻ là một biện pháp cường hoá quá trình luyện thép đạt hiệu quả kinh tế - kỹ thuật cao.

Chương 2

KỸ THUẬT Lò ĐIỆN HỒ QUANG MỘT CHIỀU SIÊU CÔNG SUẤT (EAF-DC)

2.1. MỞ ĐẦU

Từ năm 1889 đến năm 1980 lò điện hồ quang xoay chiều (EAF-AC) là một thiết bị luyện thép chủ yếu được ứng dụng khắp nơi trên thế giới và đã sản xuất ra nhiều chủng loại thép khác nhau, đặc biệt đã luyện ra hơn 100 mác thép hợp kim cao cấp. Nhưng về sau này người ta đã sử dụng chế độ điện khác nhau để sản xuất thép với giá thành sản phẩm hạ hơn. Hiện nay người ta đã cung cấp điện năng lớn cho lò điện hồ quang theo chế độ công suất cao và siêu công suất để đạt được mục đích giảm thời gian nấu luyện, giảm tiêu hao điện năng và điện cực, tăng năng suất lò và hạ giá thành thép thành phẩm rõ rệt. Thường có ba chế độ điện cung cấp cho quá trình nấu luyện thép trong lò (hình III.10):

– Chế độ điện theo định mức dùng công suất điện bình thường cho mẻ nấu RP (regular power)

– Chế độ điện cao dùng công suất điện lớn HP (high power) và chế độ siêu

– Chế độ điện siêu, sử dụng công suất điện rất cao UHP (ultrahigh power)

2.1.1. Chỉ tiêu kỹ thuật của lò điện hồ quang xoay chiều siêu công suất

– Công suất đưa vào lò cao:

$$P_{cao} = (1,5 + 1,6) P_{dm}$$

– Siêu công suất:

$$P_{siêu} = (2,0 + 2,5) P_{dm}$$

Công suất điện cung cấp cho lò theo chế độ cao lớn hơn công suất điện định mức 1,5 ÷ 1,6 lần, còn công suất theo chế độ siêu lớn hơn công suất điện định mức 2 ÷ 2,5 lần.

– Suất công suất rất lớn: $\frac{P_{dm}}{g}$, kVA/tấn.

$$\frac{P_{cao}}{g} \geq 2 \text{ lần khi dùng chế độ điện cao;}$$

$$\frac{P_{siêu}}{g} \geq 4 \text{ lần khi dùng chế độ siêu công suất.}$$

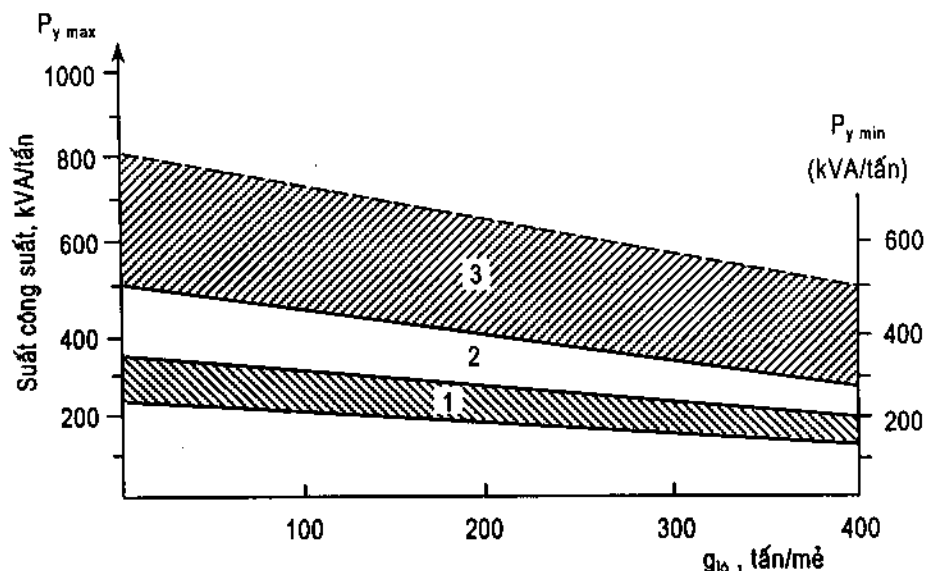
(g- dung lượng lò, tấn/mẻ, P_{dm} - công suất điện định mức).

Khi sử dụng chế độ điện cao công suất để nấu luyện thép thì suất công suất (P_{dm}/g) gấp 2 lần so với chế độ điện bình thường, còn khi áp dụng chế độ điện siêu công suất thì suất công suất điện bằng 4 lần so với P_{dm} (chế độ điện bình thường).

- Cung cấp điện áp vào cao, $U_2 = 400 \div 600$ V (bình thường chỉ $U_2 = 120 \div 300$ V).

Điện áp thứ cấp U_2 lớn thì chùm hồ quang phát ra dài (L_{HQ} lớn) nấu chảy liệu nhanh chóng.

Thực tế sản xuất người ta đã xác định được chế độ điện khác nhau tạo ra 3 miền khác nhau (hình III.10).



Hình III.10. Quan hệ giữa công suất điện và dung lượng lò điện hồ quang nấu luyện thép:

1- chế độ điện bình thường; 2- chế độ điện cao; 3- chế độ siêu công suất,
 $P_y = P_{dm}/g$ (kW/tấn); đường đứt ----- biên giới P_s chưa ổn định.

Trên hình III.10, cho chúng ta thấy rõ phân biệt vùng biên giới giữa ba chế độ điện cung cấp cho lò, vị trí và độ rộng của ba vùng chế độ điện khác nhau. Đặc biệt vùng chế độ siêu công suất rộng nhất, có đường biên dứt quãng là biểu thị có khả năng còn phát triển tăng công suất điện hơn nữa.

2.1.2. Chỉ tiêu kỹ thuật của lò điện hồ quang một chiều siêu công suất

– Suất công suất rất cao ($P_{\text{siêu}}/g$), kVA/tấn thép:

$$P_y = \frac{P_{\text{siêu}}}{g} = 720 \div 1200 \text{ kVA/tấn thép}$$

– Điện áp tăng từ 700 đến 1200 V.

Ví dụ:

– Nhà máy Luyện kim Marienhütte Graz (Áo) có lò điện hồ quang một chiều với dung lượng lò 30 tấn/mẻ

có $P = 35.000 \text{ kVA}$; điện áp ra $U_2 = 700 \text{ V}$

$P/g = 1.170 \text{ kVA/tấn thép}$.

– Nhà máy H.SW Hamburger Stahlwerke GMBH Hamburg (Đức)

$g = 120 \text{ tấn/mẻ}$; $P = 105.000 \text{ kVA}$

$U_2 = 960 \text{ V}$; $P/g = 875 \text{ kVA/tấn}$

– Nhà máy Celssa Barcelona (Tây Ban Nha)

có $g = 125 \text{ tấn/mẻ}$; $P = 90.000 \text{ kVA}$

$U_2 = 900 \text{ V}$; $P/g = 720 \text{ kVA/tấn}$

– Nhà máy Rotherham Engineering Steels (Anh)

có $g = 160 \text{ tấn/mẻ}$; $P = 120.000 \text{ kVA}$

$U_2 = 1.200 \text{ V}$; $P/g = 727 \text{ kVA/tấn}$

2.2. LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN LÒ ĐIỆN HỒ QUANG MỘT CHIỀU

Lò điện hồ quang một chiều đã được nghiên cứu vào những năm 70 của thế kỷ 19 và kéo dài cho đến cuối thế kỷ thứ 20 vì chưa có thiết bị chỉnh lưu công suất cao làm cho việc ứng dụng bị hạn chế.

Trong hàng trăm năm lò điện hồ quang xoay chiều chiếm vị trí chủ đạo trong sản xuất thép lò điện. Những năm 60 của thế kỷ 20 lò điện hồ quang xoay

chiều siêu công suất được ứng dụng để nấu luyện thép, đặc biệt dung lượng lò (100 ÷ 400 tấn/mẻ) và công suất biến áp lò lớn đã được phát triển mạnh. Sau đó lò điện hồ quang một chiều siêu công suất ra đời nâng cao sản lượng thép và chất lượng sản phẩm, giảm rõ rệt giá thành thép sản xuất ra và đang cạnh tranh sản xuất thép với lò điện hồ quang xoay chiều siêu công suất. Đặc biệt mấy năm gần đây, lò điện hồ quang một chiều siêu công suất cùng với tinh luyện thép ngoài lò và đúc cán liên tục phát triển rất mạnh. Vì vậy một số nước tăng sản lượng thép lò điện > 40%, do đó dung lượng lò càng ngày càng lớn, biên độ tăng trưởng công suất điện được nâng cao, việc sản xuất thép trong lò điện hồ quang xoay chiều cỡ lớn siêu công suất có những nhược điểm nổi bật sau đây:

- Tính ổn định của hồ quang kém, tổn thất nhiệt lớn, tuổi thọ nồi lò tương đối thấp. Đặc biệt sử dụng siêu công suất điện trong lò hồ quang cỡ lớn thì khả năng bào mòn nồi lò nhanh (mức độ bào mòn áo lò tỷ lệ thuận với đại lượng công suất điện và diện áp lò).

- Dòng điện đập mạch nhiều và mạnh, gây nên độ rung khá lớn dẫn tới sự cố phóng điện trên đường dây dẫn điện (mạch ngắn).

- Tăng mức độ ô nhiễm môi trường, tiếng kêu ồn của hồ quang nhiều và to ảnh hưởng đến sức khỏe của công nhân nấu luyện.

- Tăng vốn đầu tư để mua sắm thiết bị ổn định trạng thái động, giảm rung trong mạch điện (lắp thêm bộ tụ bù cosφ).

Ngoài ra, tiêu hao điện năng và điện cực còn tương đối cao, ảnh hưởng đến giá thành sản phẩm ($W_y = 550 \div 450 \text{ kW.h/tấn}$ và $V_y = 3 \div 4 \text{ kg/tấn thép}$). Vì vậy lò điện hồ quang một chiều được ra đời để giải quyết thời gian nấu luyện nhanh, năng suất lò tăng cao, giảm dòng điện đập mạch và giảm tiếng kêu ồn của hồ quang. Vào những năm 70 của thế kỷ 20 lò điện hồ quang một chiều với kỹ thuật điều chỉnh hồ quang bằng tiristor silic được phát triển rất mạnh. Khi thiết bị chỉnh lưu tiristor silic với công suất lớn ra đời thì lò điện hồ quang một chiều cỡ lớn (> 100 tấn/mẻ) được phát triển phổ biến và rộng rãi trên thế giới. Năm 1971 Công ty Điện dân dụng của Thụy Điển (ASEA) đã bắt đầu sử dụng kỹ thuật lò điện hồ quang một chiều. Năm 1972 Mefos của Thụy Điển đã đầu tư xây dựng lò điện hồ quang một chiều với dung lượng 7 tấn/mẻ để sản xuất thử quặng hoàn nguyên trực tiếp, sau đó ASEA lại dùng lò điện trên để nấu luyện thép. Năm 1975, Xưởng Thép Kanthal (Thụy Điển) đã cải tạo lò điện hồ quang

30 tấn/mẻ xoay chiều thành một chiều đầu tiên luyện thép trên thế giới. Kết quả sản xuất thép từ lò điện hồ quang một chiều có nhiều tính ưu việt lớn. Vì vậy sau những năm 80 của thế kỷ 20 trên thế giới lò điện hồ quang một chiều được phát triển và ứng dụng rộng rãi với tốc độ nhanh chóng (xem bảng III.16).

Từ bảng III.16, chúng ta thấy: đầu tiên hãng ASEA của Thụy Điển thiết kế xây dựng và chạy lò điện hồ quang một chiều với dung lượng $7 \div 30$ tấn/mẻ, sau đó hãng CLECIM của Pháp thiết kế lò điện hồ quang một chiều với dung lượng lò 6 tấn/mẻ và hãng MAN/GH.H của Tây Đức đã thiết kế xây dựng và chạy lò điện hồ quang một chiều với dung lượng $4 \div 50$ tấn/mẻ; tiếp theo Nhật Bản sử dụng các loại lò điện hồ quang một chiều với dung lượng lò $30 \div 100$ tấn/mẻ. So với Thụy Điển, Pháp và Đức, Nhật Bản đã phát triển và sử dụng lò điện hồ quang một chiều có chậm hơn (1988) nhưng tốc độ phát triển rất nhanh. Nhật Bản đã tiếp thu những kỹ thuật công nghệ mới của nước ngoài nhanh chóng và vững chắc, đã thành lập hai tập đoàn công ty mới để chế tạo lò điện hồ quang một chiều, đó là Công ty Thép ống N.K.K thu mua bản quyền của hãng MAN/GHH của Tây Đức và Công ty Thép đặc biệt của Nhật Bản đã hợp đồng với Pháp thành lập Tập đoàn Công ty CLECIM/DAVY. Các tập đoàn, các xưởng cạnh tranh để tăng dung lượng lò điện hồ quang một chiều, phát huy năng lực sản xuất thép ở lò điện mới này. Vì vậy 4 năm đầu của thập kỷ 90 số lò điện hồ quang một chiều được phát triển đi vào sản xuất thép nhiều bằng tổng số thép do các lò điện hồ quang một chiều từ năm 1989 trở về trước (1972).

Ở Trung Quốc, lò điện hồ quang một chiều cũng được phát triển nhanh: Công ty Thép Đông Hoà - Đài Loan đã cải tạo lò điện hồ quang xoay chiều thành lò hồ quang một chiều với dung lượng 100 tấn/mẻ (vào năm 1992), lò điện này do Tập đoàn công ty Quế Hồng - Đài Loan cũng đã mua 2 lò điện hồ quang một chiều với dung lượng 120 tấn/mẻ mỗi lò. Xưởng thép ống không hàn của Thành Đô - Trung Quốc đã đưa một lò điện một chiều 30 tấn/mẻ vào sản xuất thép (1993). Khu vực Thượng Hải và Triết Giang mấy năm gần đây đã xây dựng 6 lò điện hồ quang một chiều với dung lượng $100 \div 150$ tấn/mẻ mỗi lò. Ngoài ra, Trung Quốc còn đang xây dựng và cải tạo hàng loạt biến áp lò nhỏ lên tới 7.000 kVA, từ 1 đỉnh thành 2 đỉnh cho lò điện hồ quang một chiều. Vì vậy trong 10 năm cuối của thế kỷ 20 lò điện hồ quang một chiều cỡ lớn ($100 \div 160$ tấn/mẻ) được phát triển nhanh chóng; đây là mốc thời gian người ta sử dụng kỹ

thuật lò điện hồ quang một chiều siêu công suất để sản xuất thép với sản lượng và chất lượng sản phẩm cao nhất.

Bảng III.16. Sự phát triển kỹ thuật công nghệ lò điện hồ quang một chiều trên thế giới

TT	Nhà máy	Quốc gia	Hãng chế tạo	Dung lượng, tấn/mẻ	Năm bước vào sản xuất	Ghi chú
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Mefos	Thụy Điển	ASEA	7	1972	Trước sx ferro HK
2	Kanthal	– nt –	– nt –	30	1975	
3	Domnarvet	– nt –	– nt –	30	1977	
4	ISIRD	Pháp	CLECIM	6	1979	
5	Vnieto	Liên Xô cũ	Vieto	6	1981	Trước sx ferro
6	Vnieto	– nt –	– nt –	12	1981	
7	Vnieto	– nt –	– nt –	25	1981	
8	Gullspangs	Thụy Điển	ASEA	4	1981	
9	Thyssen	Đức	MAN/DAMAG	50	1981	Sau thay 100 tấn
10	SMS	– nt –	– nt –	12	1982	
11	Avesta	Thụy Điển	ASEA	55	1983	
12	AS & A	Nam Phi	– nt –	70	1984	
13	Gullspangs	Thụy Điển	– nt –	6	1985	Trước sx ferro sx ferro
14	Kreuztalo	Đức	MAN/GHH	15	1985	
15	Nucor	Mỹ	– nt –	35	1985	
16	SME	Pháp	CLECIM	75	1985	
17	Florida	Mỹ	ASEA	30	1986	1990 thay lò 100 tấn
18	CTLK-ITALINPINTI	Ý	ITALINPINTI	30	1987	
19	Topy	Nhật	NKK	35	1988	Trước lò chứa
20	CTy Kỹ thuật nhiệt điện	Bungari	CTKTND	15	1988	
21	CTy Thép đặc biệt Đại Đồng	Nhật	CLECIM/DAVY	20	1989	

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
22	CTy Thép đặc biệt Đại Đồng	– nt –	– nt –	25	1989	
23	CTy Thép Tokyo Kin	– nt –	NKK	130	1989	
24	N/m Điện cơ Đại Hoà	Nhật	– nt –	100	1990	
25	CTy Thép Công Anh	– nt –	NKK	60	1990	
26	CTy Gang thép	– nt –	CLECIM/DAVY	125	1990	
27	CTy Thép đặc biệt	Ý	ABB	35	1990	
28	CTy Thép	Malaixia	ABB	80	1991	
29	CTy Thép	Mỹ	– nt –	60	1991	
30	Florida	Mỹ	DVAL	60	1991	
31	–	Nhật	MAN/GHH	30	1991	
32	–	Nhật	CLECIM/DAVY	75	1991	Trước
33	Novolivpetsk	Liên Xô cũ	–	160	1991	Lò chứa
34	Tokyokin	Nhật	NKK	100	1991	
35	Nucor	Mỹ	MAN/GHH	150	1992	2 lò
36	–	Nhật	NKK	100	1992	
37	Tokyokin	– nt –	– nt –	150	1992	
38	–	– nt –	MAN/GHH	70	1992	
39	–	– nt –	CLECIM/DAVY	75	1992	
40	–	– nt –	– nt –	100	1992	
41	Diler	Thổ	ABB	80	1992	
42	Dine	– nt –	– nt –	30	1992	
43	–	Hàn Quốc	NKK	100	1992	
44	–	– nt –	MAN/GHH	120	1992	
45	HSM	– nt –	ABB	50	1992	
46	HWANYOUNG	– nt –	ABB	100	1992	
47	–	Singapo	ABB	55	1992	
48	Đồng Hoà	Đài Loan	CLECIM/DAVY	100	1992	
49	Quế Hồng	– nt –	– nt –	120	1992	Hai lò
50	Thành Đô	Trung Quốc	–	30	1993	
51	Nucor	Mỹ	MAN/GHH	100	1993	

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
52	—	Mỹ	ABB	70	1993	6 lò
53	—	Nhật	ABB	120	1993	
54	—	Ý	ABB	40	1993	
55	—	Thổ	ABB	80	1993	
56	ESSAR	Ấn Độ	CLECIM/DAVY	150	1993	
57	Thượng Hải	Trung Quốc	—	100+150	1995	
58	Vũ Hán	— nt —	—	100	1995	
59	—	Mỹ	—	150	1995	

2.3. NHỮNG ƯU VIỆT CƠ BẢN CỦA Lò ĐIỆN HỒ QUANG MỘT CHIỀU SIÊU CÔNG SUẤT

Kỹ thuật công nghệ lò điện hồ quang một chiều so với lò điện hồ quang xoay chiều có những ưu việt cơ bản sau đây:

– Giảm đáng kể dòng điện hồ quang đập mạch, giảm độ sung rất lớn trong quá trình nấu luyện thép.

Theo tài liệu của Trung Quốc khi chạy lò điện hồ quang xoay chiều cỡ lớn siêu công suất người ta đã đo được dung lượng điện'sung ba động:

$$S_K \geq \sqrt[4]{n} \cdot 80 \cdot P_{\text{siêu}}, \text{ kVA} \quad (\text{III.2})$$

trong đó: S_K - dung lượng điện sung ba động;

n - số lò điện hồ quang xoay chiều cùng chạy;

80- số lần giao động công suất điện do sung của dòng đập mạch (số liệu thực tế sản xuất).

Khi chạy lò điện hồ quang một chiều giảm độ sung xuống $1/2 \div 1/3$ so với lò hồ quang xoay chiều. Trong giai đoạn nấu chảy ở lò điện hồ quang một chiều dòng điện hồ quang đập mạch giảm xuống còn $1/10$ so với dòng điện đập mạch ở lò điện hồ quang xoay chiều, do đó giảm độ sung rất lớn trong quá trình chạy lò. Nguyên nhân dẫn tới đạt hiệu quả kỹ thuật cao là:

- + Phát hồ quang rất mạnh và ổn định ngay từ đầu chạy lò.
- + Hiệu ứng điện bề mặt của các pha rất ít (chỉ một pha một mạch ngắn).
- + Tải dòng điện, nhiệt nhanh, đều và hiệu quả cao.

– Tiêu hao điện cực grafit trong quá trình nấu rất thấp, chỉ bằng $1/4 \div 1/5$ tiêu hao điện cực của lò điện hồ quang xoay chiều.

– Đối với lò điện hồ quang xoay chiều $v_y = 5 \div 7$ kg điện cực/tấn thép

– Đối với lò điện hồ quang một chiều $v_y = 1,2 \div 1,4$ kg điện cực/tấn thép.

Sở dĩ tiêu hao điện cực thấp như vậy là do thời gian nấu luyện nhanh $\tau_{\text{nấu}} \leq 60$ phút, sử dụng một điện cực grafit (catốt) để nấu luyện thép. Đặc biệt nhiệt độ nung nấu điện cực catốt thấp hơn nhiệt độ của điện cực lò hồ quang xoay chiều và lực cơ học tác động vào điện cực catốt cũng thấp hơn nhiều so với lò hồ quang xoay chiều. Ngoài ra, trong lò luôn luôn tạo xỉ bọt, giảm oxy hoá bề mặt của điện cực rất nhiều. Hiện nay người ta đã và đang áp dụng biện pháp cường hoá quá trình luyện kim trong lò điện hồ quang một chiều siêu công suất để tăng cao năng suất lò $100 \div 120$ tấn/h và giảm tiêu hao điện cực và đạt tới giá trị thấp nhất ($1,1 \div 1,2$ kg điện cực/1 tấn thép).

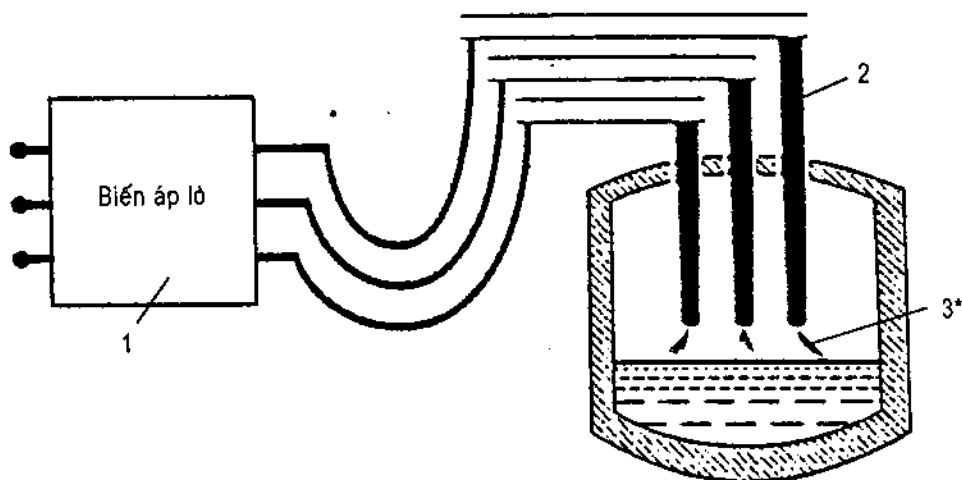
Rút ngắn thời gian nấu luyện và giảm tiêu hao điện năng. Đây là yếu tố mấu chốt để tăng năng suất lò, giảm tiêu hao điện năng và hạ giá thành thép luyện. Sở dĩ đạt được hiệu quả như trên là do:

– Hiệu ứng điện bề mặt của một pha rất thấp, dòng điện cao lại được phân bố đều trong khối điện cực grafit, vì vậy chuyển tải dòng tăng lên $20 \div 30\%$ so với dòng điện của lò hồ quang xoay chiều.

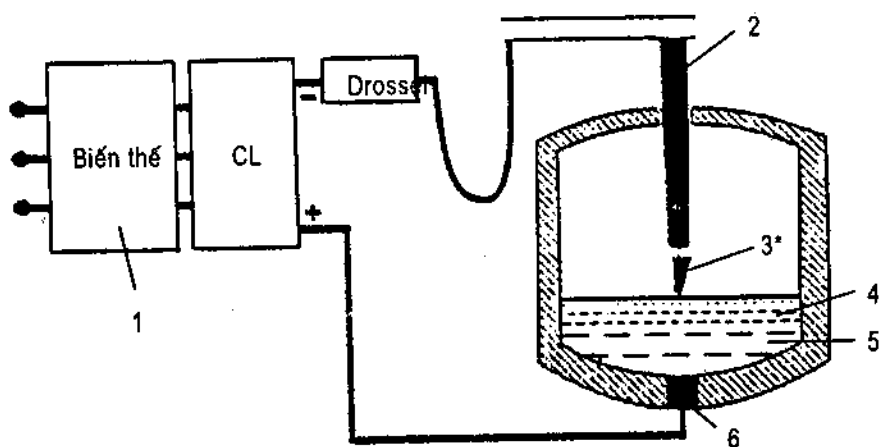
– Công suất hồ quang điện bao giờ cũng lớn hơn công suất lò hồ quang xoay chiều.

– Điện cực grafit của lò điện hồ quang một chiều được nối trực tiếp với cực âm của mạch điện, còn kim loại trong lò được nối với cực dương (cực anốt) đáy lò và nối cực dương của nguồn điện, do đó dòng điện khi chuyển tải lớn hơn 3 lần so với dòng điện chuyển tải của lò hồ quang xoay chiều; còn nhiệt chuyển tải cho kim loại lớn hơn $1/3$ lần so với nhiệt chuyển tải của lò hồ quang xoay chiều.

– Tổn thất nhiệt của lò điện hồ quang một chiều rất thấp (chỉ có một điện cực catốt và một bộ phận làm nguội điện cực). Hơn nữa thao tác chạy lò điện hồ quang một chiều với điện áp cao hơn, tổn thất cảm ứng điện từ rất ít, do đó hệ số $\cos\varphi$, hiệu suất điện (η_d) và hiệu suất nhiệt (η_t) cao ($\cos\varphi = 0,9 \div 0,96$, $\eta_d = 0,95 \div 0,99$ và $\eta_t \geq 0,80$).



Hình III.11. Sơ đồ mạch điện đơn giản của lò điện hồ quang xoay chiều
* Ngọn lửa hồ quang nghiêng một góc về tường lò.

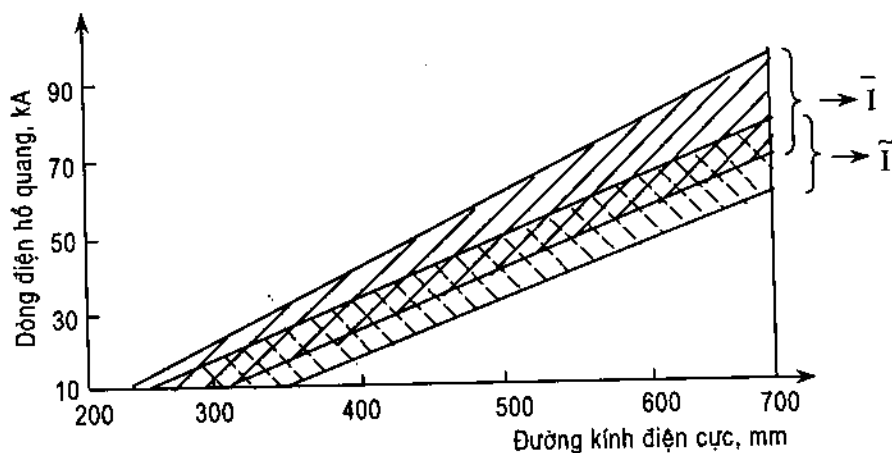


Hình III.12. Sơ đồ mạch điện lò hồ quang một chiều (DC-EAF):
1- hệ thống cung cấp điện cho lò hồ quang một chiều; 2- điện cực catôt bằng grafit; 3- chùm hồ quang; 4- lớp xỉ bột; 5- bể kim loại lỏng; 6- điện cực anôt đáy.

* Ngọn lửa hồ quang phát thẳng đứng từ trên xuống dưới.

2.4. HIỆU QUẢ THỰC TẾ SẢN XUẤT

– Thời gian nấu luyện nhanh hơn (đào giếng, hình thành bể kim loại lỏng nhanh). So với lò điện hồ quang xoay chiều siêu công suất thì thời gian nấu luyện thép ở lò hồ quang một chiều siêu công suất giảm từ 15 đến 25%, tiêu hao điện năng giảm 5 ÷ 10% tổng tiêu hao điện năng của lò hồ quang xoay chiều.



Hình III.13. Quan hệ giữa dòng điện hồ quang và đường kính điện cực grafit.

Giảm mức độ ô nhiễm môi trường đáng kể:

- Khói bụi nóng bay ra ở nắp lò ít (1 lỗ 1 điện cực).
- Trong quá trình nấu thép, tạp âm giảm tới 10 dB (dexiben). Theo tài liệu tổng kết về kỹ thuật lò điện hồ quang một chiều của Trung Quốc: phân tích tạp âm ở lò điện hồ quang một chiều không có loại tạp âm 100 Hz, còn ở lò hồ quang xoay chiều tạp âm này rất nhiều. Năng lượng tạp âm loại < 1000 Hz đối với lò hồ quang một chiều ít hơn rất nhiều so với lò hồ quang xoay chiều.
- Giảm tiêu hao vật liệu chịu lửa của áo lò. Trong quá trình nấu luyện thép ở lò điện hồ quang một chiều siêu công suất, tuổi thọ lò tăng lên ~ 25 ÷ 35% so với tuổi thọ lò hồ quang xoay chiều, cháy hao vật liệu chịu lửa của áo rất ít.
- Ở lò điện hồ quang một chiều không có hiện tượng thiên lệch ngọn lửa, hồ quang điện phát ra cách xa tường lò, phân bố nhiệt phụ tải trên mặt xỉ rất đều.
- Hồ quang phát ra dài do điện áp cao vào lò. Điện áp cung cấp vào lò càng cao thì chùm hồ quang được phát ra càng dài càng mạnh trong môi trường xỉ bột

do đó nâng cao tuổi thọ lò.

- Giảm tổn thất kim loại, đặc biệt tiết kiệm được nguyên tố hợp kim khá tốt. Ở lò điện hồ quang một chiều chỉ sử dụng một điện cực grafit, một lò điện cực và chỉ một vùng nhiệt độ cao, do đó giảm được quá trình bay hơi, oxy hoá các nguyên tố hợp kim. Vì vậy khi lò hồ quang một chiều làm việc thì tiết kiệm được phế thép hợp kim.

- Thời gian thu hồi vốn đầu tư nhanh. Thông thường lò điện hồ quang một chiều cỡ lớn và hiện đại yêu cầu vốn đầu tư thiết bị cao hơn $30 \div 50\%$ tổng vốn đầu tư của lò điện hồ quang xoay chiều cùng dung lượng. Vốn đầu tư của lò hồ quang một chiều tuy có lớn hơn nhưng do sản lượng thép cao, tiêu hao điện năng và điện cực, tiêu hao vật liệu chịu lửa thấp hơn nhiều so với lò hồ quang xoay chiều, do đó bù được vốn đầu tư đó trong một thời gian ngắn.

Ví dụ: Ở lò điện hồ quang một chiều siêu công suất với dung lượng lò 150 tấn/mẻ, hàng năm sản xuất được 1 triệu tấn thép, mỗi năm tiết kiệm được $600 \div 1000$ Mác (tiền Đức). Với số tiền tiết kiệm được hàng năm thì trong một thời gian ngắn có khả năng hoàn lại được vốn đầu tư đó (lò điện hồ quang xoay chiều 150 tấn/mẻ hàng năm chỉ sản xuất được ~ 300.000 tấn thép).

Với những ưu việt nổi bật được nêu ở trên cho nên phương pháp lò điện hồ quang một chiều siêu công suất được phát triển mạnh và nhanh chóng trên khắp thế giới.

2.5. NHỮNG ĐẶC ĐIỂM CHỦ YẾU CỦA THIẾT BỊ VÀ Lò ĐIỆN HỒ QUANG MỘT CHIỀU

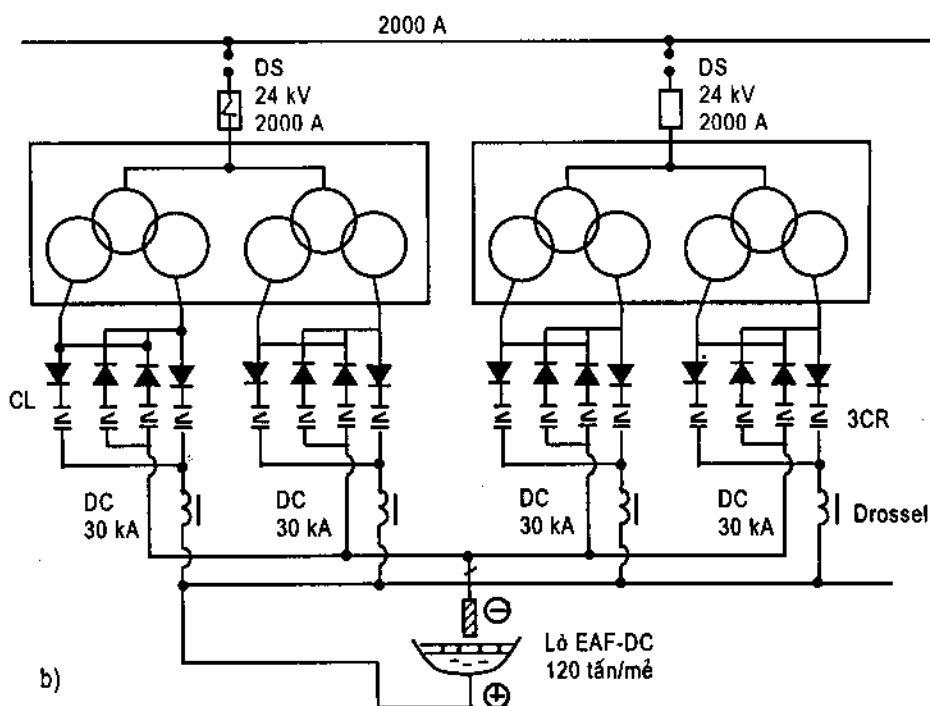
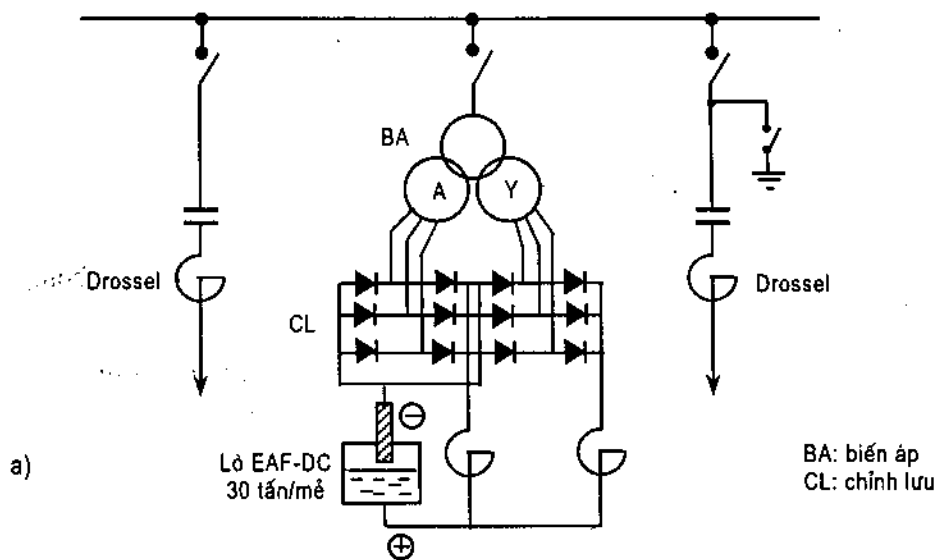
Thiết bị chính của lò: biến áp lò, mạch ngắn và điện cực catôt và anôt đáy.

- Biến áp lò: biến áp lò gồm nhiều biến áp nhỏ nối ghép lại với nhau tạo thành mạch điện có một hoặc nhiều đỉnh.

- Tận dụng và cải tạo các loại máy biến áp có dung lượng điện thấp thành biến áp có dung lượng lớn.

- Có nhiều biến áp ghép lại với nhau thì biện pháp làm nguội tốt hơn, phân tán các dòng điện đập mạch trong quá trình nấu luyện do đó tuổi thọ của thiết bị làm việc cao.

- Dễ lắp ráp và sửa chữa thiết bị lò.



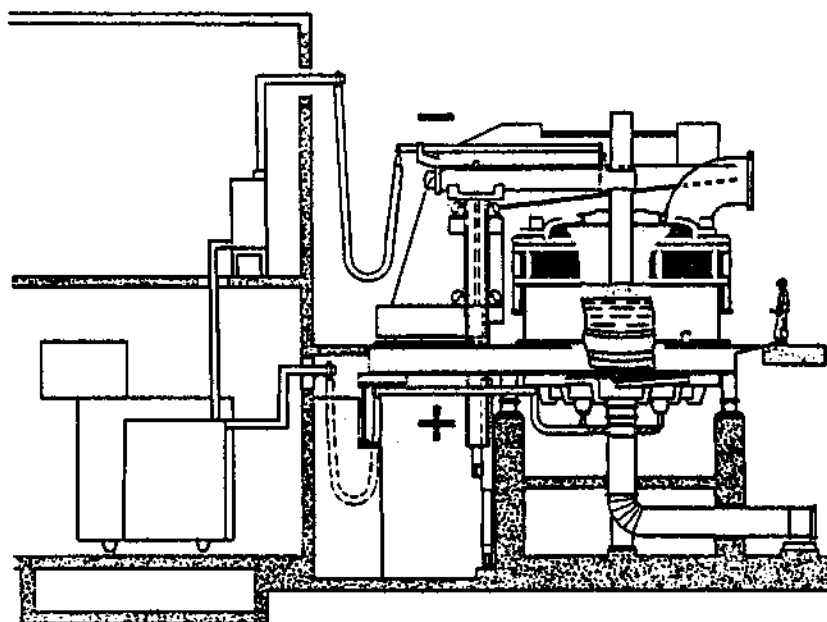
Hình III.14. Sơ đồ mạch điện lò hồ quang một chiều:
a) biến áp lò 1 đỉnh (1 BA); b) biến áp lò 2 đỉnh (4 BA).

Cuộn sơ cấp của biến áp lò ít đầu dây tự do, còn cuộn thứ cấp của biến áp luôn luôn có 2 cuộn nhỏ, cuộn 1 lệch pha với cuộn 2 là 30° được nối cố định theo hình Δ/Y hoặc Δ/Δ , Y/Δ , Y/Y . Thường máy biến áp lò hồ quang một chiều có hệ số quá tải $K = 1,2 \div 1,3$, tức là lò có thể làm việc quá tải trong thời gian lâu hơn lò điện hồ quang xoay chiều.

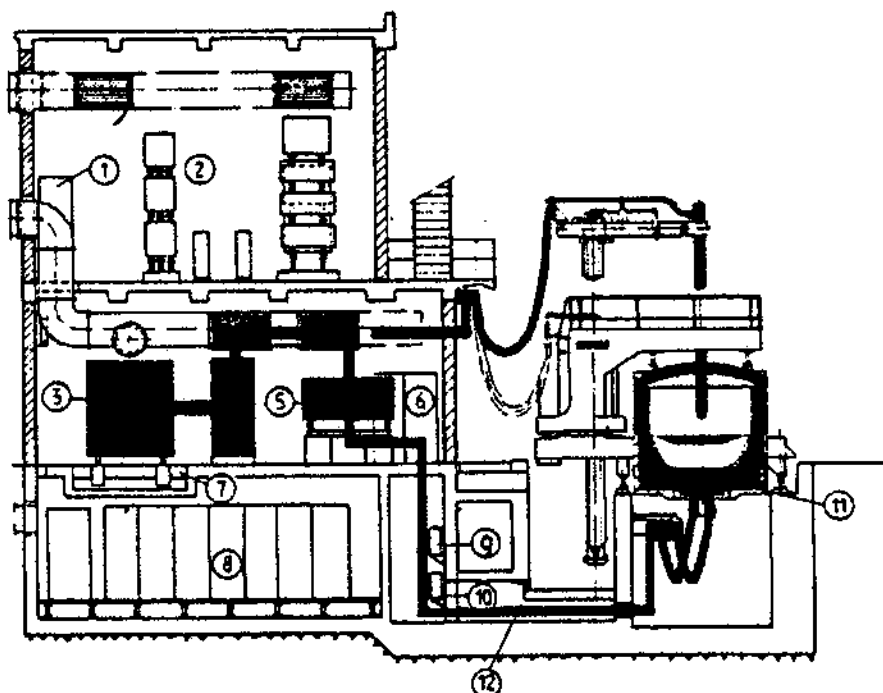
Mạch ngắn hay là mạch thứ cấp chỉ đơn thuần có một pha, đơn giản gọn nhẹ, tổn hao điện năng trên mạch ngắn rất thấp, không có cảm kháng (không có hiện tượng cảm ứng và hộ cảm lẫn nhau giữa các pha).

Mạch chỉnh điện áp bằng tiristor silic, công suất lớn, tổn hao từ điện rất thấp. Hiệu quả chỉnh lưu dòng xoay chiều thành một chiều bằng tiristor đạt được gần 100%.

– Điều chỉnh nguồn điện một chiều từ cực dương (anốt đáy) qua kim loại trong lò bằng cuộn cảm kháng bằng silic đơn tinh thể, tiêu hao điện trong cuộn cảm kháng không đáng kể. Do vậy cuộn cảm kháng (drossel) bằng silic được nối cố định và điều chỉnh nguồn điện một chiều liên tục trong suốt quá trình nấu luyện thép (chế độ điều chỉnh ổn định nguồn điện cung cấp cho lò).



Hình III.15. Sơ đồ bố trí thiết bị và lò hồ quang một chiều tại Tampa (Mỹ).



Hình III.16. Sơ đồ bố trí thiết bị và lò hồ quang một chiều tại

Nhà máy Manesmann Demag (Đức):

- | | | |
|------------------------------|-------------------------------|----------------------|
| 1- hệ thống hút và lọc bụi; | 2- thiết bị phân khí; | 3- biến áp lò; |
| 4- thiết bị chỉnh lưu; | 5- cuộn drossel silic; | 6- khu vực sửa chữa; |
| 7- khu vực sửa chữa biến áp; | 8- thùng dầu biến áp; | 9- hệ tụ bù; |
| 10- cầu dao; | 11- thiết bị cơ điện quay lò; | 12- dây cáp điện. |

Đặc điểm về cấu tạo lò: Nội hình lò điện hồ quang một chiều tương tự như lò hồ quang xoay chiều siêu công suất, nhưng có một số đặc điểm riêng:

Tỷ số giữa đường kính và chiều cao nổi lò thấp:

$$\frac{D_{kl}}{H_{kl}} = 1,7 \div 2 \text{ (lò hồ quang xoay chiều có } \frac{D_{kl}}{H_{kl}} = 4 \div 7 \text{)}$$

Lò có tỷ số này nhỏ thì ít mất nhiệt hơn, còn độ sâu nổi lò lớn, do đó không có khả năng oxy hoá, khử các tạp chất có hại trong thép, vì vậy thường sử dụng lò để nấu lại thép, hoặc tập trung nấu chảy liệu nhanh.

Độ dày tường và đáy lò mỏng hơn. Ví dụ:

Lò hồ quang xoay chiều 80 tấn/mẻ: Lò hồ quang một chiều 80 tấn/mẻ:

– Độ dày tường 630 ÷ 650 mm (δ_1) – $\delta_1 = 350 \div 450$ mm

– Độ dày đáy lò 750 ÷ 850 mm (δ_d) – $\delta_d = 550 \div 650$ mm

Nắp lò, tường lò được làm nguội bằng nước. Các ống nước ra vào được lắp ghép thành từng khối và được đặt vào các vị trí có nhiệt độ cao nhất (hình III.17).

Điện cực grafit một cái (điện cực catôt), còn điện cực anôt được lắp vào chính giữa đáy lò theo các kiểu và cơ cấu khác nhau.

Trên thế giới, người ta dùng nhiều kiểu, dạng điện cực anôt đáy khác nhau, nhưng tổng thể có ba loại điện cực anôt đáy chính thức được nêu ra sau đây:

– Kiểu dẫn điện toàn bộ đáy lò: đáy lò được đầm một hỗn hợp bằng vật liệu chịu lửa cao và dẫn điện tốt, dưới khối đầm này có đặt một tấm đồng dày 10 ÷ 20 mm, sau đó đặt một lớp cách điện với đáy lò. Thường dùng hỗn hợp sạn manhezit (MgO) có chứa 20% cacbon đầm đều chắc đáy lò, sau đó găm các thanh thép hình chữ I hoặc chữ T lên lớp đầm. Về sau, hãng ABB cải tiến lại hỗn hợp đầm đáy, gồm hai lớp đầm sạn MgO-C (lớp 1 trên cùng có MgO + 5% C, lớp dưới cùng MgO-C có 10% C).

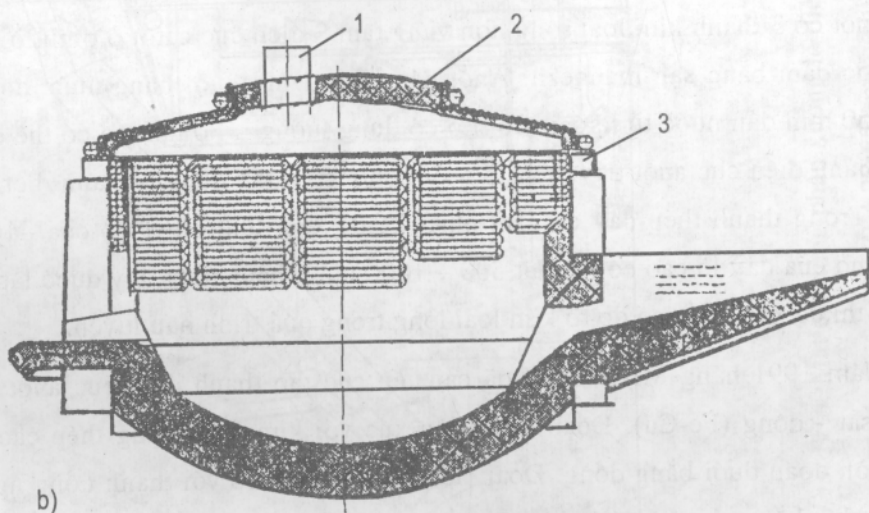
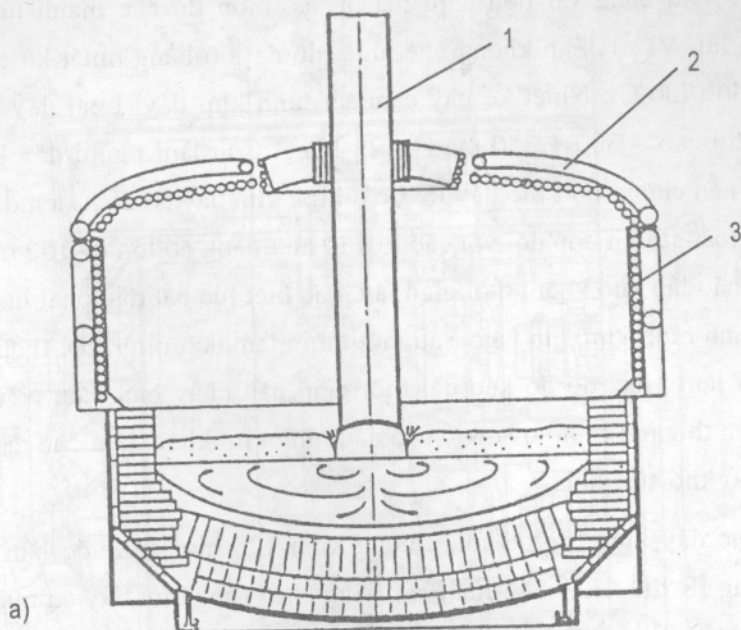
Ưu nhược điểm của loại anôt đáy này là diện tích dẫn điện rộng, có thể dùng một lượng gió thổi mạnh vào đáy lò với áp suất cao là đủ làm nguội đáy lò. Nhưng yêu cầu chất lượng vật liệu chịu lửa cao, độ dẫn điện lớn, độ dẫn truyền nhiệt lại thấp, điều đó rất khó khăn; mặt khác thao tác lắp đặt, bảo dưỡng và duy trì điện cực anôt đáy làm việc ổn định và bền là điều khó thực hiện.

– Kiểu điện cực anôt đáy bằng kim loại hình kim: kiểu lò này do hãng MAN/GHH sáng chế, lắp đặt thành một khối gồm nhiều hình kim ghép lại ở đáy lò. Trong khối đó có 40 ÷ 200 thanh kim loại hình kim, mỗi hình kim bằng thép cacbon thấp có đường kính $\phi 30$ mm nối với một tấm điện cực đáy bằng kim loại. Đáy lò được đầm bằng sạn manhezit.

Khi khối đầm bằng vật liệu chịu lửa bị bào mòn thì các thanh hình kim cũng bị ngắn lại. Vì vậy cần khống chế nhiệt độ đáy lò bằng nhiệt kế có đồng hồ đo nhiệt độ (700°C). Nhiệt kế này cảm sát hình kim đáy. Loại đáy lò kiểu này có tuổi thọ cao $\sim 300 \div 350$ mẻ mới bị hỏng. Còn làm nguội đáy lò bằng cách thổi khí nén cưỡng bức vào đáy lò. Loại hình kim này có diện tích dẫn điện lớn, tốt và an toàn, thích hợp đối với các loại lò hồ quang cỡ lớn (> 100 tấn/mẻ). Nhược điểm tháo lắp khó khăn, thời gian lâu, đặc biệt lúc bắt đầu phát hồ quang chỉ có một thanh hình kim làm việc, sau một thời gian nhất định, các thanh hình kim khác mới làm việc, do đó kéo dài thời gian nấu chảy ban đầu. Nếu dòng điện (I) quá lớn thì sinh ra hồ quang ở các đầu hình kim khác, làm cho đáy lò bị hỏng cục bộ rất khó sửa chữa.

– Điện cực đáy kiểu hình thanh, đường kính 125 mm có nước làm nguội liên tục do hãng IRSID-CLECIM của Pháp sáng chế. Tấm anốt đáy có nước làm nguội thường được dùng ở lò hồ quang một chiều cỡ lớn, > 70 tấn/mẻ. Vùng tâm cực anốt có 3 thanh kim loại rộng hơn vùng tâm 3 điện cực catốt ở đỉnh lò. Đáy lò được đầm bằng sạn manhezit. Anốt đáy được làm nguội bằng nước do ống $\phi \leq 250$ mm dẫn nước từ ngoài vào. Lò có dung lượng ≤ 30 tấn/mẻ có thể dùng một thanh điện cực anốt đáy, còn lò > 30 tấn/mẻ có thể dùng 3 thanh điện cực anốt. Trong thanh thép đáy có cảm nhiệt kế để xác định nhiệt độ của đáy lò. Tuổi thọ của đáy lò cao có thể đạt $500 \div 1000$ mẻ. Thanh anốt đáy được lắp đặt nhiều thì dễ xảy ra sự cố do rò kim loại lỏng trong quá trình nấu luyện.

Năm 1991 hãng MAN/GHH đã cải tiến chế tạo thanh điện cực anốt đáy bằng sắt - đồng (Fe-Cu). Đoạn trên (tiếp xúc với kim loại) bằng thép cacbon thấp còn đoạn dưới bằng đồng. Đoạn nối giữa thanh thép với thanh đồng người ta hàn chặt bằng phương pháp hàn đặc biệt. Thanh điện cực anốt đáy này có tính năng dẫn điện tốt, hiệu quả làm nguội bằng nước an toàn. Lưu lượng nước làm nguội cho lò 80 tấn/mẻ là 4 tấn/giờ, tuổi thọ anốt đáy được nâng cao rõ rệt. Còn loại lò cỡ lớn > 100 tấn/mẻ thì người ta lắp 3 ÷ 4 thanh với đường kính $200 \div 250$ mm. Hiện nay người ta sử dụng kiểu anốt đáy này cho lò $80 \div 150$ tấn/mẻ rất tốt và được phát triển rộng rãi trên thế giới.

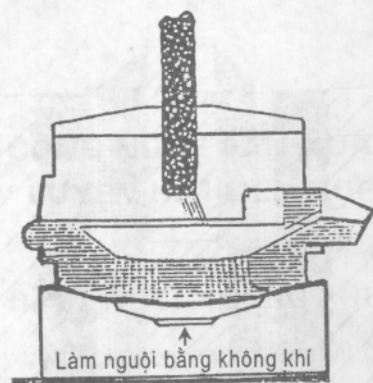


Hình III.17. Nội hình lò điện hồ quang một chiều và phương pháp làm nguội lò:

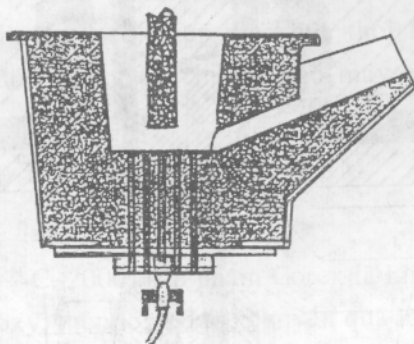
a) lò điện hồ quang một chiều có lỗ ra thép ở đáy;

b) lò điện hồ quang một chiều có máng ra thép;

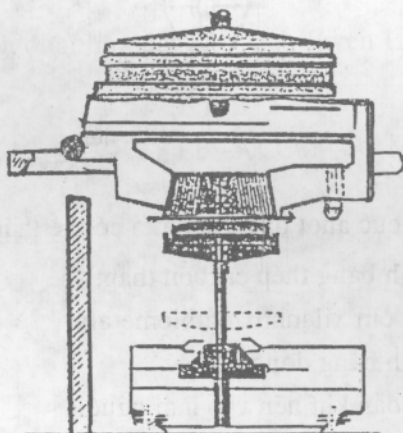
1- điện cực catốt bằng grafit; 2- ống làm nguội nắp lò bằng nước; 3- ống nước làm nguội tường lò phần trên.



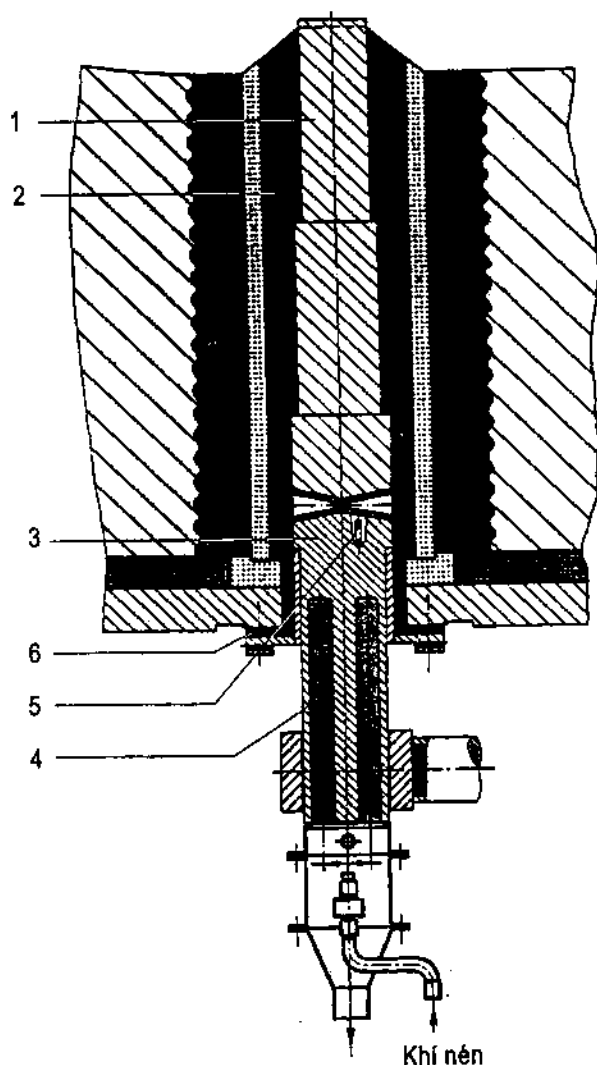
Hình III.18. Sơ đồ lò điện hồ quang một chiều với anốt đáy hình kim.



Hình III.19. Sơ đồ lò điện hồ quang một chiều với anốt đáy bằng thanh thép cacbon thấp.

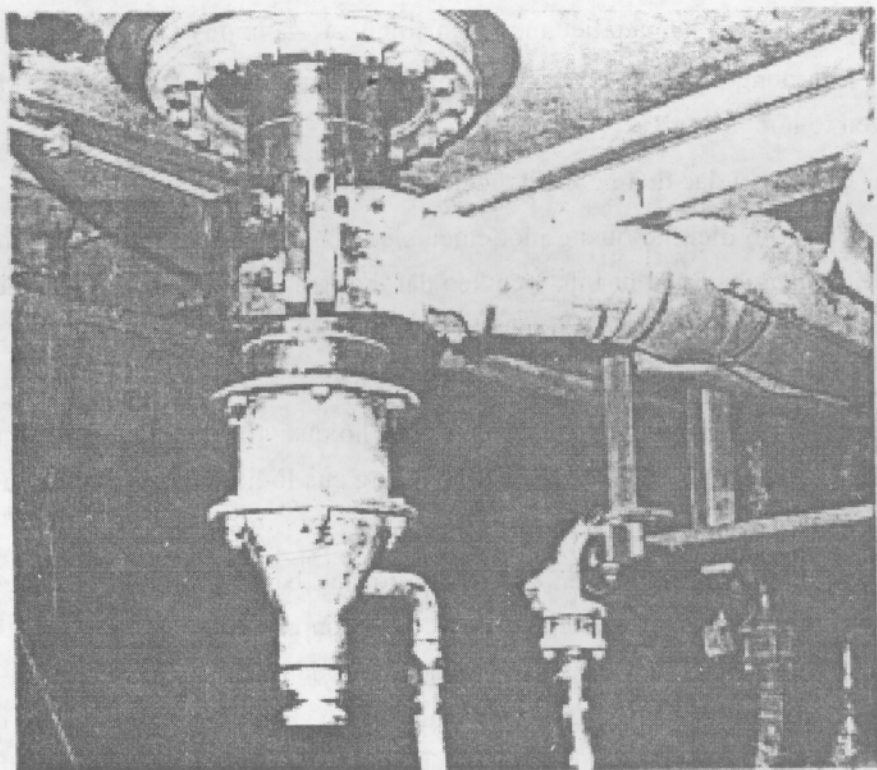
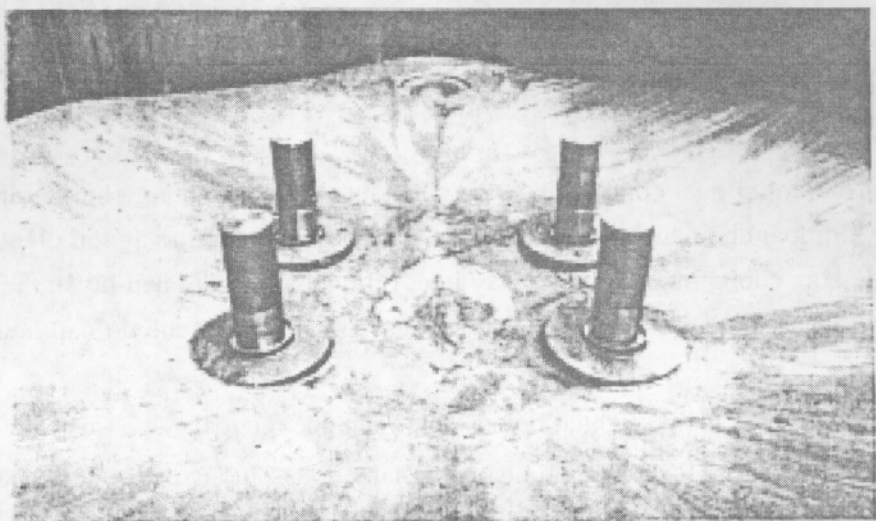


Hình III.20. Sơ đồ lò điện hồ quang một chiều với anốt đáy kiểu mới.



Hình III.21. Cấu tạo cực anốt đáy kiểu mới có thể tháo, lắp khi sửa chữa:

- 1- xilanh bằng thép cacbon thấp;
- 2- vòng ôm xilanh bằng biometal;
- 3- xilanh bằng đồng đỏ;
- 4- rãnh dẫn khí nén vào làm nguội;
- 5- cặp nhiệt kế kiểm tra nhiệt độ của cực anốt;
- 6- phân tách rời khi cần tháo lắp anốt đáy.



Hình III.22. Anôt đáy kiểu mới đã được ứng dụng ở lò điện hồ quang một chiều tại Nhà máy Manesmann Demag (Đức).

2.6. KỸ THUẬT CÔNG NGHỆ NẤU LUYỆN THÉP TRONG Lò HỒ QUANG MỘT CHIỀU SIÊU CÔNG SUẤT

2.6.1. Mở đầu

Lò điện hồ quang một chiều siêu công suất được ứng dụng chủ yếu là nấu chảy kim loại cho nên cần phát huy một cách đầy đủ năng lực nguồn điện cung cấp để tăng cường mức độ nóng chảy liệu, rút ngắn thời gian nấu luyện thép, do đó cần phải bảo đảm chất lượng liệu tốt, ít tạp chất P, S và chế độ nạp liệu hợp lý:

- Dùng biện pháp kỹ thuật để gia công thép phế ở ngoài.
- Hạn chế nạp liệu kim loại quá to và nặng với số lượng quá nhiều, phân bố liệu hợp lý trong lò.
- Xác định số lần nạp liệu một cách chính xác và hợp lý ($1 \div 2$ lần).
- Tận dụng thép phế có chứa ít hàm lượng tạp chất có hại như P, S và các nguyên tố hợp kim.

Thao tác và đặc điểm công nghệ nấu luyện thép:

Đối với lò điện hồ quang một chiều siêu công suất cần chú ý trước tiên là phát hồ quang ban đầu nhanh. Nếu kéo dài thời gian phát hồ quang ban đầu thì dẫn tới hay bị hỏng cục bộ nổi lò, làm nóng các dây dẫn điện và biến áp lò. Có hai phương pháp phát hồ quang ban đầu:

- Sử dụng điện áp nguồn cực đại để phát hồ quang ban đầu nhanh chóng và ổn định, tương tự như biện pháp phát hồ quang của lò hồ quang xoay chiều siêu công suất.

- Sử dụng khởi động điện cực phát hồ quang ban đầu. Người ta dùng một máy phát điện nhỏ riêng, nối cực dương của nguồn này với điện cực grafit thành một mạch điện kín. Sau khi phát hồ quang ban đầu xong thì ngắt nguồn điện phụ và tiến hành nấu luyện thép như bình thường. Hiện nay người ta hay dùng phương pháp này để tiến hành nấu luyện thép trong lò điện hồ quang một chiều. Nguồn điện khởi động phát hồ quang ban đầu riêng có dòng điện thấp và điện áp đủ khởi động để tránh tiếng kêu ồn của hồ quang điện, tránh bụi khói bay ra ngoài quá nhiều.

2.6.2. Đặc điểm quá trình nấu luyện thép trong lò

– Đầu tiên cần phải khống chế sự thiên lệch ngọn lửa của hồ quang điện. Lò hồ quang một chiều có dòng điện làm việc rất cao, điện áp thứ cấp cũng khá lớn cho nên chùm hồ quang phát ra dài (L_{HQ} lớn) dễ bị thiên lệch ngọn lửa tạo ra từ trường điện lệch, không đối xứng với tâm lò, có khả năng tăng phụ tải nhiệt cục bộ ở vùng gần tường lò, hạ thấp tuổi thọ lò. Hiện nay chưa có một lượng thông tin nào đầy đủ về thiết bị chuyên dùng để tránh thiên lệch chùm hồ quang đó. Trước đây người ta dùng các phương pháp bố trí mạch ngăn hợp lý, bố trí điện cực anốt đáy phù hợp với kích thước điện cực grafit và công suất điện cung cấp cho lò, đồng thời phải điều chỉnh khoảng cách giữa áo lò và từ trường hồ quang luôn luôn đều và không đổi. Lò điện hồ quang một chiều có một điện cực catốt bằng grafit chất lượng cao (điện trở suất ρ rất nhỏ) cho nên năng lượng điện và nhiệt được tập trung ở chính giữa lò (vùng tâm lò) và công suất điện được cung cấp rất lớn do đó tốc độ đào giếng (chọc thùng lớp liệu trong lò) của hồ quang rất nhanh, liệu nóng chảy sớm ở giữa lò đối xứng với trục lò, tạo nên một giếng sâu đều ở vùng tâm lò, sau một thời gian ngắn giếng đó mở rộng ở xung quanh chân điện cực catốt.

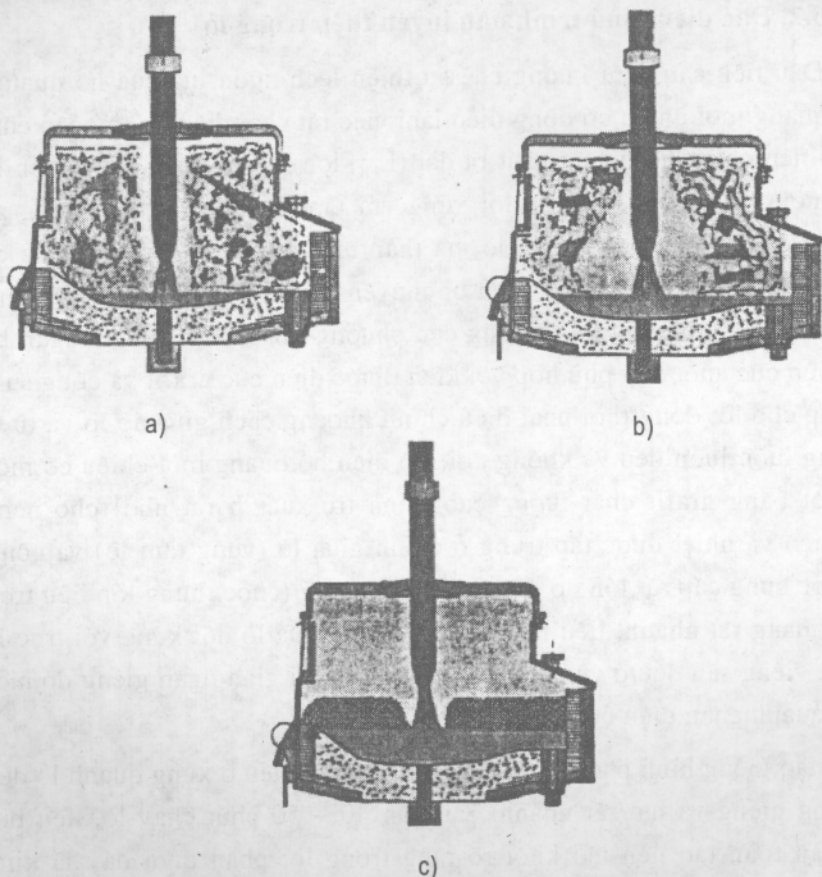
Do tạo giếng hình phễu (trên nhỏ dưới to) nên liệu ở xung quanh lò dễ dàng rơi xuống giếng và tan rất nhanh. Sau gần $40 \div 50$ phút chạy lò, liệu bị chảy lỏng hoàn toàn tạo nên hai khối rõ ràng trong lò: phần dưới đáy là kim loại lỏng, phần trên đó là lớp xỉ bọt dày vừa che phủ mặt kim loại không cho không khí xâm nhập vào và giữ nhiệt độ cao ổn định cho thép lỏng; mặt khác nhờ lớp xỉ bọt đó mà chùm hồ quang phát ra không ảnh hưởng đến tuổi thọ tường lò (hình III.23).

Chú thích ở trên hình vẽ:

Trên hình III.23a: Chạy lò mới $10 \div 15$ phút liệu bắt đầu bị nóng chảy ở vùng tâm lò, tạo nên một giếng vừa sâu vừa đều từ trên xuống dưới xung quanh điện cực catốt (grafit).

Trên hình III.23b: Sau khi chạy lò khoảng 20 phút giếng đó được mở rộng phía dưới tạo nên hình phễu trên nhỏ dưới to làm cho liệu xung quanh rơi xuống dưới rất dễ dàng và nhanh chóng hoà tan vào bể kim loại lỏng.

Trên hình III.23c: Sau khoảng $40 \div 50$ phút nấu luyện, liệu rắn được chảy lỏng hoàn toàn, bể kim loại lỏng dâng cao và bị che phủ bởi lớp xỉ bọt dày.



Hình III.23. Quá trình nấu luyện thép trong lò hồ quang một chiều siêu công suất.

Lò điện hồ quang một chiều cỡ lớn và hiện đại có thể sử dụng nguyên liệu hoàn nguyên trực tiếp DRI thì thời gian nấu luyện được rút ngắn chỉ còn 45 phút. Sau đó ra thép theo lỗ lệch tâm ở đáy lò.

2.6.3. Chế độ tạo xỉ bọt

Trong quá trình nấu luyện ở lò điện hồ quang một chiều siêu công suất cần phải tạo xỉ bọt sớm với độ dày lớn theo yêu cầu:

$$Z \geq 2L_{\text{HQ}}$$

trong đó: L_{HQ} - chiều dài chũm hồ quang, mm;

Z - độ dày của xỉ bọt, mm.

Chiều dài chùm hồ quang (L_{HQ}) là một đại lượng phụ thuộc vào điện áp hồ quang; điện áp hồ quang càng lớn thì chùm hồ quang phát ra càng dài, nấu chảy liệu càng nhanh và thu được kết quả tốt: nâng cao được hệ số công suất điện $\cos\varphi$, nâng cao được hiệu suất nhiệt của lò ($\eta_i \geq 80\%$), rút ngắn được thời gian nấu luyện thép, giảm thấp tiêu hao điện cực cho mẻ nấu, giảm sự oxy hoá bề mặt điện cực grafit, cải thiện được điều kiện động học của quá trình luyện kim, tăng cao mức độ khử phospho...

Chế độ cung cấp năng lượng điện hợp lý cho quá trình nấu luyện thép: Xác định chế độ điện tối ưu cho các giai đoạn nấu luyện là nâng cao hiệu suất sản xuất, hạ thấp tiêu hao điện năng, điện cực và nguyên vật liệu chịu lửa của áo lò, đảm bảo nhiệt độ của mác thép, nâng cao chất lượng sản phẩm, hạ thấp mức độ cháy hao các nguyên tố hợp kim. Căn cứ vào quá trình công nghệ nấu luyện thép và phối liệu cụ thể mà chọn chế độ điện thích hợp cho lò. Nếu thao tác nấu 100% phế thép (các cục liệu to nhỏ khác nhau) thì trong giai đoạn nấu chảy cần chọn chế độ điện cao (công suất điện và điện áp cao), hồ quang phát ra mạnh, chùm hồ quang dài tăng cao tốc độ nóng chảy liệu; còn sử dụng 100% nguyên liệu hoàn nguyên trực tiếp có độ hạt bé thì cần phải sử dụng chế độ điện thấp hơn để đảm bảo chảy liệu đều, tuổi thọ lò đạt giá trị trung bình. Sở dĩ phải đưa nguồn điện vào lò thấp hơn một chút vì liệu có độ cục nhỏ, vụn, độ khít chặt của liệu chất vào lò cao, truyền điện và nhiệt chậm cho nên phải thao tác phát hồ quang với chùm ngắn, nhiệt bức xạ của hồ quang lên mặt liệu rộng cho nên tốc độ nóng chảy liệu chậm hơn nhưng lại đều hơn, đảm bảo không có hiện tượng treo liệu trong lò và đông, thời đảm bảo không bị cháy mòn nổi lò nhanh.

2.7. CHỈ TIÊU KINH TẾ - KỸ THUẬT CỦA LÒ ĐIỆN HỒ QUANG MỘT CHIỀU SIÊU CÔNG SUẤT

Chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật của một số lò điện hồ quang một chiều trong thực tế sản xuất tại một số quốc gia trên thế giới đã được đi vào sản xuất thép ổn định, như sau:

2.7.1. Lò điện hồ quang một chiều của Công ty Florida Steel Corporation ở Tampa - Mỹ

1- Tính năng kỹ thuật của lò:

- | | |
|---------------------|-----------|
| - Dung lượng lò: | 60 tấn/mẻ |
| - Đường kính vỏ lò: | 5,2 m |

- Dung lượng biến áp lò: 40 ÷ 44 MVA
- Điện áp nguồn: 38 kV
- Điện áp pha: 480 ÷ 226 V (EAF-AC)
- Tần số, f: 60 Hz
- Số lượng tiristor silic: 2 × 72 × 6 cặp (2 hàng, 6 cặp và 72 chiếc)
- Điện áp thứ cấp lớn nhất: 550 V (DC)
- Dòng điện làm việc lớn nhất: 84 kA (DC)

2- Kết quả phân tích vào tháng 6 năm 1992:

- Số lượng mẻ nấu/năm: 6000 mẻ
trong đó sử dụng anốt đáy kiểu mới: 4000 mẻ
- Số mẻ nấu trong 1 ngày: 25 ÷ 30 mẻ
- Thời gian 1 mẻ nấu: 51 phút
- Thời gian làm việc có dòng điện: 32 phút
- Nhiệt độ của thép nấu đạt: 1677°C

3- Chỉ tiêu sản xuất đạt được:

- Tiêu hao điện năng, kW.h/tấn: 350 ÷ 420
- Tiêu hao điện cực grafit, kg/tấn: 1,2
- Tiêu hao oxy nguyên chất, Nm³/tấn: 8
- Tiêu hao bột than thổi vào, Nm³/tấn: 8
- Tiêu hao khí thiên nhiên, Nm³/tấn: 10

Bảng III.17. So sánh kết quả thu được

Tên các chỉ tiêu	Mức tiêu hao			Mức tiết kiệm tiền Đức (DM)
	Lò AC	Lò DC	Lò khác	
- Điện cực catốt grafit, kg/tấn	2,4	1,2	1,2	DM. 5,00/tấn
- Điện năng, kW.h/tấn	440	420	20	DM. 2,60/tấn
- Vật liệu chịu lửa, kg/tấn	5,0	4,5	0,5	DM. 0,50/tấn
- Điện cực đáy		Đc đáy	—	DM. 0,40/tấn
				Σ = DM. 8,50/tấn

(Tiết kiệm được 8,50 DM cho 1 tấn thép lỏng).

Kích thước cơ bản của lò điện hồ quang một chiều với dung lượng 60 tấn/mẻ của Mỹ được giới thiệu trên hình III.24.

2.7.2. Kỹ thuật lò điện hồ quang một chiều ở Nhà máy Manesmann Demag của CHLB Đức

1- Đặc tính kỹ thuật:

- Dung lượng định mức: 85 tấn/mẻ
- Năng lực sản xuất: 115 tấn/mẻ
- Dung lượng biến áp lò: 95 MVA
- Đường kính vỏ lò: 6,6 m
- Đường kính trong nồi lò: 4,1 m
- Dòng điện anốt đáy: 120 kA
- Số thanh anốt đáy: 4 thanh
- Số tiristor silic chỉnh lưu: 4 cặp $\times$ 12 chiếc = 48 chiếc, dòng điện 30 kA

2- Ưu điểm chính (so với AC-EAF)

- Yêu cầu mạng điện lưới thấp hơn;
- Dòng điện dao động ít, độ sung thấp;
- Tiêu hao điện năng và điện cực ít;
- Tiêu hao nguyên vật liệu chịu lửa thấp;
- Dễ bảo quản thiết bị và lò.

3- Chỉ tiêu sản xuất đã đạt được của một số nhà máy trên thế giới được nêu trong bảng III.18.

Qua kết quả ở bảng III.18, chúng ta có kết luận:

- Lò có dung lượng càng lớn (tấn/mẻ) thì năng suất sản xuất càng cao ($120 \div 125$ tấn/giờ).

- Suất công suất (kVA/tấn) càng lớn thì thời gian nấu luyện càng giảm, năng suất lò càng cao ($P/g = 1.000 \div 1.070$ kVA/tấn thì có khả năng đạt chỉ tiêu sản xuất cao).

- Khi ứng dụng biện pháp cường hoá quá trình luyện thép trong lò điện hồ quang một chiều siêu công suất thì cho ta các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật tốt nhất.

- Khi sử dụng 100% phế thép nấu trong lò điện hồ quang một chiều siêu công suất là thích hợp nhất đảm bảo chắc chắn thời gian nấu luyện < 50 phút (nấu chảy với tốc độ nhanh nhất), tiêu hao điện năng, điện cực tối thiểu, năng

suất lò cao nhất đồng thời bảo đảm tuổi thọ lò cao và vận hành nấu luyện thép thuận lợi nhất.

- Lò điện hồ quang một chiều với dung lượng 100 ÷ 150 tấn/mẻ là những loại lò hiện đại nhất được sử dụng để nấu luyện thép đạt chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật tiến tiến nhất hiện nay.

Bảng III.18. Các chỉ tiêu sản xuất đã đạt được của một số nhà máy trên thế giới

TT	Tên nhà máy (nước)	Dung lượng lò, tấn/mẻ	Dung lượng biến áp lò, kVA	Tỷ số P/g, kVA/tấn	Thời gian nấu, phút	Năng suất lò, tấn/giờ
1	LME Valenciennes (Pháp)	85	72.000	847	52 (48)*	98 (106)*
2	DAIWA Steel Kurashied (Nhật Bản)	120	100.000	833	53	120
3	ESSER Steel HAZIRA (Ấn Độ)	150	160.000	1.070	60 (100% TV) 90 (20 ÷ 80%)	150** 100***
4	Unimetal Gandrange (Pháp)	150	150.000	1.000	42	215

Ghi chú:

* có thêm biện pháp cường hoá quá trình nấu luyện thép (thổi thêm bột than hoạt tính vào lò).

** sử dụng 100% phế thép.

*** sử dụng liệu có 20% thép vụn và 80% sắt xộp.

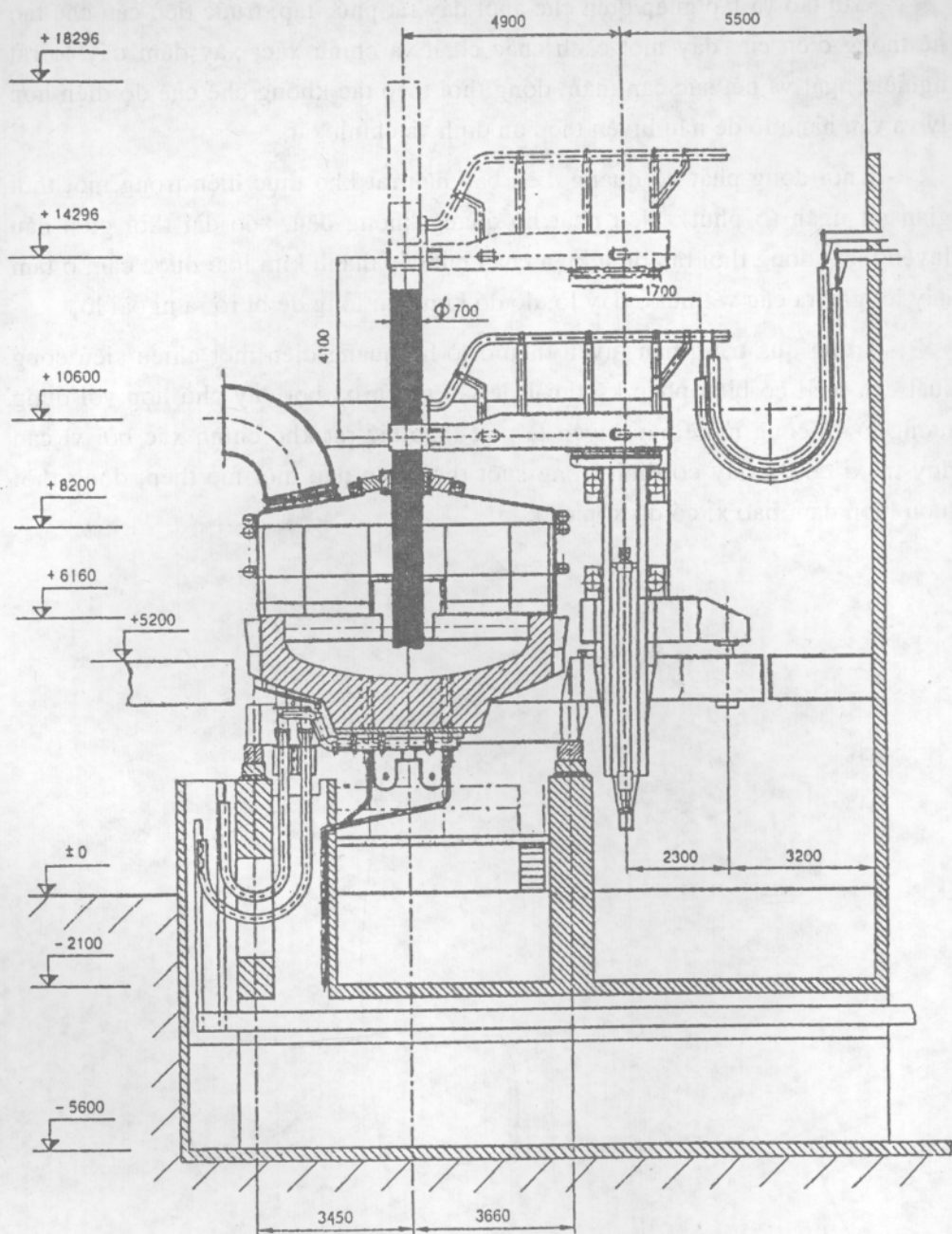
2.8. NHỮNG TỒN TẠI CỦA KỸ THUẬT LÒ ĐIỆN HỒ QUANG MỘT CHIỀU SIÊU CÔNG SUẤT

- Hiệu ứng nhiệt bề mặt anốt đáy rất lớn do đó cần chọn nguyên vật liệu chịu lửa có tính chịu nhiệt cao > 1900°C để xây hoặc đầm đáy lò, đồng thời phải có thiết bị làm nguội anốt đáy bằng nước mãnh liệt.

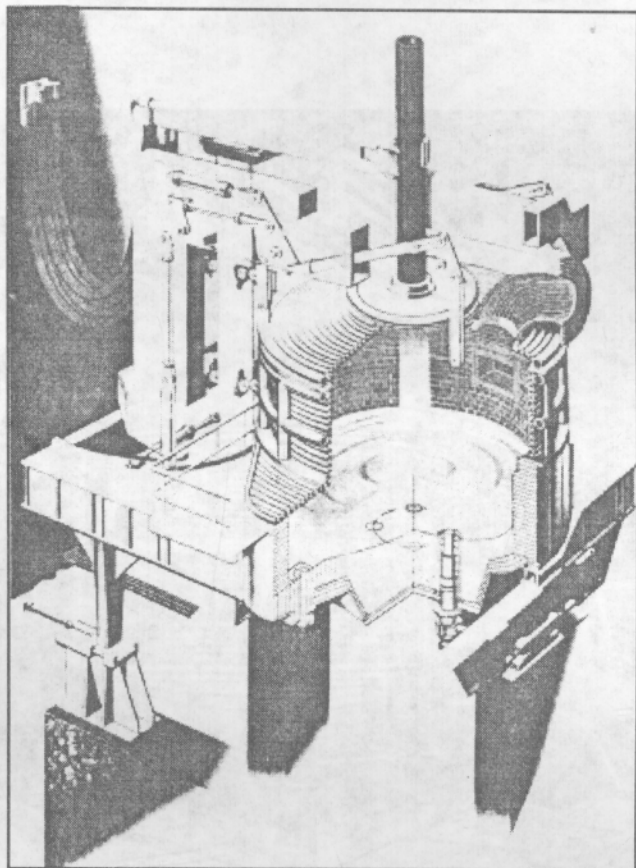
- Cấu tạo và lắp ghép điện cực anốt đáy rất phức tạp, trước tiên cần chế tạo hệ thống điện cực đáy một cách chắc chắn và chính xác; xây đầm đáy lò rất nghiêm ngặt và hết sức cẩn thận, đồng thời thao tác khống chế chế độ điện hợp lý và vận hành lò để nấu luyện thép ổn định và chính xác.

- Khởi động phát hồ quang điện ban đầu rất khó thực hiện trong một thời gian rất ngắn (5 phút). Nếu phát hồ quang không đều, kéo dài thời gian nấu luyện thép, đồng thời tạo điều kiện cháy cụt các thanh kim loại được cắm ở tấm đáy lò, gây ra các vết nứt ở đáy lò, do đó kim loại lỏng dễ bị rò ra ngoài lò.

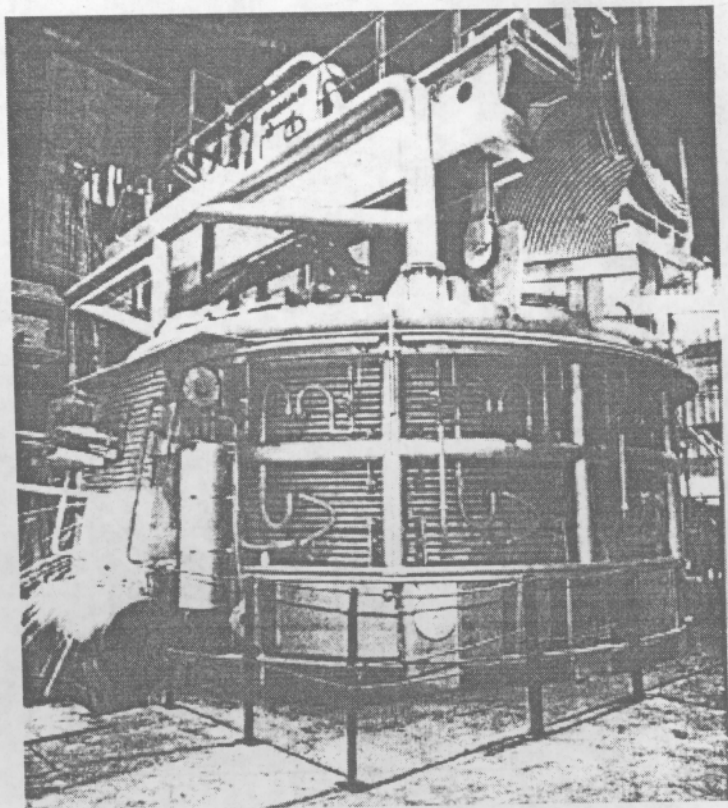
- Trong quá trình nấu luyện thép ở lò hồ quang điện một chiều siêu công suất cần phải có biện pháp kỹ thuật để tạo ra lớp xỉ bọt dày phù hợp với dung lượng lò và công nghệ nấu luyện là một thao tác rất khó chính xác bởi vì cần duy trì xỉ có độ dày cố định trong suốt thời gian nấu một mẻ thép, đồng thời luôn luôn đảm bảo xỉ có độ xốp cao.



Hình III.24. Kích thước cơ bản của lò điện hồ quang một chiều dung lượng 60 tấn/mẻ tại Tampa – Mỹ.



*Hình III.25. Sơ đồ cấu tạo nội hình lò hồ quang một chiều
với dung lượng 60 tấn/m² ở Tampa – Mỹ.*



Hình III.26. Tổng thể lò điện hồ quang một chiều siêu công suất với dung lượng lò 85 tấn/mẻ tại Nhà máy Manesmann Demag (Đức).

KỸ THUẬT LÒ ĐIỆN HỒ QUANG KIỂU MỚI VÀ HIỆN ĐẠI

3.1. MỞ ĐẦU VÀ LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN LÒ ĐIỆN HỒ QUANG SF

Lò điện hồ quang kiểu thân cột hay gọi là lò điện hãm SF (EAF-AC/DC) đã được xây dựng và phát triển rất mạnh vào những năm 1990 - 2000. Công nghệ nung liệu trước trong lò và công nghệ thổi luyện thép đã được thực hiện một cách đồng thời và hoàn hảo. Trang thiết bị và lò điện hồ quang SF được thiết kế theo model hiện đại. Lò SF được chia ra ba loại: lò đơn SSF (single shaft furnace) được giới thiệu trên hình III.32.

– Lò thân cột có tám chấn liệu FSF (finger shaft furnace) được giới thiệu trên hình III.29 và III.35b.

– Loại hai lò SF cùng chung một nguồn cung cấp điện DSF (double shaft furnace), được giới thiệu trên hình III.36.

Theo cấu tạo, lò SF có hai phần chính:

– Thân cột có dạng hình phễu cao (tương tự kiểu lò cao luyện gang), trong đó liệu kim loại được chất liên tục vào và được nung đỏ tới nhiệt độ $900 + 1200^{\circ}\text{C}$ bằng nguồn nhiệt của khí nóng từ nôi lò thoát lên. Dưới thân lò có đặt tám chấn liệu để đóng mở khi chất liệu và khí tháo liệu nóng đỏ xuống nôi lò.

– Nôi lò là một bộ phận để nấu luyện thép, hình dạng và kích thước tương tự như lò điện hồ quang xoay chiều AC-EAF hoặc lò điện hồ quang một chiều DC-EAF, bên hông nôi lò có đặt các tuye thổi khí thiên nhiên, oxy nguyên chất, bột than..., dưới đáy nôi lò có đặt một tuye thổi oxy nguyên chất vào bể kim loại lỏng để tăng tốc độ phản ứng luyện kim, đồng thời xáo trộn kim loại + xỉ lỏng trong lò mãnh liệt và một lỗ đáy lệch tâm để tháo thép lỏng vào thùng rót. Trong quá trình chất liệu, nung liệu và thổi luyện thép, nắp lò được đậy kín hoàn toàn, do đó giảm được lượng nhiệt mất mát rất lớn, tuổi thọ nắp lò cao ≥ 1000 mẻ.

Công nghệ nung liệu trước trong thân lò và công nghệ thổi luyện ở nôi lò là một công nghệ tiên tiến và hoàn thiện nhất. Đó là công nghệ mới được thực hiện theo một chu kỳ khép kín, tuần hoàn và liên tục, đảm bảo năng suất lò cao và vệ sinh môi trường sạch ít bụi khói.

3.1.1. Ưu việt chính của lò điện hồ quang SF (EAF-AC/DC)

Những ưu việt chính của lò điện hồ quang SF (EAF-AC/DC) như sau:

- 100% phế thép được nung đỏ $900 \div 1200^{\circ}\text{C}$ ở trong thân lò.
- Tiết kiệm được năng lượng điện là 100 kW.h/tấn.
- Tiết kiệm được tiêu hao điện cực grafit $\approx 10\%$.
- Tiết kiệm được tiêu hao oxy nguyên chất và cacbon thổi vào lò.
- Tăng sản lượng thép thành phẩm $\sim 2\%$.
- Thép thành phẩm đạt chất lượng cao.
- Rút ngắn được thời gian nấu luyện một mẻ thép khoảng 20%.
- Mất mát khí lò thoát ra ngoài rất ít $\sim 10 \div 25\%$ và đồng thời giảm lượng bụi trong khói $\approx 20\%$.
- Sử dụng điện áp nguồn thấp. Vì vậy lò điện hồ quang kiểu SF đã và đang được sử dụng nấu thép rộng rãi và phổ biến khắp nơi trên thế giới (xem bảng dưới).

3.1.2. Sự phát triển lò điện hồ quang kiểu SF trên thế giới từ năm 1988 đến 2000 (bảng III.19)

Bảng III.19. Lò điện hồ quang SF (shaft furnace) đã được xây dựng và sử dụng luyện thép ổn định tại một số quốc gia trên thế giới

TT	Tên các nhà máy (quốc gia)	Dung lượng lò tấn/mẻ	Dung lượng biến áp, MVA	Thời gian xây dựng th/năm
1	DDS Fredous vaek (Đan Mạch)	110 EBT/SSF	60 – AC	8/1988
2	CO-Steel Sheerness, UK (Vương Quốc Anh)	90 RBT/SSF	80 – AC	3/1992
3	EGE METAL ATLAGI (Thổ Nhĩ Kỳ)	90 RBT/SSF	75 – AC	4/1994
4	ZSS – Thangjiagang (Trung Quốc)	90 RBT/SSF	65 – AC	4/1995
5	North Star Steel Kingman, Arizona (Mỹ)	85 EBT/SSF	80 – DC	10/1996
6	HYLSA, Fuelela (Mexico)	135 EBT/FSF	150 – DC	6/1998
7	MEGA STEEL, Klang (Malaysia)	160 EBT/FSF	150 – DC	8/1998
8	HABAS, Aliaga (Thổ Nhĩ Kỳ)	120 RBT/FSF	80 – AC	12/1998
9	SAM, Montereau (Pháp)	90 RBT/DSF	90 – AC	9/1993
10	ARBED, Each – Schifflange (Lúc Xăm Bua)	95 EBT/DSF	105 – AC	10/1993

11	NORTH STAR – BHD Delta, Ohio (Mỹ)	165 RBT/DSF	104 – AC	11/1996
12	Birmingham Steel Memphis (Mỹ)	135 RBT/FSF	120 – AC	12/1997
13	NAT STEEL (Xanhgapo)	80 RBT/FSF	63 – DC	7/1997
14	NERVACE ROS./celsagoup Bilbao (Tây Ban Nha)	130 OBT/Fors	90 – AC	4/1998
15	HYLSA, Fuebía (México)	150 EBT/FSF	180 – DC	6/1997
16	MECTA STEEL, Kiang (Malaysia)	160 EBTFSF	150 _ DC	8/1998
17	MEGA STEEL, Kiang (Malaysia)	160 EBT/FSF	150 – DC	8/1998
18	EVER STAL AG, Cherepovets (Nga)	120 RBT/FSF	85 – AC	8/1998
19	ARISTRAN S.A.Olaberria (Tây Ban Nha)	120 EBT/Fors	90 – AC	12/1998
20	GUAN-ZHOU ZHUJIANG, Steel, Guangzhou (Trung Quốc)	150 RBT/FSF	120 – AC	12/1998
21	ANYANG IRON of Steel-CO ANYANG (Trung Quốc)	100 RBT/FSF	72 – AC	2/1999
22	SUEZ STEEL, Suez (Ai Cập)	95 RBT/FSF	75 – AC	8/1999
23	CHAPARRAL, Virginia (Mỹ)	110 RBT/FSF	120 – AC	9/1999
24	DILER (Thổ Nhĩ Kỳ)	120 RBT/FSF	100 – AC	12/1999
25	FUSHUN SPECIAL STEEL CO., Phushun (Trung Quốc)	60 RBT/FSF	35 – AC	3/2000
26	ZNS, Zhangjiang (Trung Quốc)	80 RBT/FSF	65 – AC	5/2000
27	ZNS, Zhangjiang (Trung Quốc)	80 RBT/FSF	65 – AC	11/2000
28	HABAS, Aliaga (Thổ Nhĩ Kỳ)	120 RBT/FSF	80 – AC	12/2000

Chú thích các chữ viết tắt trong bảng:

EBT- lỗ lệch tâm ở đáy (eccentric bottom tapping)

RBT- lỗ hình tròn ở đáy (round bottom tapping)

OBT- lỗ hình ôvan ở đáy (oval bottom tapping)

AC- hồ quang xoay chiều (alternating current)

DC- hồ quang một chiều (direct current).

3.2. KỸ THUẬT CÔNG NGHỆ NUNG ĐÓ LIỆU TRƯỚC VÀ NẤU LUYỆN THÉP TRONG LÒ ĐIỆN HỒ QUANG SF (SHAFT FURNACE)

Quy trình nung liệu và tháo liệu nóng đổ xuống nổi lò được thực hiện theo sáu bước sau đây:

Bước 1: Sau khi ra thép xong thì tiến hành tháo 60% liệu đã được nung đỏ trước ở thân lò xuống nổi lò và thông điện chạy lò.

Bước 2: Chất thêm 40% liệu nguội vào thân lò và nung đỏ liệu trong khoảng 10 ÷ 15 phút rồi tháo liệu nóng đỏ xuống nôi lò, tăng công suất điện vào lò và tiến hành thổi khí thiên nhiên + oxy + cacbon vào nôi lò, tạo nguồn nhiệt phụ để hỗ trợ cháy hồ quang liên tục và tăng tốc độ nấu chảy liệu, đồng thời tạo xỉ bọt sớm.

Bước 3: Tiếp tục nấu chảy liệu, nếu có kim loại nóng chảy (gang lỏng hoặc sản phẩm corex...) thì nên cho vào giai đoạn này qua phễu đặt cố định trên nắp lò (số lượng kim loại lớn), hoặc chất qua cửa thao tác, phổ biến nhất là chất kim loại nóng chảy qua cửa lò.

Bước 4: Tiếp tục nấu luyện, thổi oxy nguyên chất vào bể kim loại với áp suất 8 ÷ 12 at (thổi từ tuye đặt đáy lên khối kim loại chứa trong lò), tăng tốc độ oxy hoá các tạp chất và tăng cao nhiệt độ cho kim loại, tiếp chất liệu nguội vào thân lò để nung đỏ trước (60% tổng số liệu).

Bước 5: Tiếp tục thổi luyện và tinh luyện thép.

Bước 6: Tháo hết mẻ thép qua lỗ lệch tâm ở đáy lò xuống thùng rót. Sau khi tháo xong thép thì lại tháo liệu đã được nung đỏ ở thân lò xuống nôi lò, thời gian tháo liệu nóng đỏ xuống nôi lò mất 1 phút 30 giây và thao tác lặp lại theo 6 bước như chu trình thực hiện của mẻ thép trước. Như vậy quy trình công nghệ nấu luyện thép trong lò SF được thực hiện mẻ tiếp mẻ liên tục trong 1 chu kỳ khép kín hoàn toàn.

3.3. NHỮNG ĐIỂM CƠ BẢN CỦA KỸ THUẬT CÔNG NGHỆ LUYỆN THÉP TRONG LÒ ĐIỆN HỒ QUANG FSF

Lò FSF được cung cấp nguồn nhiệt lớn để nấu luyện thép chủ yếu do nguồn nhiệt của hồ quang điện. Ngoài ra, có thêm nguồn nhiệt phát hoả để kích thích phát hồ quang, thúc đẩy quá trình nóng chảy liệu, tạo xỉ bọt sớm và đồng thời tạo ra môi trường khí chủ yếu là $\text{CO}_2 \uparrow$ và H_2 trong lò (biện pháp tiến hành thổi oxy, khí thiên nhiên và cacbon theo các tuye đặt ở hòng nôi lò).

– Sau khi chảy liệu hoàn toàn lập tức cắt nguồn điện hồ quang và tiếp tục thổi oxy nguyên chất từ đáy lò lên bể kim loại lỏng (qua tuye đặt ở đáy lò) để khuấy trộn kim loại + xỉ lỏng mảnh liệt, tăng tốc độ phản ứng luyện kim và tăng nhanh nhiệt độ cho kim loại, do đó tốc độ oxy hoá cacbon đạt được rất cao $\approx 0,09 + 0,12\%$ C/phút và tốc độ tăng nhiệt độ lên $\approx 50 + 70^\circ\text{C}$ /phút. Căn cứ vào

dung lượng lò (tấn/mẻ) và hàm lượng cacbon cần khử trong kim loại mà chọn chế độ thổi luyện cho hợp lý; khi dung lượng lò lớn, hàm lượng cacbon trong kim loại cần khử nhiều thì nên chọn lưu lượng oxy và áp suất thổi oxy lớn, ngược lại khi dung lượng lò bé và trung bình ($10 \div 15$ tấn/mẻ) và hàm lượng cacbon cần khử ít thì nên chọn chế độ thổi luyện thấp, cụ thể:

Đối với lò nhỏ và trung bình lưu lượng oxy $15 \div 30 \text{ m}^3/\text{h}$, áp suất thổi $6 \div 8 \text{ at}$, còn đối với lò lớn ≥ 100 tấn/mẻ thì lưu lượng oxy được thổi vào $35 \div 60 \text{ m}^3/\text{h}$, áp suất $10 \div 15 \text{ at}$.

– Nhiệt độ của khí nóng từ nôi lò thoát lên vùng biên giới giữa nắp lò và thân lò đạt được khá cao $\geq 1700^\circ\text{C}$, do đó ảnh hưởng rất lớn đến tuổi thọ tấm chắn liệu và liệu ở gần đó bị chảy bám dính chặt vào liệu ở vùng xung quanh thân lò. Vì vậy người ta phải đặt quạt mát gần vùng đó để vừa làm nguội tấm chắn liệu, vừa giảm bớt nhiệt độ của khí nóng từ 1700°C xuống chỉ còn $\approx 1200 \div 1300^\circ\text{C}$.

– Quá trình nung liệu và nấu luyện thép trong lò FSF được thực hiện theo công nghệ nấu mẻ tiếp mẻ do đó giảm thời gian nấu luyện thấp nhất, năng suất lò cao nhất và đạt được các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật tốt nhất.

(Xem hình III.27, III.28 và III.29).

3.4. CHỈ TIÊU SẢN XUẤT ĐẠT ĐƯỢC KHI NẤU LUYỆN MỘT MẺ THÉP TRONG LÒ FSF 70 TẤN/MẺ

1- Cân bằng năng lượng điện cho một mẻ thép ở lò điện hồ quang FSF với dung lượng lò 70 tấn/mẻ, dung lượng biến áp 65 MVA:

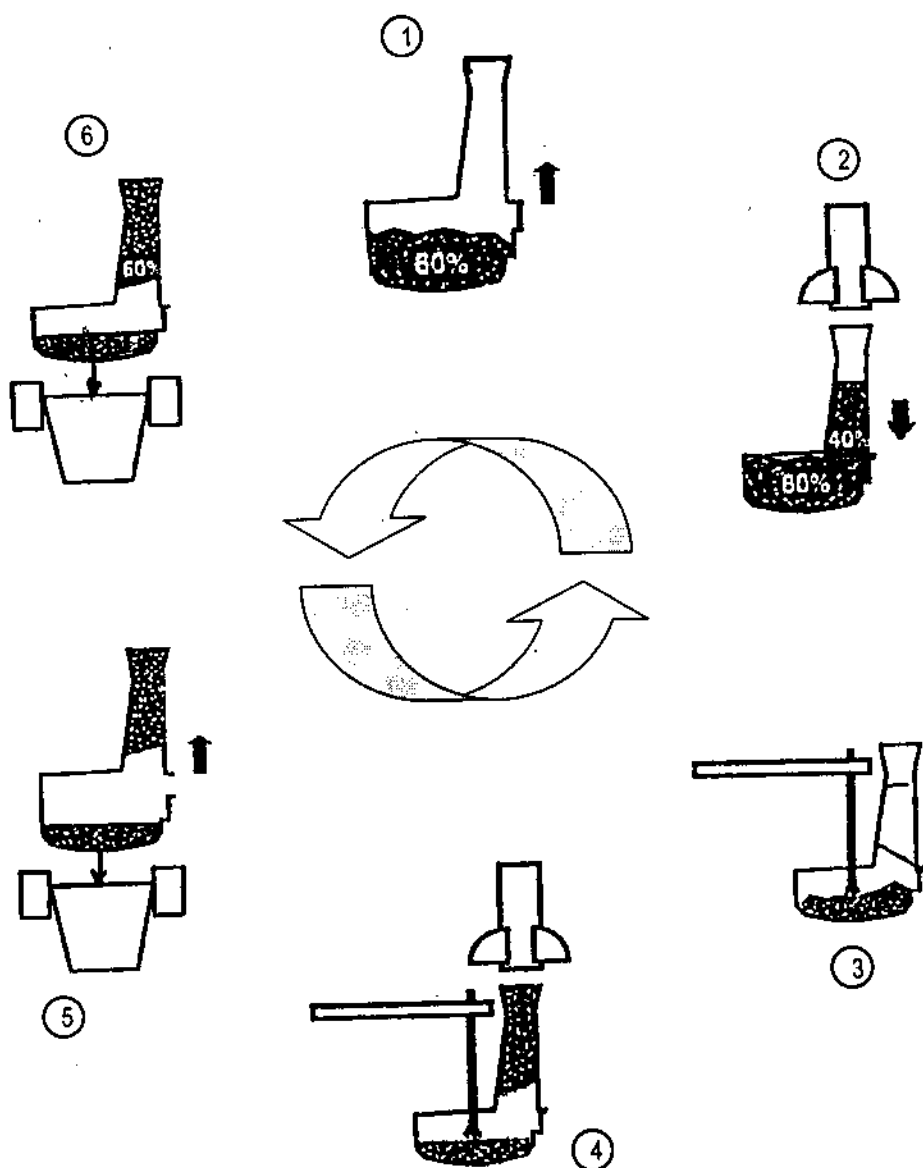
Suất tiêu hao điện năng chung $W_y = 500 \text{ kW.h/tấn}$

Trong đó chi phí:

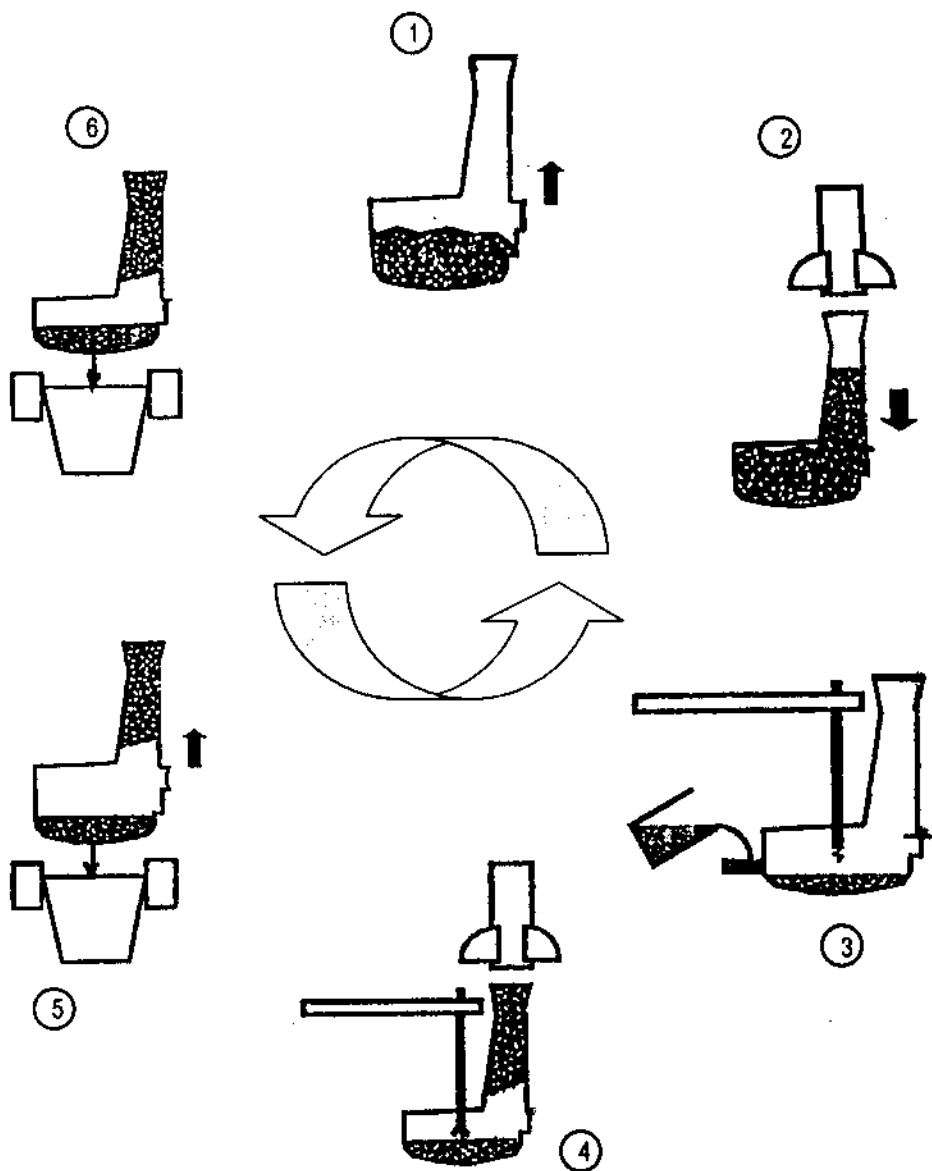
Sử dụng để nấu 1 tấn thép là	380 kW.h/tấn
Tạo xỉ bọt là	50 kW.h/tấn
Làm nguội nắp và tường lò là	50 kW.h/tấn
Các quá trình khác là	20 kW.h/tấn

2- Nung liệu trước trong thân lò FSF, đặc biệt sử dụng khí nóng của lò thoát ra để nung đỏ liệu lên $900 \div 1200^\circ\text{C}$. Đây là một lượng nhiệt lớn có lợi cho quá trình nấu luyện thép, giảm hẳn phần năng lượng điện cung cấp để nung đỏ liệu. Qua thực tế sản xuất, người ta đã xác định được lượng nhiệt có lợi đó:

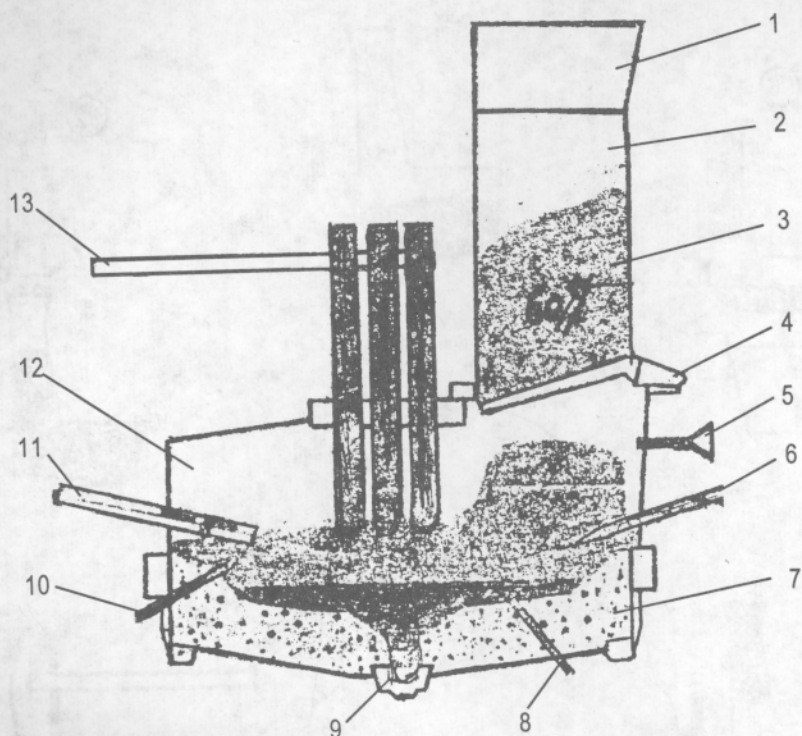
$W_{\text{lợi}} = 160 \text{ kW.h/tấn sản phẩm} \approx 137.000 \text{ kcal/tấn sản phẩm}$.



Hình III.27. Sơ đồ nung đồ liệu và nấu luyện thép trong lò hồ quang SF (100% phế thép).



Hình III.28. Sơ đồ nung đồ liệu và nấu luyện thép trong lò điện hồ quang SF (30 ÷ 40% kim loại nóng chảy).



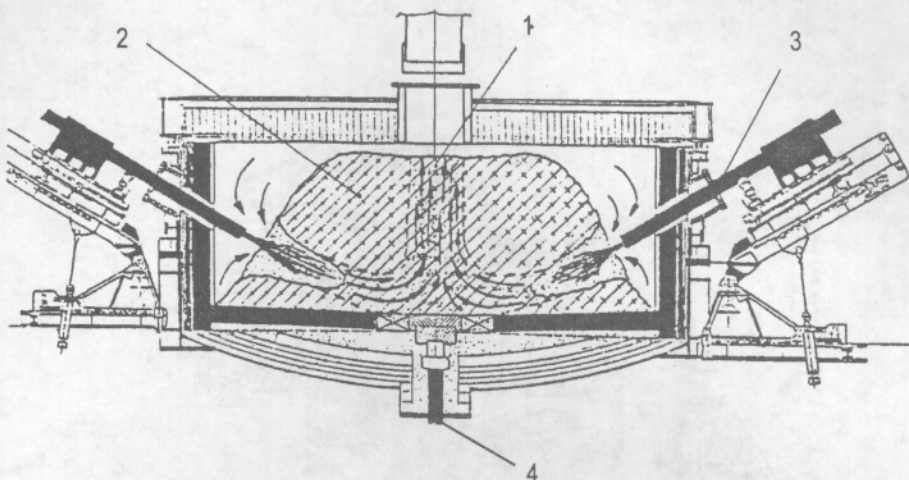
Hình III.29. Sơ đồ nguyên lý làm việc của lò điện hồ quang FSF (EAF-AC):

1- miệng hình phễu; 2- thân lò Shaft; 3- liệu được nung đỏ trước; 4- tấm chắn liệu; 5- quạt mát; 6- tuye thổi khí thiên nhiên (CH_4); 7- đáy lò FSF; 8- tuye thổi oxy nguyên chất; 9- lỗ tháo thép lệch tâm ở đáy lò; 10- tuye thổi bột cacbon; 11- tuye thổi oxy; 12- nôi lò FSF; 13- nguồn điện vào.

3- Thời gian nấu luyện 1 mẻ thép như sau:

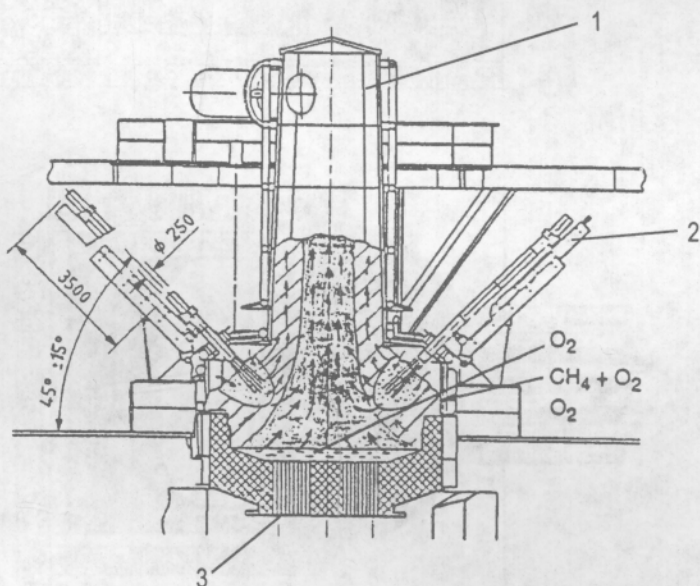
- Thời gian nạp liệu nóng đỏ từ thân lò xuống nôi lò là 1 phút 30 giây.
- Thời gian nấu luyện (có hồ quang điện) là 35 phút.
- Thời gian lưu giữ thép lỏng trong lò là 5 phút.
- Thời gian chờ ra thép là 5 phút.

Vậy tổng thời gian nấu luyện 1 mẻ thép là 46 phút 30 giây.



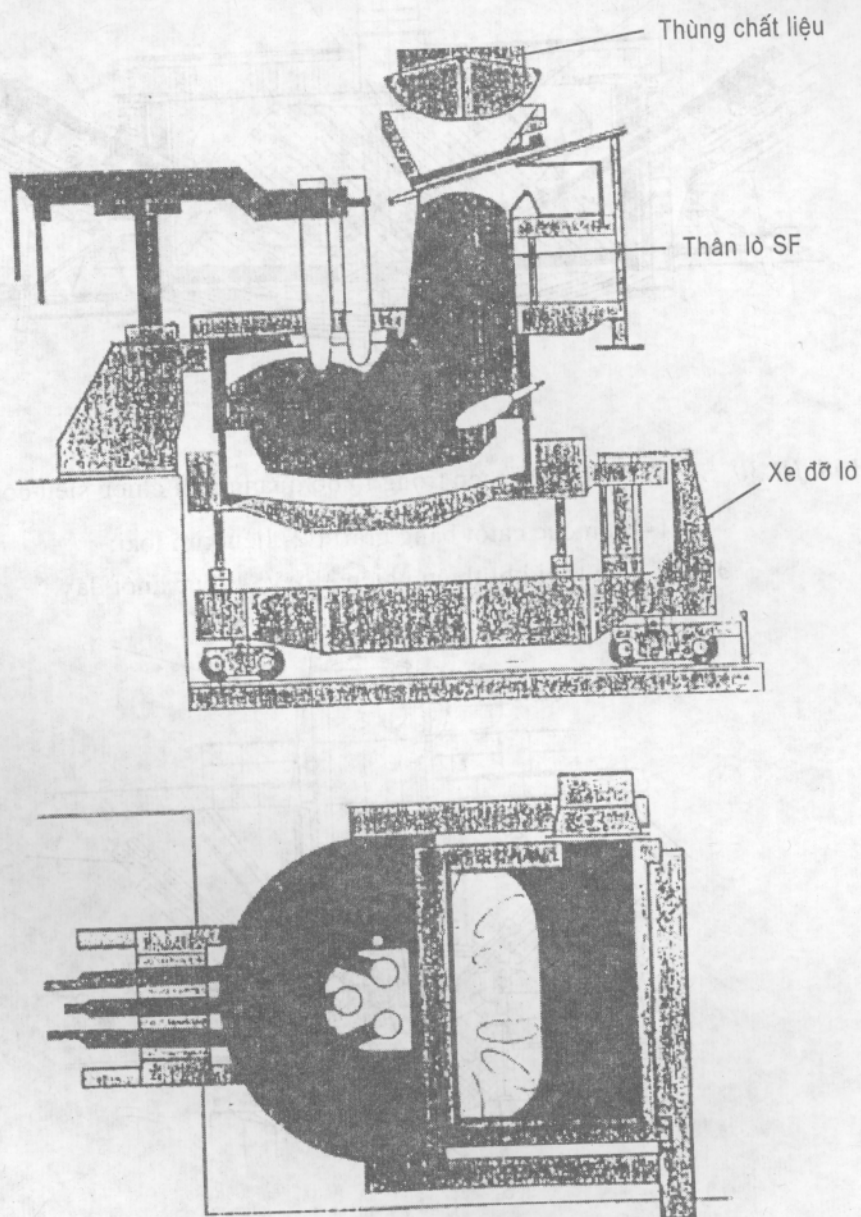
Hình III.30. Sơ đồ thổi luyện thép trong lò hồ quang một chiều siêu công suất:

- 1- điện cực catôt bằng grafit; 2- liệu kim loại;
3- các tuye thổi khí thiên nhiên + oxy; 4- cực anôt đáy.



Hình III.31. Sơ đồ quá trình nấu luyện thép trong lò hồ quang SF (DC-EAF):

- 1- thân cột; 2- các tuye thổi oxy và khí thiên nhiên;
3- điện cực đáy hình kim (anôt).



Hình III.32. Sơ đồ tổng thể chất liệu, nung liệu và nấu luyện thép trong lò hồ quang SSF.

Nhờ biết áp dụng các biện pháp cường hoá quá trình nấu luyện thép, cải tiến và chế tạo thiết bị lò điện hồ quang kiểu mới và hiện đại mà sản lượng thép hàng năm đạt được khá lớn, đặc biệt hiệu quả kinh tế - kỹ thuật đã đạt được tốt nhất, cụ thể:

1- Lò điện hồ quang EAF-AC sử dụng 30 ÷ 40% kim loại lỏng + 70 ÷ 60% phế thép để nấu luyện thép:

- Thời gian nấu luyện 1 mẻ thép (80 tấn/mẻ) là 60 phút hay thấp hơn;
- Suất tiêu hao điện năng 400 ÷ 440 kW.h/tấn;
- Tiêu hao oxy nguyên chất (99,9% O₂) là 10 ÷ 45 Nm³/tấn;
- Mất mát lượng khí nóng thoát ra ≈ 25%.

2- Lò điện hồ quang kiểu TWS, gọi là lò song thân (Twin shell electric are furnace). Lò TWS gồm hai lò điện EAF-AC/DC được đặt ngang hàng và chỉ sử dụng một nguồn điện cung cấp cho quá trình nấu luyện thép. Do đó cần phải điều phối thời gian làm việc giữa hai lò cho thích hợp, đảm bảo mẻ tiếp mẻ, năng suất lò cao. Quy trình chạy lò như sau: lò số 1 nấu chảy liệu xong lập tức chuyển nguồn điện vào lò số 2 để nấu chảy liệu. Cùng thời gian đó ở lò số 1 được tiến hành thổi luyện (không cần nguồn điện hồ quang trong giai đoạn này) bằng oxy nguyên chất + bột cacbon, đôi khi có thể thổi cả bột cacbit canxi (CaC₂) để giảm hàm lượng cacbon, oxy và lưu huỳnh trong kim loại, kết thúc thổi (15 ÷ 20') tháo thép ra khỏi lò theo lỗ lệch tâm ở đáy lò. Tiếp theo chuyển lại vị trí lò số 2 để thổi luyện, còn lò số 1 được chất liệu và thông điện nấu chảy liệu. Cứ thay đổi vị trí làm việc tuần tự như trên, hai lò EAF cứ thay nhau nấu luyện thép liên tục, đảm bảo năng suất lò cao, đạt được các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật tốt:

- Thời gian nấu 1 mẻ thép (80 ÷ 90 tấn/mẻ) là 40 ÷ 45 phút;
- Tiêu hao điện năng: 370 ÷ 430 kW.h/tấn;
- Tiêu hao oxy nguyên chất: 15 ÷ 55 Nm³/tấn;
- Tiêu hao cacbon: 16 ÷ 28 kg/tấn;
- Mất mát khí thoát ra: ≈ 25%.

3- Lò điện hồ quang SSF (sử dụng 100% phế thép):

Các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật đã đạt được:

- Thời gian nấu luyện, 1 mẻ thép ($90 \div 120$ tấn/mẻ) là ≤ 50 phút;
- Tiêu hao điện là $310 \div 330$ kW.h/tấn;
- Tiêu hao oxy nguyên chất: $20 \div 33$ Nm³/tấn;
- Mất mát khí thoát ra ngoài $\approx 10\%$.

4- Lò điện hồ quang FSF: sử dụng $30 \div 37\%$ kim loại lỏng và $63 \div 70\%$ thép phế để nấu luyện thép.

Quá trình thao tác nấu luyện thép như sau:

Đầu tiên chất phế thép vào thân lò, nung liệu tới nhiệt độ 1000°C trong thời gian $10 \div 20$ phút, sau đó tháo liệu nóng đổ xuống nồi lò, tiếp tục nấu luyện. Khi liệu trong lò đã được nóng chảy một phần xuống đáy lò thì mới chất kim loại lỏng vào lò, tiếp tục thổi luyện như thường.

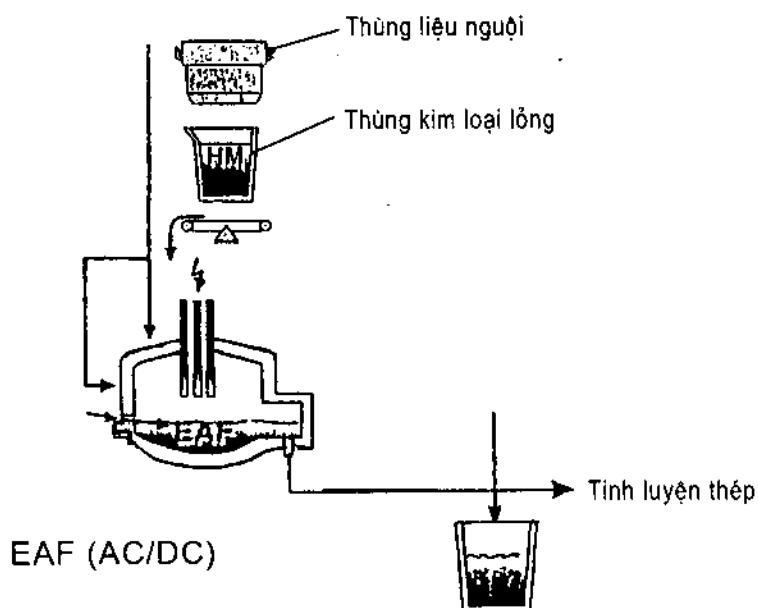
Các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật đã đạt được như sau:

- Thời gian nấu 1 mẻ thép (90 tấn/mẻ) là $40 \div 50$ phút;
- Tiêu hao điện năng là $290 \div 310$ kW.h/tấn;
- Tiêu hao oxy nguyên chất là $25 \div 32$ Nm³/tấn;
- Tiêu hao cacbon là $6 \div 8$ kg/tấn;
- Mất mát khí thoát ra 7% .

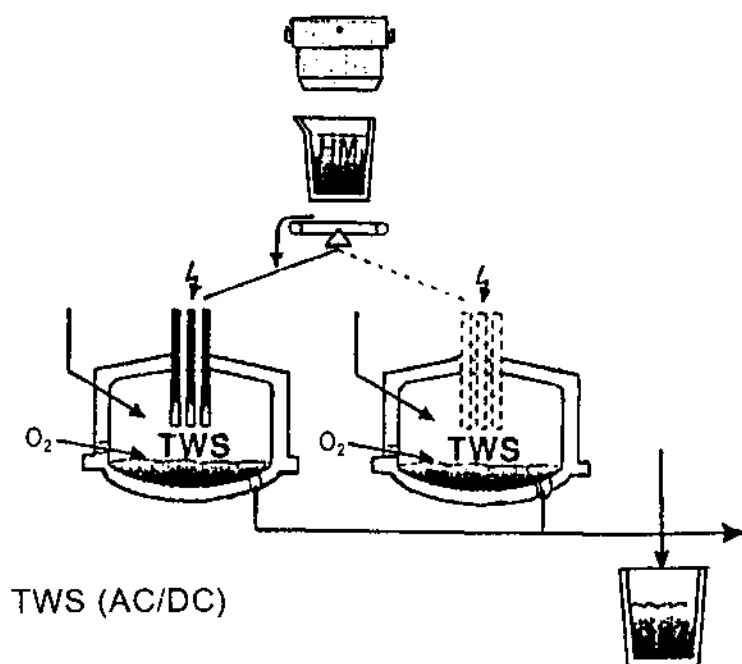
5- Lò DSF: Nguyên lý làm việc giống như kiểu lò TWS và FSF, sử dụng liệu 100% phế thép.

Các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật đã đạt được:

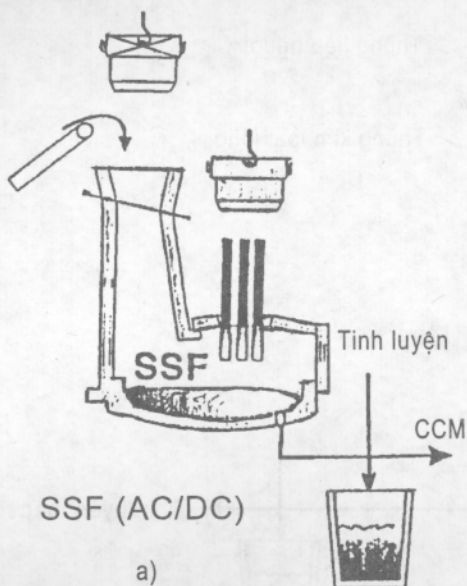
- Thời gian nấu 1 mẻ thép (90 tấn/mẻ) là 45 phút;
- Tiêu hao điện năng là $330 \div 340$ kW.h/tấn;
- Tiêu hao oxy nguyên chất là $20 \div 35$ Nm³/tấn;
- Tiêu hao cacbon là $8 \div 13$ kg/tấn;
- Mất mát khí thoát ra $\approx 12\%$.



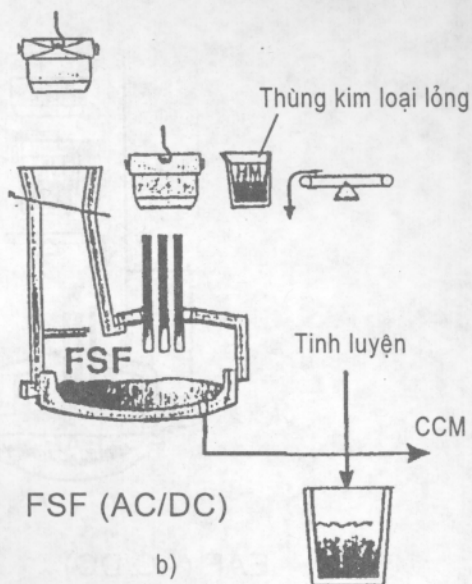
Hình III.33. Lò điện hồ quang EAF có nạp thêm kim loại lỏng.



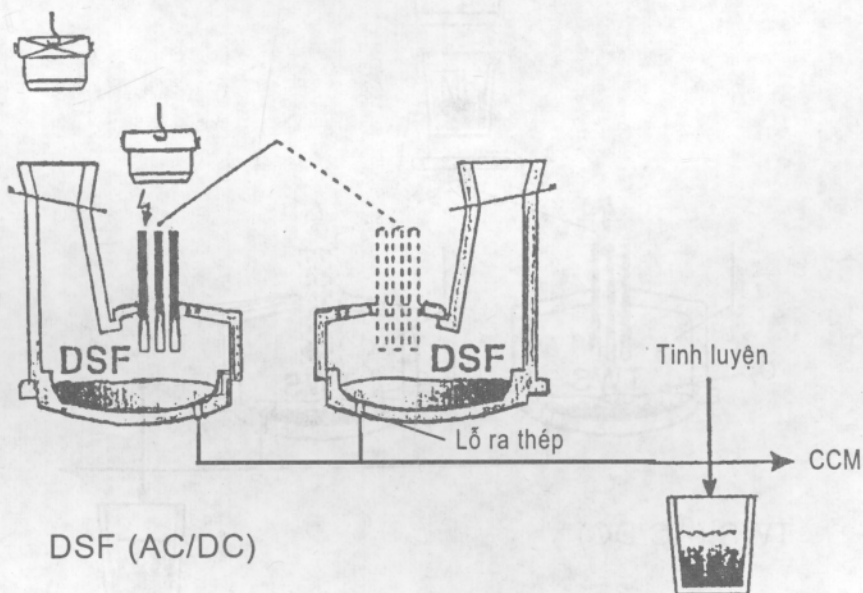
Hình III.34. Lò điện hồ quang (EAF) song thân.



Hình III.35. Lò điện hồ quang kiểu hầm đơn SSF (AC/DC)
a- Không có tấm chắn liệu ở cuối thân lò.



Hình III.35. Lò điện hồ quang kiểu hầm FSF (AC/DC-EAF)
b- Có tấm chắn ở cuối thân lò.



Hình III.36. Lò điện song thân DSF (AC/DC-EAF).

3.5. CÁC CƠ SỞ SẢN XUẤT THÉP Ở Lò ĐIỆN HỒ QUANG KIỂU MỚI VÀ HIỆN ĐẠI TẠI MỘT SỐ NƯỚC TRÊN THẾ GIỚI

1- Nhà máy SWG (VOL ROLL), Gerlafingen (Thụy Sĩ), đã lắp đặt lò FSF (EAF-AC, RBT) vào tháng 9 năm 1996 với dung lượng lò 70 tấn/mẻ, đường kính lò ϕ 6100 mm, dung lượng biến áp 65 MVA, sử dụng 5 ống thổi oxy nguyên chất (99,5% O_2), đường kính của ống thổi 12 ÷ 15 mm, lưu lượng nước làm nguội tường và nắp lò là 1500 Nm³/h, có thổi khí thiên nhiên và cacbon, phối liệu 100% phế thép. Kết quả đã sản xuất được 650.000 tấn thép/năm và đạt các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật như sau (bảng III.20):

Bảng III.20. Các chỉ tiêu KTKT của nhà máy SWG

Các chỉ tiêu tiêu hao	Trước chưa có lò SF	Sau khi có lò SF
	EAF-AC	SF (AC)
- Tiêu hao điện năng	400 kW.h/tấn	330 kW.h/tấn
- Tiêu hao điện cực grafit	2,2 kg/t	1,6 kg/tấn
- Tiêu hao oxy nguyên chất	38 Nm ³ /tấn	26 Nm ³ /tấn
- Tiêu hao cacbon	-	13 kg/tấn
- Hiệu suất thu hồi thép lỏng	90%	> 91%

2- Nhà máy Zhangjiang sheel faith ZCC (Trung Quốc) đã lắp đặt lò điện hồ quang SSF (AC-RBT) vào năm 1995 với dung lượng lò 90 tấn/mẻ, đường kính lò ϕ 6100 mm, dung lượng biến áp là 75 MVA, lắp đặt 7 vòi phun oxy (đường kính ống thổi 15 mm), lưu lượng nước làm nguội lò là 1500 Nm³/h, phối liệu 100% phế thép, sản lượng thép đạt 675.000 tấn/năm. Kết quả đã thu được một số chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật như sau:

- Thời gian nấu 1 mẻ thép là 51 ÷ 60 phút;
- Tiêu hao điện năng là 330 kW.h/tấn;
- Tiêu hao oxy nguyên chất là 38 Nm³/tấn;
- Tiêu hao khí thiên nhiên là 7 Nm³/tấn;
- Tiêu hao cacbon là 15 kg/tấn;
- Hệ số thu hồi sản phẩm là 95%.

3- Nhà máy CO-STEEL, Sheerness U.K (Anh quốc) đã xây dựng lò điện hồ quang SSF (AC-RBT) vào tháng 3/1992 với dung lượng lò 90 tấn/mẻ, đường kính lò ϕ 6300 mm, dung lượng biến áp là 80 MVA. Nhà máy có lắp đặt 6 vòi thổi oxy ($\phi_{\text{ống}} = 15$ mm), lưu lượng nước làm nguội lò 2400 Nm³/h, liệu gồm 100% phế thép. Kết quả đã thu được các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật sau đây:

- Sản lượng thép: 790.000 tấn/năm;
- Thời gian nấu: 50 phút;
- Tiêu hao điện năng: 340 kW.h/tấn;
- Tiêu hao điện cực grafit: 2,0 kg/tấn;
- Tiêu hao oxy nguyên chất: 25 Nm³/tấn;
- Tiêu hao khí thiên nhiên: 5,5 Nm³/tấn;
- Tiêu hao cacbon thổi vào: 10,0 kg/tấn;
- Hệ số thu hồi sản phẩm: 93,5%.

4- Nhà máy HYLSA SA (México) đã xây dựng lò điện hồ quang FSF (DC - RBT) vào năm 1995 với dung lượng lò 135 tấn/mẻ, đường kính lò ϕ 6900 mm, dung lượng biến áp là 150 MVA, sử dụng 4 vòi phun oxy, lưu lượng nước làm nguội lò 2100 Nm³/h, có thổi khí thiên nhiên và bột cacbon, phối liệu nấu gồm 40 ÷ 50% phế thép + 50 ÷ 60% DRI/HBI.

Kết quả thu được:

- Sản lượng thép đạt 750.000 tấn/năm
- Thời gian nấu 1 mẻ thép 65 phút
- Tiêu hao điện năng 440 kW.h/tấn;
- Tiêu hao điện cực grafit 1,5 kg/tấn sản phẩm;
- Tiêu hao oxy nguyên chất 22 Nm³/ tấn sản phẩm;
- Tiêu hao khí thiên nhiên 3,5 Nm³/ tấn sản phẩm;
- Tiêu hao cacbon 8,0 kg/ tấn sản phẩm;
- Hệ số thu hồi sản phẩm (sp) 93%.

5- Nhà máy COCKERILE SAMBRO (Bỉ) đã xây dựng lò điện FSF (DC-EBT) vào năm 1996 với dung lượng lò 140 tấn/mẻ, đường kính lò ϕ 7300 mm, dung lượng biến áp là 110 MVA, dùng 6 vòi thổi oxy nguyên chất, có thổi khí thiên nhiên và cacbon; phối liệu gồm 100% phế thép (PA.I) và 27 ÷ 37% kim loại lỏng + 63 ÷ 73% phế thép (PA.II).

Kết quả đã thu được:

- Sản lượng thép đạt	790.000 tấn/năm	
	PA.I	PA.II
- Thời gian nấu 1 mẻ thép:	90 phút	70 phút
- Tiêu hao điện năng:	320 ÷ 360 kW.h/tấn	210 ÷ 270 kW.h/tấn
- Tiêu hao oxy nguyên chất:	30 Nm ³ / tấn sản phẩm	30 Nm ³ / tấn sản phẩm
- Tiêu hao khí thiên nhiên:	8 Nm ³ / tấn sản phẩm	8 Nm ³ / tấn sản phẩm
- Tiêu hao cacbon:	15 kg/ tấn sản phẩm	3 kg/ tấn sản phẩm
- Hệ số thu hồi sản phẩm (sp)	95%	96,5%

6- Nhà máy SAM, Montereau (Pháp) và nhà máy ARBED, Esh-Schiffange (Lúc Xăm Bua) đã lắp đặt lò điện DSF (AC-EAF) vào năm 1993 với dung lượng 90 tấn/mẻ (Pháp) và 95 tấn/mẻ (Lúc Xăm Bua), dung lượng biến áp lò 90 ÷ 05 MVA.

Kết quả đã thu được các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật sau:

	Ngày tốt nhất	Ngày trung bình
- Số mẻ nấu trong 1 ngày đêm:	30 mẻ	27 mẻ
- Tiêu hao điện năng, kW.h/ tấn sản phẩm:	340	365
- Tiêu hao điện cực, kg/ tấn sản phẩm:	1,37	1,50
- Tiêu hao oxy nguyên chất, Nm ³ / tấn sản phẩm:	24	30
- Tiêu hao khí thiên nhiên, Nm ³ / tấn sản phẩm:	6,4	7,9
- Tiêu hao cacbon thổi vào, kg/ tấn sản phẩm:	8	10,6
- Thời gian nấu có nguồn HQ, phút:	40	45
- Tổng thời gian nấu 1 mẻ thép, phút:	47	63
- Hệ số thu hồi sản phẩm, %:	95	93

3.6. KẾT LUẬN CHUNG

1- Khi sử dụng liệu có 30 ÷ 37% kim loại lỏng và 70 ÷ 63% phế thép để nấu luyện thép trong lò hồ quang EAF (AC/DC) thì đạt được hiệu quả kinh tế - kỹ thuật cao, nhưng khi sử dụng hai lò EAF cùng một nguồn điện cung cấp (lò TWS) thì đạt được chỉ tiêu KTKT tốt hơn hẳn so với một lò EAF, cụ thể:

- Thời gian nấu luyện 1 mẻ thép giảm 10 phút (từ 59 phút xuống 49 phút).
- Tiêu hao điện năng giảm 20 kW.h/tấn (từ 420 kW.h/tấn xuống còn 400 kW.h/tấn).

- Tiêu hao điện cực grafit giảm 0,20 kg/tấn (từ 2,3 kg/tấn xuống còn 2,1 kg/tấn).

2- Sử dụng lò điện hồ quang kiểu mới và hiện đại như lò SSF, lò FSF và DSF để nấu luyện thép thì đạt được các chỉ tiêu KTKT cao nhất, tăng năng suất lò lên đến 100 ÷ 120 tấn/giờ, cụ thể:

- Giảm thời gian nấu luyện 1 mẻ thép 13 phút (từ 59 phút xuống 46 phút)
- Giảm tiêu hao điện: 80 kW.h/tấn (từ 410 xuống 330 kW.h/tấn)
- Giảm tiêu hao điện cực: 0,59 kg/tấn (từ 2,2 xuống 1,6 kg/tấn)
- Mất mát khí nóng thoát ra: 15,3% (từ 25 xuống 9,7%).

3- Thu hồi sản phẩm cao nhất:

Hệ số thu hồi sản phẩm $\eta_{sp} = 93 \div 96,5\%$

(lò EAF bình thường chỉ đạt $\eta_{sp} = 90 \div 91\%$).

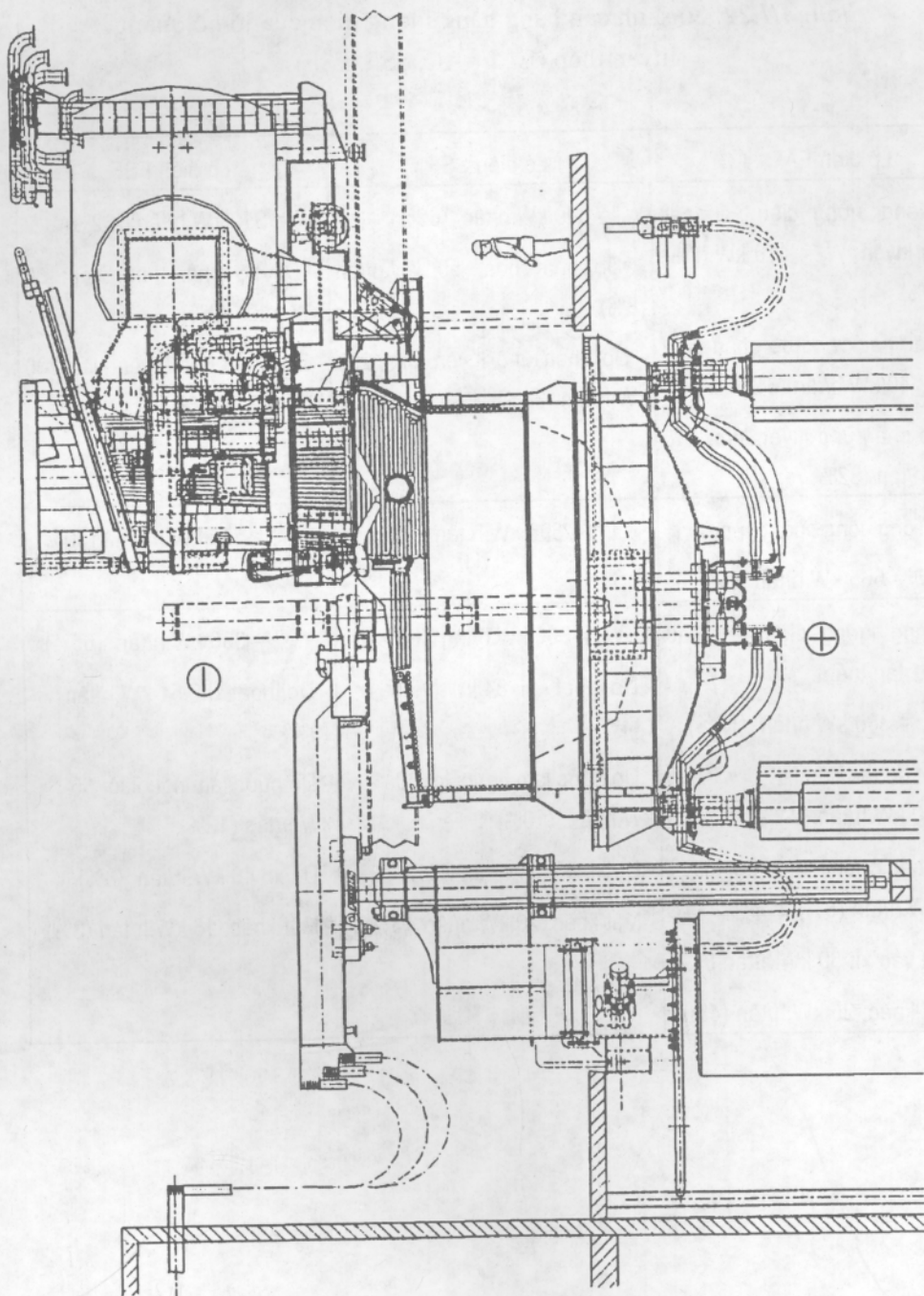
4- Căn cứ vào các chỉ tiêu KTKT quan trọng nhất (thời gian nấu, tiêu hao điện năng, tiêu hao điện cực...) để đánh giá chính xác khả năng luyện thép của các loại lò điện hồ quang và đồng thời xác định cụ thể về vệ sinh môi trường làm việc của chúng trong sản xuất (xem bảng III.21).

Bảng III.21. So sánh chỉ tiêu KTKT của lò EAF, lò TWS, SSF, FSF, DSF

Lò điện hồ quang EAF – AC/DC	Lò điện hồ quang TWS – AC/DC
- Thời gian nấu 1 mẻ, $\tau_n = 59$ phút	$\tau_n = 59$ phút
- Tiêu hao điện, $W_y = 420$ kW.h/tấn sản phẩm	$W_y = 400$ kW.h/tấn sản phẩm
- Tiêu hao điện cực, $\eta_{dc} = 2,3$ kg/tấn	$\eta_{dc} = 2,1$ kg/tấn
- Mất mát khí thoát, $\eta_K = 25\%$	$\eta_K = 25\%$
Lò hồ quang SSF	Lò hồ quang FSF
- Thời gian nấu 1 mẻ thép, $\tau_n = 48$ phút	$\tau_n = 45$ phút
- Tiêu hao điện, $W_y = 330$ kW.h/tấn	$W_y = 320$ kW.h/tấn sản phẩm
- Tiêu hao điện cực, $\eta_{dc} = 1,9$ kg/tấn	$\eta_{dc} = 1,5$ kg/tấn
- Mất mát khí thoát, $\eta_K = 10\%$	$\eta_K = 7,0\%$
Lò điện hồ quang DSF	
- Thời gian nấu 1 mẻ thép, $\tau_n = 45$ phút	- Tiêu hao điện cực, $\eta_{dc} = 1,38$ kg/tấn
- Tiêu hao điện năng, $W_y = 330$ kW.h/tấn	- Mất mát khí thoát, $\eta_K = 12\%$

**Bảng III.22. So sánh cân bằng năng lượng điện của lò hồ quang
luyện thép (EAF -AC, SSF, FSF)**

Lò điện EAF - AC	Lò điện SSF	Lò điện FSF
* Năng lượng điện yêu cầu nấu luyện: $W_y = 410 \text{ kW.h/tấn}$ (62%) - Tiêu hao vì có bộ phận phát hoả: 40 kW.h/tấn (6%) - Do phản ứng luyện kim: 215 kW.h/tấn (32%)	$W_y = 340 \text{ kW.h/tấn}$ (62%) - Do phát hoả: 50 kW.h/tấn (8%) - Do phản ứng luyện kim: 200 kW.h/tấn (34%)	$W_y = 310 \text{ kW.h/tấn}$ (62%) - Do bộ phận phát hoả: 50 kW.h/tấn (9%) - Do phản ứng luyện kim: 200 kW.h/tấn (36%)
Tổng công suất chung: $\Sigma W_y = 665 \text{ kW.h/tấn}$ (100%)	$\Sigma W_y = 590 \text{ kW.h/tấn}$ (100%)	$\Sigma W_y = 560 \text{ kW.h/tấn}$ (100%)
* Năng lượng điện yêu cầu nấu 1 tấn thép: $W_y = 380 \text{ kW.h/tấn}$ (56%) - Mất do thoát khí: 160 kW.h/tấn (24%) - Mất do nước làm nguội lò: 50 kW.h/tấn (8%) - Mất vào xỉ: 50 kW.h/tấn (8%) - Mất khác: 25 kW.h/tấn (4%)	* $W_y = 380 \text{ kW.h/tấn}$ (65%) - Do thoát khí: 84 kW.h/tấn (14%) - Do nước làm nguội lò: 60 kW.h/tấn (10%) - Do xỉ: 46 kW.h/tấn (8%) - Mất khác: 20 kW.h/tấn (3%)	* $W_y = 380 \text{ kW.h/tấn}$ (65%) - Do thoát khí: 51 kW.h/tấn (9%) - Do nước làm nguội lò: 65 kW.h/tấn (12%) - Do xỉ: 46 kW.h/tấn (8%) - Mất khác: 18 kW.h/tấn (3%)



Hình III.37. Sơ đồ hình dáng tổng thể của lò điện dướng thể của lò điện hồ quang FSF (EAF-DC).

Phần IV

**PHÂN XỬỞNG THÉP LÒ ĐIỆN
VÀ DÂY CHUYỀN CÔNG NGHỆ
SẢN XUẤT THÉP**

Chương I

PHÂN XƯỞNG THÉP Lò ĐIỆN HỒ QUANG VỚI SẢN LƯỢNG HÀNG NĂM 100.000 ÷ 500.000 TẤN/NĂM

1.1. MỞ ĐẦU

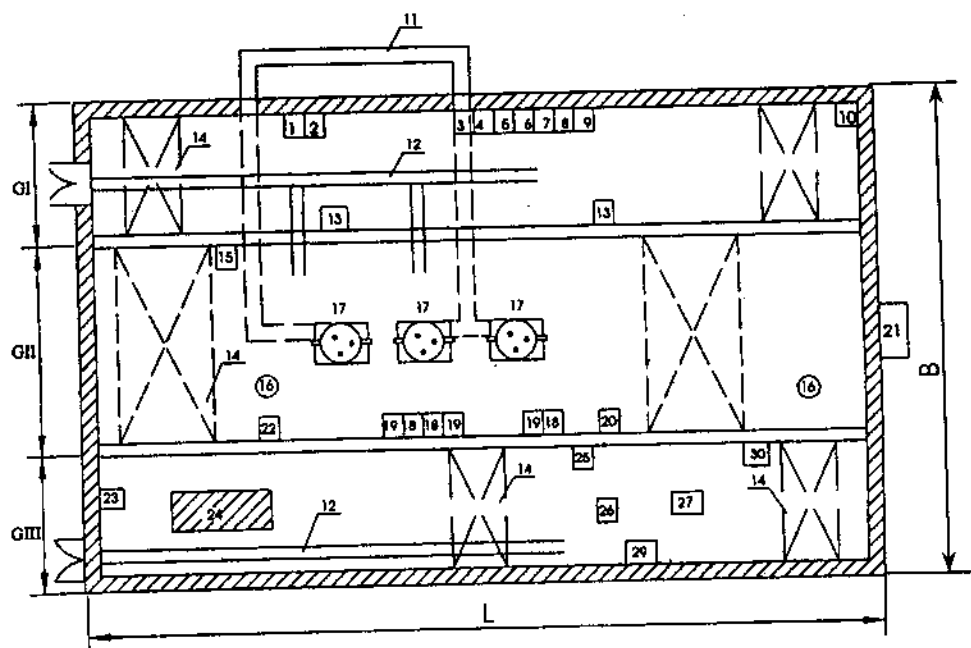
Khi thiết kế xưởng thép lò điện phải xuất phát từ công suất yêu cầu của phân xưởng, dung lượng lò điện hồ quang, phương án công nghệ nấu luyện, các mác thép cần nấu, phương pháp đúc, trọng lượng vật đúc... để trang thiết bị và bố trí thiết bị trong phân xưởng hợp lý, đảm bảo không những tăng lượng thép luyện ra hàng năm mà còn đảm bảo an toàn lao động cho công nhân làm việc. Nếu cần yêu cầu số lượng nguyên vật liệu lớn cung cấp cho lò điện thì phải xây dựng phân xưởng gần đường tàu hoả đảm bảo vận chuyển nguyên vật liệu tới xưởng nhanh chóng và dễ dàng. Phân xưởng thép lò điện hiện đại thường được trang bị thiết bị cơ khí và tự động hoá hoàn toàn. Ngoài ra, người ta đặt thêm đường goòng xuyên từ gian này đến gian khác để đảm bảo chuyển vật liệu từ ngoài vào và chuyển sản phẩm, phế phẩm ra ngoài nhanh chóng. Khi công suất phân xưởng lò điện > 100 ngàn tấn thép thỏi thì phải bố trí khuôn đúc thỏi cỡ lớn 7 ÷ 20 tấn. Những khuôn này được đặt trên hệ thống rót riêng. Nhưng để giảm bớt sức lao động của công nhân làm khuôn, tăng năng suất thép lò điện người ta áp dụng phương pháp đúc liên tục. Ngoài ra hiện nay ở CHLB Nga đã xây dựng xưởng luyện thép liên hợp gồm lò điện hồ quang + lò thổi oxy hoặc lò bằng + lò điện. Xưởng này làm việc nhịp nhàng đều đặn thì tăng năng suất thép năm lên cao, chất lượng thép tốt, phí tổn năng lượng điện giảm đáng kể và hạ giá thành sản phẩm.

Bố trí thiết bị, lò điện hồ quang trong phân xưởng:

Xưởng sản xuất thép thường có ba gian chính:

Gian chứa nguyên vật liệu, các loại ferro hợp kim; gian đặt thiết bị cung cấp điện và lò hồ quang và gian đúc rót thép (hình IV.1).

Gian chứa nguyên vật liệu (GI): Gian này được làm việc thường xuyên, luôn luôn cung cấp đủ nguyên vật liệu cho lò điện để nấu luyện. Ngoài việc đảm bảo đủ số lượng nguyên vật liệu cho lò điện để sản xuất thép ngày đêm, cần phải



Hình IV.1. Mặt bằng phân xưởng thép lò điện:

Ghi chú: $L = (2,5 \div 5)B$ trong đó L: chiều dài xưởng, m; B: chiều rộng xưởng, m.

- | | |
|------------------------------|----------------------------------|
| 1- kho chứa sắt thép phế; | 16- nơi sửa chữa nắp lò; |
| 2- nơi chứa gang thỏi; | 17- lò điện hồ quang; |
| 3- nơi chứa quặng sắt; | 18- trạm cung cấp điện cho lò; |
| 4- nơi chứa vụn điện cực; | 19- trạm điều khiển lò; |
| 5- nơi chứa còk luyện kim; | 20- nơi để các dụng cụ thao tác; |
| 6- nơi chứa FeSi; | 21- nơi nghỉ của công nhân; |
| 7- nơi chứa FeMn; | 22- nơi sửa chữa cơ khí; |
| 8- nơi chứa nhôm, silico; | 23- máy trộn liệu; |
| 9- nơi chứa ferro crom; | 24- hãm đúc thỏi; |
| 10- nơi phân loại liệu; | 25- trạm điện cho đúc liên tục; |
| 11- đường ống hút bụi, khói; | 26- máy đúc liên tục; |
| 12- đường goòng; | 27- nơi đúc sản phẩm; |
| 13- bàn cân liệu; | 28- kho chứa thỏi sạch; |
| 15- lò nung vôi; | 29- nơi sấy khuôn, ống giũa; |
| | 30- nơi làm sạch thỏi. |

phải có lượng dự trữ (quặng sắt, sắt thép vụn, phế thép hợp kim, các loại ferro, các chất khử oxy, các chất tạo xỉ...) với số lượng đủ dùng trong một thời gian $10 \div 20$ ngày, riêng về với cần phải dự trữ một lượng nhất định trong khoảng $1 \div 2$ ngày (để lâu bị thủy hoá). Ngoài ra trong gian liệu có trang bị các loại cần trục: cần trục nam châm, cần trục ngoạm để tháo dỡ và tải liệu... và các bộ phận cơ khí, các thiết bị phân loại và chế biến nguyên vật liệu.

Gian đặt thiết bị điện và lò điện hồ quang (GII): Gian này là gian chính rộng rãi, cao ráo, thoáng khí và sạch sẽ. Trong gian này vừa đặt các thiết bị điện, cơ khí, các loại lò và vừa là nơi làm việc của cán bộ kỹ thuật và công nhân nấu luyện. Đối với phân xưởng lớn có lò điện hồ quang ≥ 100 tấn/mẻ, người ta xây dựng hệ thống hút bụi, khí nóng.

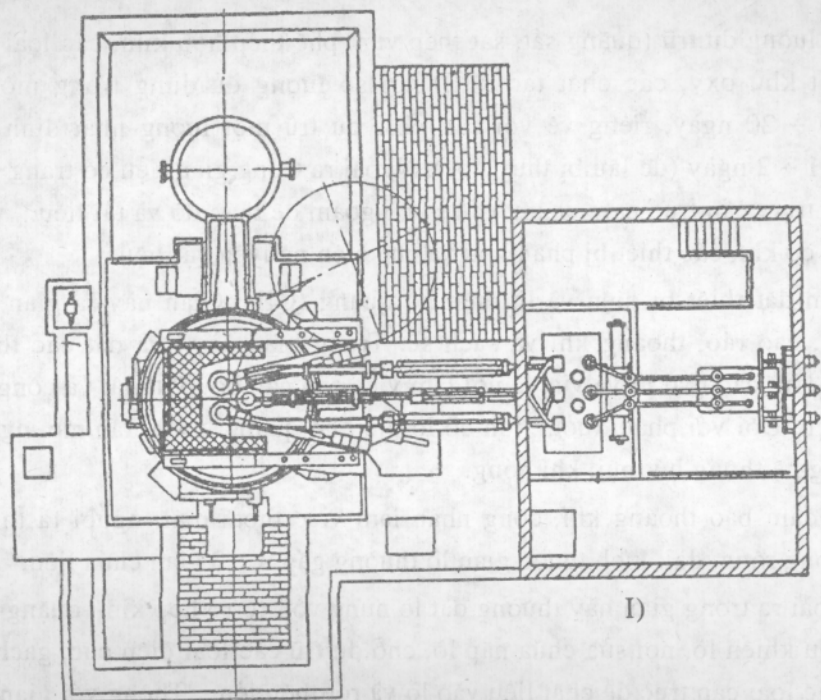
Để đảm bảo thoáng khí, công nhân làm việc thoải mái, người ta thiết kế gian xưởng rộng, dài: kích thước gian lò thường gấp $2 \div 3$ gian chứa liệu.

Ngoài ra trong gian này thường đặt lò nung vôi, ferro hợp kim, quặng sắt..., trạm điều khiển lò, nơi sửa chữa nắp lò, chỗ dự trữ các loại điện cực, gạch chịu lửa..., các loại cần trục để chất liệu vào lò và rót thép lỏng. Thông với gian chứa liệu có đặt các đường goòng để chở liệu vào lò và chở xỉ ra bãi. Trong gian chung này các lò điện được bố trí thứ tự theo một dãy dọc để liên tục cấp điện cho lò, vận chuyển liệu, rót thép và đi lại của công nhân nấu luyện.

Gian rót thép, đúc thỏi và sản phẩm (GIII): Gian này được thiết kế phụ thuộc vào sản lượng thép, số lượng thỏi và kích thước vật đúc. Nếu đúc thỏi lớn thì gian này phải rộng và dài; nếu đúc thỏi bé thì trái lại. Nếu năng suất thép hàng năm lớn thì chủ yếu đúc các loại thỏi thép to, hoặc đúc theo phương pháp liên tục (đối với xưởng > 150.000 tấn/năm). Ngoài ra, ở gian này còn có chỗ dự trữ khuôn đúc, chỗ chứa thỏi, lò nung đầu thỏi, thiết bị cắt đầu thỏi v.v...

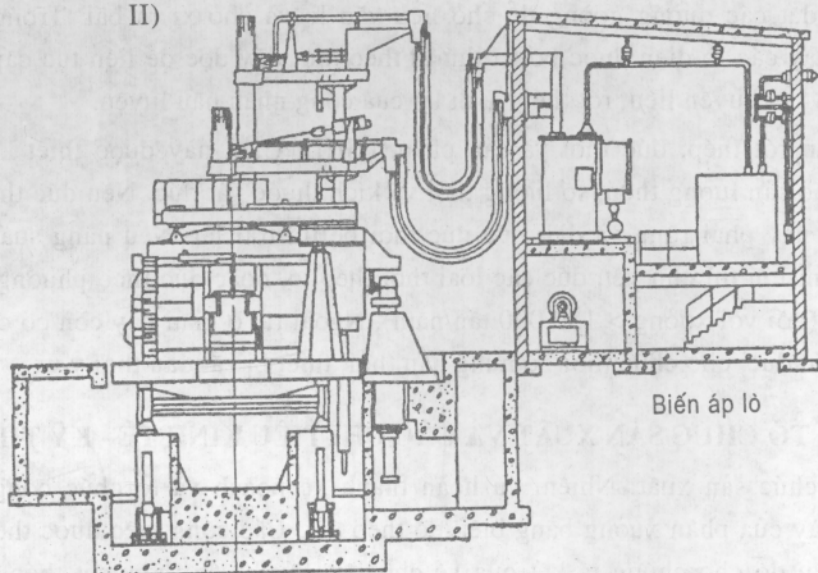
1.2. TỔ CHỨC SẢN XUẤT VÀ CÁC CHỈ TIÊU KINH TẾ - KỸ THUẬT

Tổ chức sản xuất: Nhiệm vụ hoàn thành kế hoạch và tổ chức công việc hàng ngày của phân xưởng bằng biểu đồ theo dõi. Các công việc được theo dõi bằng biểu đồ cho chúng ta kết quả về chỉ tiêu nấu luyện thép, rót thép, đồng thời tổ chức hợp lý hoá và nhanh chóng các khâu chuyển nguyên vật liệu, lấy và chuyển xỉ, chất liệu vào lò v.v..., biết được các thiếu sót, các khâu thao tác thừa. Nhờ thực hiện biểu đồ theo dõi chặt chẽ các quá trình sản xuất thép mà dẫn tới kết quả cụ thể như sau:



I)

II)



Biến áp lò

Lò điện hồ quang

Hình IV.2. Sơ đồ bố trí thiết bị điện và lò hồ quang:

I- khu vực cao ráo, thoáng đặt máy biến áp lò;

II- khu vực đặt lò điện hồ quang.

– Thực hiện hợp lý hoá thời gian nấu luyện thép của từng lò, từng mác thép.

– Khống chế và điều chỉnh được thời gian nấu luyện trong các giai đoạn nấu chảy, oxy hoá, hoàn nguyên và rót thép, đảm bảo tăng năng suất lò và chất lượng thép.

– Điều động và sử dụng nhân lực hợp lý theo từng công việc cụ thể để đảm bảo nấu luyện nhanh, tiêu hao điện năng ít nhất, đồng thời bảo đảm an toàn tuyệt đối cho thiết bị, lò và công nhân nấu luyện.

– Lập được kế hoạch thời gian sửa chữa lò và các thiết bị khác một cách kịp thời, đảm bảo kế hoạch sản xuất thép liên tục và chủ động.

– Phân phối, điều hành và điều chỉnh khối lượng thép được sản xuất ra hàng ngày để đảm bảo cho lò điện làm việc liên tục, tận dụng được tính năng làm việc của các thiết bị phụ như cần trục, xe gòong...

1.3. CÁC CHỈ TIÊU SẢN XUẤT

Tìm ra được các biện pháp tăng năng suất lò, hạ giá thành sản phẩm là nhiệm vụ cơ bản của các nhà luyện kim. Qua kinh nghiệm thực tế sản xuất, chúng ta có thể nêu ra những biện pháp giảm giá thành thép như sau:

– Năng suất lò đạt cao nhất bằng cách áp dụng chế độ điện cao và siêu công suất trong các giai đoạn nấu luyện.

– Tăng lượng thép thu nhập hàng năm bằng cách áp dụng biện pháp công nghệ nấu thép thích hợp, thời gian nấu luyện ngắn nhất.

– Giảm các chỉ tiêu tiêu hao điện, điện cực, nguyên vật liệu nấu (phế thép, chất tạo xỉ, chất khử oxy và chất oxy hoá...).

– Tăng cao tuổi thọ lò bằng cách chọn loại gạch xây lò có tính chịu lửa cao và bền nhiệt như gạch zircon (Zr_2O_3), đồng thời xây dựng lò đúng kỹ thuật đã định, giảm thời gian tu sửa lò.

– Tận dụng nhân lực hợp lý, đồng thời biết áp dụng các kinh nghiệm nấu luyện tiên tiến.

Sau đây xin giới thiệu phương pháp tính vốn đầu tư xây dựng cho các loại xưởng sản xuất thép lò điện hồ quang.

$$N_{xd} = \frac{a \cdot A + b \cdot B + c \cdot C + d \cdot D + f \cdot F n + k \cdot W G + Q + M + T}{G}, \text{ đồng/tấn thép.năm}$$

trong đó:

A- giá thiết bị lò, đồng;

B- giá tiền xây dựng xưởng thép, đồng;

C- giá tiền, số lò điện hồ quang (n lò);

D- giá tiền thiết bị phụ (cần trục, máy chất liệu);

F- giá tiền các xưởng phụ (chứa liệu, rót đúc thép);

G- sản lượng thép năm của lò, tấn thép/năm;

W- suất tiêu thụ điện năng, kWh/tấn;

K- giá tiền 1 kW.h điện, đồng/tấn thép;

Q- lương công nhân, cán bộ quản lý trực tiếp, đồng/năm;

M- chi phí cho phân xưởng thép và phân xưởng phụ khác, đồng/năm;

hệ số a, b, c, d, f phụ thuộc vào thời gian làm việc của các thiết bị và lò điện;

n- số lò điện hồ quang được đặt trong xưởng;

T- giá tiền nguyên liệu để nấu thép cho n lò, đồng/năm.

Chương 2

NHÀ MÁY THÉP DOFASCO (CANADA) VỚI SẢN LƯỢNG 1.320.000 TẤN THÉP LÔNG/NĂM

Đây là một nhà máy luyện thép hiện đại đã được xây dựng vào tháng 3 năm 1995 ở Hanmilton do hãng VAI và FUCHS giúp đỡ.

Nhà máy gồm có: Hai lò điện hồ quang kiểu TWS-AC-EAF có dung lượng 165 tấn/mẻ 1 lò. Sau khi nấu luyện thép xong người ta chuyển thép lỏng vào lò điện tinh luyện Twin LF (AC-EAF). Thời gian tinh luyện trong lò LF $20 \div 30$ phút, sau đó đưa thép lỏng vào hai máy đúc liên tục bốn dòng tạo ra phôi tấm; phôi tấm thép được vận chuyển vào máy cán nóng tạo ra sản phẩm thép tấm rộng $400 \div 600$ mm, có độ dày $5 \div 6$ mm.

Các chỉ tiêu kỹ thuật của lò điện:

1. Lò điện hồ quang nấu thép EAF-AC loại Twin Shell, OBT:

- Hai vỏ lò một nguồn điện cung cấp nấu luyện.
- Dung lượng mỗi lò 165 tấn/mẻ, dung lượng biến áp lò 120/134,4 MVA.
- Đường kính lò 7,35 m.
- Năng lượng điện chỉ cho 4 vòi phun (oxy + thiên nhiên), tốc độ thổi $2 \div 5$ m/s, $\phi_{\text{ống}} = 9 \div 15$, mỗi vòi cần 3,5 MW (công suất điện).
- Điện áp nguồn vào 44 kV, 60 Hz
- Điện áp ra 770 $\div$ 1350 V
- Dòng điện làm việc max 69 kA/1125V
- Đường kính điện cực grafit $\phi = 610$ mm
- Liệu nấu 100% phế thép hoặc 30% kim loại lỏng + 70% phế thép.
- Thời gian nấu một mẻ thép 50 phút.

2. Lò điện tinh luyện thép:

– Loại hai lò một nguồn điện cung cấp EAF-AC, TWS.

– Dung lượng mỗi lò 165 tấn/mẻ

– Dung lượng biến áp lò 20/24 MVA.

– Điện áp ra $U_2 = 300 \div 400 \text{ V}$.

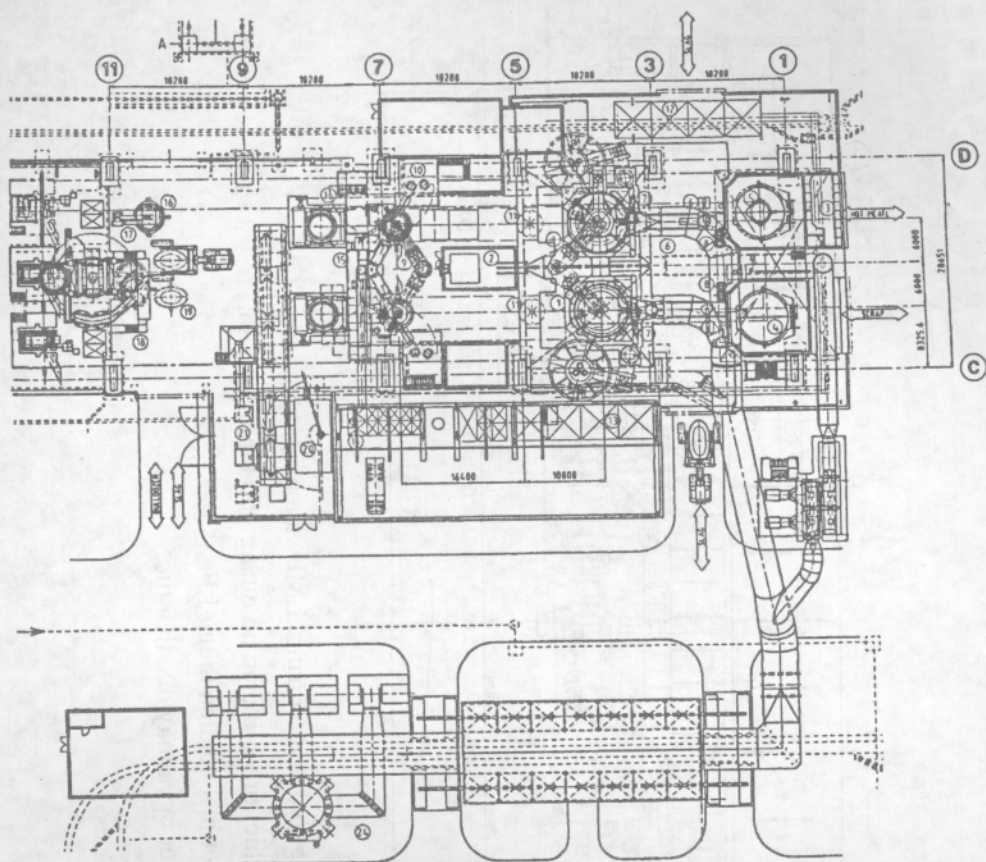
– Độ dài chùm hồ quang $40 \div 100 \text{ mm}$

– Đường kính điện cực $\phi = 406 \text{ mm}$.

Tóm tắt dây chuyền công nghệ sản xuất thép của nhà máy DOFASCO (Canada).

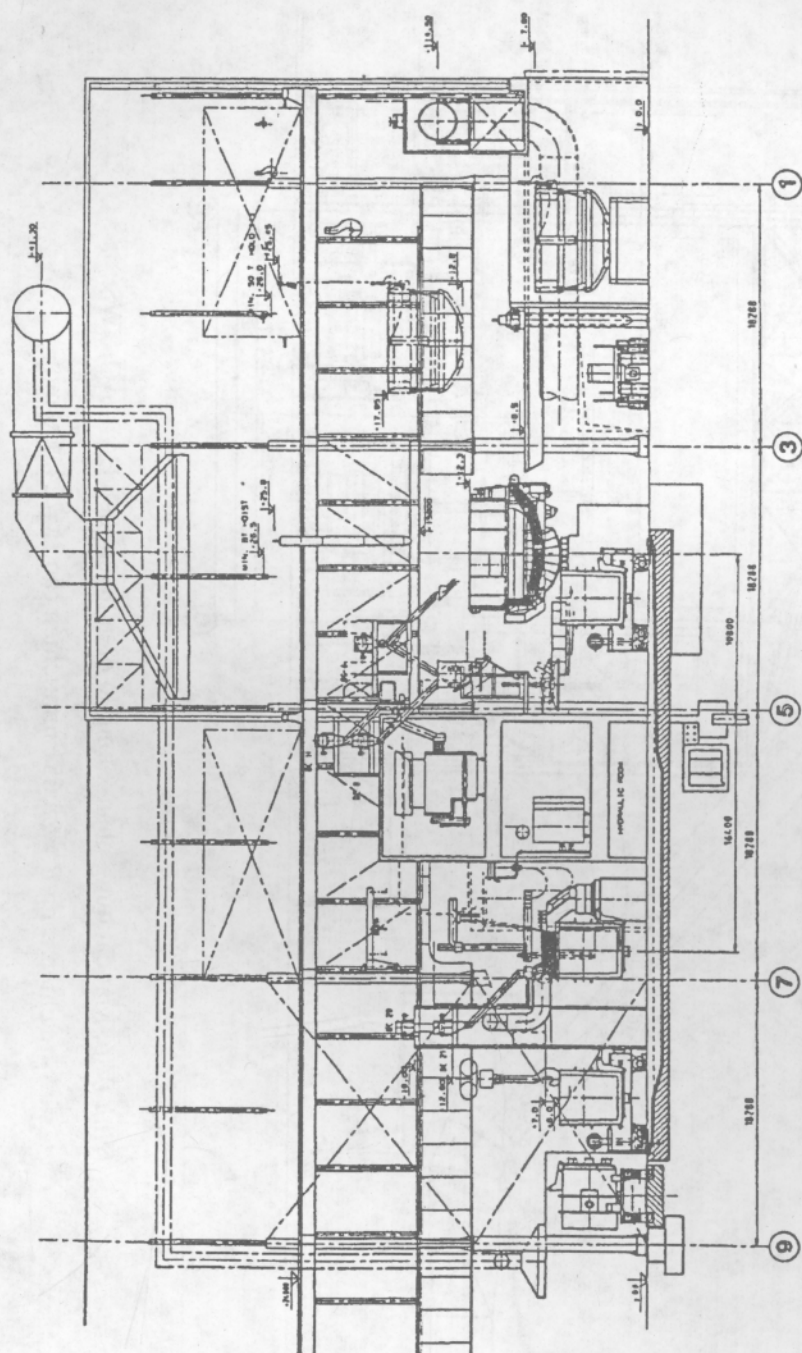
100 % phế thép hoặc 30% kim loại lỏng + 70% phế thép	} → Lò TWS-EAF-AC → LMF → CCM → RM
--	------------------------------------

Mặt bằng nhà máy đã được nêu ở hình vẽ số IV.3, IV.4, IV.5, IV.6.

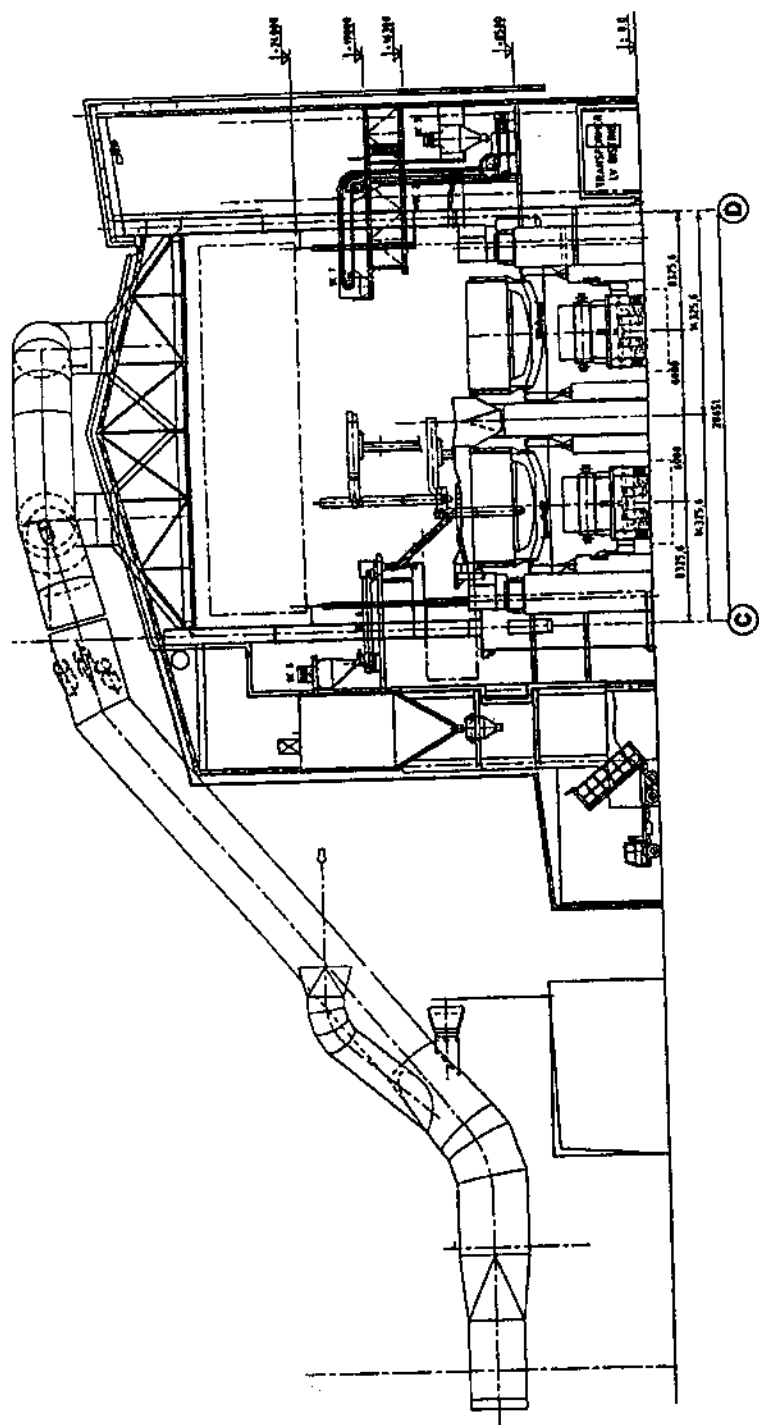


Hình IV.3: Mặt bằng nhà máy luyện thép lò điện hồ quang với sản lượng 1.320.000 tấn thép lỏng/năm (Dofasco, Canada):

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 1- lò điện hồ quang TWin Shell-AC-EAF; | 12- vôi nung và hệ thống thổi cacbon; |
| 2- biến áp lò 120/134 MVA; | 13- hệ thống nung ferro hợp kim; |
| 3- tủ điện lò EAF; | 14- hệ thống chứa hỗn hợp LMF; |
| 4- thùng đựng phế thép; | 15- thiết bị vận chuyển thùng rót; |
| 5- lò thùng chứa kim loại nóng chảy; | 16- thùng rót đúc; |
| 6- sàn thao tác nấu luyện; | 17- nơi nung thùng rót; |
| 7- hệ thống thổi khí; | 18- máy đúc liên tục (CCM); |
| 8- điện cực grafit và kho chứa; | 19- thùng chứa xỉ; |
| 9- lò thùng LF; | 20- hầm chứa vật liệu; |
| 10- thùng chứa kim loại lỏng (LMF); | 21- nơi nung thùng rót; |
| 11- nơi nung thùng rót; | 24- hệ thống lọc bụi. |



Hình IV.5. Mặt cắt dọc phản xương lò điện luyện thép EAF-AC và lò điện thùng tinh luyện thép LMF.



Hình IV.6. Mặt cắt đứng phản xương lò điện luyện thép EAF-AC, TWS:
chiều rộng $B = 28.651$ mm; chiều cao $H = 24.000$ mm

Chương 3

DÂY CHUYỂN CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT THÉP TRONG CÁC NHÀ MÁY LUYỆN KIM LIÊN HỢP TRÊN THẾ GIỚI

3.1. PHƯƠNG ÁN DÂY CHUYỂN CÔNG NGHỆ

Hiện nay có bốn dây chuyển công nghệ sản xuất chủ yếu như sau:

1. Dây chuyển công nghệ truyền thống: Gang từ lò cao (blast furnace) được vận chuyển tới lò thổi oxy BOF (basic oxygen furnace), sau đó đưa vào lò điện tinh luyện thép LF (ladle furnace), tiếp theo đúc thổi liên tục (continuous – casting furnace), phôi đúc được vận chuyển vào máy cán sản phẩm (rolling machine).

$$BF \rightarrow BOF \rightarrow LF \rightarrow CCM \rightarrow RM$$

2. Dây chuyển công nghệ đi từ Corex:

Lò Corex (C-1000 ÷ C-2000) sản phẩm Corex là kim loại nóng chảy được vận chuyển vào lò thổi oxy, thép lỏng được chuyển qua lò tinh luyện LF, sau đó đúc thổi bằng máy đúc liên tục, tiếp theo cán ra sản phẩm.

$$Corex \rightarrow BOF \rightarrow LF \rightarrow CCM \rightarrow RM$$

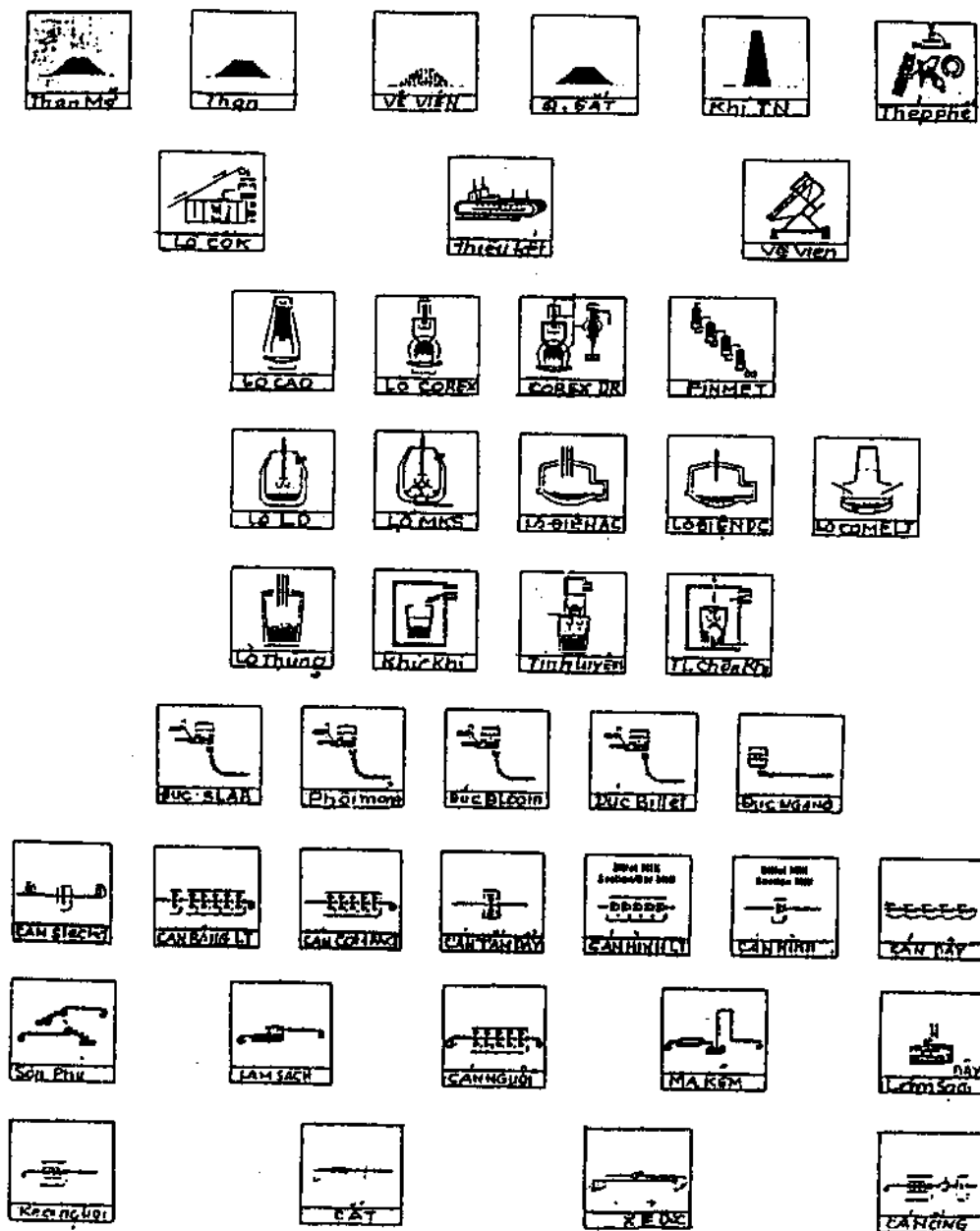
3. Dây chuyển công nghệ đi từ Corex-DR

Corex + DRI → lò điện hồ quang → tinh luyện LF → đúc liên tục → cán thép ra thành phẩm

$$Corex + RRI \rightarrow EAF - \frac{AC}{DC} \rightarrow LF \rightarrow CCM \rightarrow RM$$

4. Dây chuyển công nghệ đi từ thép phế.

$$100\% \text{ thép phế} \rightarrow EAF - \frac{AC}{DC} \rightarrow LF \rightarrow CCM \rightarrow RM$$



Hình IV.7. Khả năng lựa chọn dây chuyền công nghệ.

3.2. CÁC CÔNG ĐOẠN CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT THÉP

3.2.1. Công đoạn luyện thép

Hiện nay trên thế giới chỉ có hai loại lò luyện thép chủ yếu: lò chuyển BOF và lò điện hồ quang EAF – AC/DC. Xu hướng trong thời gian tới, tỷ lệ luyện thép hồ quang sẽ không ngừng tăng lên $\approx 40 + 45\%$. Tùy theo nguồn cung cấp nguyên vật liệu (gang, sắt thép phế, sắt hoàn nguyên trực tiếp, sắt xộp đóng bánh nóng v.v.) mà người ta sử dụng công nghệ lò chuyển hay lò điện hồ quang.

1. Công nghệ lò chuyển BOF (basic oxygen furnace hay còn được gọi là lò L–D (linzdonawite process). Ngày nay lò L–D có dung lượng lớn nhất thế giới là 400 tấn/mẻ. Công nghệ lò L–D kết hợp với công nghệ lò cao (BF), đúc liên tục CCM và cán ra sản phẩm RM (rolling machine hoặc rolling mill) tạo thành một dây chuyền công nghệ truyền thống: $BF \rightarrow BOF \rightarrow CCM \rightarrow RM$ của các nhà máy luyện kim liên hợp có thể sản xuất ra các loại thép chất lượng cao với giá thành cạnh tranh đang chiếm vị trí hàng đầu trong công nghệ luyện thép thế giới.

Các chỉ tiêu KTKT của công nghệ này rất cao.

Ví dụ:

– Dung lượng lò BOF	35 ÷ 400 tấn/mẻ
– Tốc độ thổi oxy	2,5 ÷ 4,5 m ³ /tấn.phút
– Thời gian thổi	13 ÷ 22 phút
– Thời gian luyện một mẻ thép	30 ÷ 60 phút
– Hệ số tận dụng oxy	50 ÷ 70%
– Năng suất lò	55 ÷ 600 tấn/h

Gần đây người ta lắp đặt mẫu xốp ở đáy lò BOF để thổi thêm các khí argon (Ar), nitơ (N₂) hoặc hỗn hợp khí CO₂ + Ar + N₂, cũng có thể thổi 2 ÷ 10% oxy với hydrocacbon, tạo sự khuấy trộn khối kim loại lỏng trong lò thật mãnh liệt, làm cho các phản ứng luyện kim xảy ra nhanh chóng và triệt để.

Trong tương lai gần người ta tăng 50% phế thép vụn và tiến hành phun than bột vào lò.

2. Lò điện hồ quang. Hiện nay người ta đã sử dụng lò điện hồ quang kiểu mới và hiện đại như lò TWS ($\frac{AC}{DC}$ – EAF), lò thân cột SSF (còn gọi Comelt),

FSF và DSF, lò điện hồ quang một chiều siêu công suất v.v. Nhờ biết áp dụng những tiến bộ kỹ thuật mới mà công nghệ lò điện hồ quang luyện thép ngày nay đã đạt được các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật rất tốt, cụ thể:

- Tiêu hao điện năng	350 ÷ 400 kW.h/tấn
- Tiêu hao điện cực	1,10 ÷ 3 kg/tấn
- Tiêu hao oxy nguyên chất	35 ÷ 40 m ³ /tấn
- Tiêu hao vật liệu chịu lửa	5 ÷ 5,5 kg/tấn

Nếu phun thêm than bột $\approx 24 \div 30$ kg/tấn thì tiêu hao điện năng thậm chí giảm xuống còn 300 kW.h/tấn. Với những kết quả nêu ở trên, ngày nay lò điện hồ quang là một thiết bị luyện thép thích hợp, kinh tế và rất linh hoạt đối với các nhà máy Mini có công suất từ 250.000 tấn/năm đến 1.600.000 tấn/năm với nguồn nguyên liệu chính là sắt thép phế và DRI.

3.2.2. Công đoạn tinh luyện thép

Trước đây tất cả các quá trình luyện kim (như khử phospho, cacbon, lưu huỳnh, tạp chất phi kim, các khí có hại N₂, H₂...) đều xảy ra trong cùng một thiết bị luyện thép (lò chuyển hoặc lò điện hồ quang). Vài chục năm lại đây người ta đã tách quá trình luyện kim ra thành hai công đoạn sau: luyện thép sơ cấp được thực hiện trong lò chuyển L-D hoặc lò điện hồ quang. Nhiệm vụ chính của công đoạn này là nấu chảy liệu, khử phospho, khử cacbon và khử một phần lưu huỳnh. Còn luyện thép thứ cấp được thực hiện trong lò thùng không gia nhiệt hoặc trong lò điện thùng có gia nhiệt (LF $\frac{AC}{DC}$ - EAF), trong lò chân không, hoặc trong thùng rót đặt vào buồng chân không ($P_{ck} = 10^{-2} \div 10^{-3}$ mmHg). Mục đích của công đoạn này là làm đồng đều thành phần hoá học (nhất là các nguyên tố hợp kim), khử triệt để lưu huỳnh, khử cacbon theo yêu cầu kỹ thuật, khử khí có hại như N₂, H₂..., điều chỉnh thành phần và nhiệt độ của mác thép hết sức chính xác.

Hiện nay người ta dùng phổ biến loại lò điện thùng (LF - AC - EAF) để tinh luyện với khối lượng thép lỏng khá lớn 80 ÷ 200 tấn/mẻ. Lò LF - ($\frac{AC}{DC}$ - EAF) ladle furnace có hình dạng như thùng rót thép, có tỷ lệ đường kính lò và chiều cao lò $\frac{D_L}{H_L} = 1,5 \div 2$ (đối với lò điện hồ quang nấu thép xoay chiều ≤ 50

tấn/mẻ có $\frac{D_L}{H_L} = 4 \div 7$), có dung lượng lò tương đương với dung lượng lò hồ quang luyện thép EAF - $\frac{AC}{DC}$, dung lượng biến áp $15 \div 22$ MVA.

Các chỉ tiêu kỹ thuật của lò LF ($EAF - \frac{AC}{DC}$)

- Thời gian tinh luyện thép trong lò $15 \div 30$ phút.
- Thời gian hợp kim hoá thép trong lò LF là $5 \div 10$ phút.
- Tiêu hao điện năng $40 \div 50$ kW.h/tấn

Ngoài ra, ở hông lò LF người ta có đặt các tuye để thổi các chất khử hoặc hỗn hợp khử như cacbua canxi (CaC_2), bột than, bột silico..., hoặc hỗn hợp bột vôi + CaF_2 + bột nhôm với khí Ar và áp suất thổi $3 \div 4$ at.

Có thể nói rằng nhờ công nghệ luyện kim thứ cấp mà ngày nay chúng ta có thể sản xuất được các loại thép đạt chất lượng cao với giá thành chấp nhận được. Chính vì vậy mà công nghệ luyện kim thứ cấp đã trở thành một công đoạn công nghệ quan trọng không thể thiếu được trong các nhà máy luyện kim hiện đại.

3.2.3. Công đoạn đúc phôi thép liên tục

Trải qua hơn 50 năm phát triển, công nghệ đúc thổi liên tục ngày nay đã và đang được áp dụng rộng rãi ở tất cả các nhà máy luyện kim trên thế giới. Tỷ lệ đúc liên tục ở các nước phát triển lên tới $70 \div 80\%$. Người ta đã chế tạo được nhiều loại máy đúc liên tục với công suất lớn và với số lượng dòng đúc lớn lên 8 dòng.

Trong những năm gần đây, thành tựu nổi bật nhất trong công nghệ đúc liên tục là công nghệ đúc phôi dẹt mỏng của Công ty Schloemann Siemag. Trước đây để cán thép tấm người ta phải đúc phôi dẹt dày $200 \div 250$ mm. Ngày nay nhờ hoàn thiện thiết bị đúc mà người ta có thể đúc phôi dẹt với độ dày $50 \div 60$ mm mà vẫn cán ra được tấm thép mỏng với chất lượng cao.

Hiện nay trên thế giới có rất nhiều máy đúc - cán liên tục theo công nghệ đúc phôi dẹt mỏng. Nhờ có công nghệ này mà các nhà máy đúc - cán liên tục trở nên rất gọn. Khoảng cách từ máy đúc liên tục đến máy cuộn sản phẩm thép tấm mỏng ≈ 1 mm chỉ là 180 m.

Công ty Schloemann Siemag A.G đã đưa ra các công nghệ đúc liên tục phối có hình dạng gần giống với thành phẩm, nhờ đó đã rút ngắn được rất nhiều công đoạn công nghệ cán đường ray và dầm lớn.

3.2.4. Công nghệ cán

Công nghệ cán được chia ra công nghệ cán nóng và công nghệ cán nguội.

1. Cán nóng có các loại hình và thiết bị như sau:

- Cán thép dây cuộn,
- Cán thép thanh và hình nhỏ,
- Cán thép hình vừa và lớn,
- Cán thép hình nặng và ray,
- Cán thép ống không hàn,
- Cán thép tấm dày,
- Cán thép băng cuộn nóng (rộng hoặc hẹp),
- Cán thép lá mỏng.

Thiết bị được bố trí theo sơ đồ công nghệ cán gián đoạn (đào chiều bằng giá cán 2 trục, 3 trục hoặc 4 trục), cán bán liên tục và cán liên tục tùy theo công suất lựa chọn cho mỗi dây chuyền sản xuất. Công nghệ cán liên tục thường cho năng suất lớn nhất, chất lượng sản phẩm tốt nhất và thiết bị hiện đại hơn cả, song đầu tư đắt tiền nhất.

Công nghệ cán nguội có các sản phẩm và thiết bị sau đây:

- Cán nguội thép băng dải hẹp,
- Cán nguội thép băng rộng,
- Cán nguội thép băng cực mỏng,
- Cán nguội thép đặc biệt.

2. Công nghệ cán nguội chủ yếu dùng để gia công thép lá mỏng và cực mỏng, dạng băng cuộn từ phối lá thép băng cuộn cán nóng dày từ 1 mm trở lên. Thiết bị sử dụng là các giá cán 4 trục, 6 trục, máy cán hàng hình 12 trục, 20 trục..., được bố trí theo sơ đồ công nghệ cán gián đoạn (cán đào chiều 1 hoặc 2 giá cán nối tiếp nhau), cán liên tục (4 hoặc 7 giá cán được đặt liên tiếp).

Sản phẩm cán nguội được sử dụng trực tiếp hoặc dùng làm phôi để gia công tiếp tục.

Ví dụ: như tráng mạ, sơn phủ, cuộn sóng, uốn hình, hàn ống thành mỏng tiết diện tròn hoặc dị hình.

Ngoài ra, còn một dạng gia công nóng nữa là ép đùn, có thể thay thế cho cán nóng để sản xuất hàng với khối lượng ít như các loại thép hình nhỏ, ống...

Kéo nguội qua khuôn chủ yếu để sản xuất dây thép cỡ nhỏ phục vụ sản xuất cáp, thanh, dây buộc, đan lưới v.v. và sản xuất calip có định hình chính xác dùng trong chế tạo cơ khí, hàng quy chế...

Chương 4

DÂY CHUYỀN CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT THÉP CỦA CÁC NHÀ MÁY LUYỆN KIM LIÊN HỢP TẠI MỘT SỐ QUỐC GIA TRÊN THẾ GIỚI

4.1. NHÀ MÁY THURINGEN (THỔ NHĨ KỲ)

Nhà máy Thuringen đã được xây dựng vào năm 1995 với sản lượng thép cán phôi xà, dầm 660.000 tấn/năm.

Dây chuyền công nghệ: 100% phế thép → lò điện hồ quang EAF – DC → tinh luyện LF (AC – EAF) → đúc liên tục → cán nóng sản phẩm.

– Công đoạn nấu và tinh luyện thép: một lò điện hồ quang EAF – DC với dung lượng lò 120 tấn thép lỏng/mẻ, dung lượng biến áp lò 100 MVA; 1 lò thùng LF (AC – EAF) với dung lượng 120 tấn/mẻ, dung lượng biến áp lò 20 MVA.

– Công đoạn đúc phôi liên tục (CCM) và cán nóng: 1 máy đúc liên tục 4 dòng phôi dẹt, sau đó đưa phôi vào lò nung để nung lại phôi chuẩn bị cho máy cán, tiếp theo đưa phôi nung lại vào máy cán nóng ra phôi xà, dầm theo kích thước yêu cầu (xem hình IV.8).

4.2. NHÀ MÁY KRAKATAU (THỔ NHĨ KỲ)

Nhà máy Krakatau đã được xây dựng vào năm 1994 với sản lượng thép tấm cán 800.000 tấn/năm. Dây chuyền công nghệ sản xuất thép hợp kim không gỉ gồm: 100% phế thép sạch, chất lượng tốt được chất vào 2 lò điện hồ quang EAF – AC với dung lượng mỗi lò 140 tấn/mẻ, dung lượng biến áp lò là 93,5 MVA, sản xuất được 820.000 tấn thép lỏng/năm. Thép lỏng của hai lò điện lần lượt được đưa vào tinh luyện và hợp kim hoá trong lò điện thùng LF (AC – EAF) với dung lượng lò 140 tấn/mẻ, dung lượng biến áp 22 MVA (tiến hành tinh luyện lần 1), tiếp theo đưa thép lỏng vào tinh luyện lần 2 để khử triet để khí có hại

nito, hydro và giảm hàm lượng cacbon xuống $0,03 \div 0,05\%C$ ở trong thiết bị chân không (thùng chứa thép lỏng có 2 dòng thép lỏng chảy đối lưu trong buồng chân không RH – T0b). Sau đó đưa thép lỏng vào máy đúc liên tục đúc phôi dẹt có kích thước $200 \times 800 \div 1400$ mm, với công suất máy đúc 806.000 tấn/năm, tiếp theo đưa phôi dẹt vào máy cán nóng tạo ra sản phẩm thép lá, tấm, hình... (xem hình IV.9).

4.3. NHÀ MÁY HADEED (THỔ NHỈ KỲ)

Nhà máy Hadeed đã được xây dựng vào năm 1982, đạt sản lượng thép cán 850.000 tấn/năm. Hiện nay (năm 1998) sản lượng thép lên tới 2.400.000 tấn/năm. Sản phẩm cán đa dạng: thép thanh, dầm, xà $\approx 1.100.000$ tấn/năm, thép thanh nhỏ, phôi vuông, phẳng ≈ 660.000 tấn/năm và thép thanh mỏng, thép dây... ≈ 700.000 tấn/năm.

Dây chuyền công nghệ sản xuất thép dựa trên cơ sở liệu gồm 80% DRI + 20% phế thép, cụ thể: 2.080.000 tấn/năm DRI + 520.000 tấn/năm thép phế được chất vào 2 lò điện hồ quang EAF – AC với dung lượng mỗi lò 200 tấn/mẻ, dung lượng biến áp 150 MVA. Sản lượng thép lỏng đạt 2.500.000 tấn/năm tiếp theo đưa thép lỏng vào lò LF (AC-EAF) để tinh luyện, dung lượng lò LF 200 tấn/mẻ. Sau khi tinh luyện xong đưa thép lỏng vào máy đúc liên tục 4 dòng, đúc phôi vuông với công suất của máy đúc liên tục là 2.510.000 tấn/năm, sau đó đưa phôi vào máy cán nóng và nguội. Cán nóng tạo ra sản phẩm dài (thanh, dầm), còn cán nguội tạo ra sản phẩm thanh nhỏ, mỏng và kéo ra dây thép (hình IV.10).

4.4. NHÀ MÁY JINDAL (ẤN ĐỘ)

Nhà máy Jindal đã được xây dựng vào năm 1997 với sản lượng thép cán tấm là 1.250.000 tấn/năm. Dây chuyền công nghệ: Corex – kim loại nóng chảy + ít phế thép sạch $\approx 1.280.000$ tấn/năm. Sản phẩm Corex – kim loại nóng chảy còn chứa hàm lượng lưu huỳnh cao cho nên cần phải xử lý khử lưu huỳnh trước rồi mới chất vào lò thổi BOF với dung lượng 120 tấn thép lỏng/mẻ. Người ta bố trí 2 lò BOF, 2 lò thay nhau thổi luyện. Sau khi nấu luyện thép trong lò thổi oxy

(BOF) khoảng 45 phút, người ta vận chuyển và chất vào lò thùng LF để tinh luyện, dung lượng lò thùng LF là 120 tấn/mẻ, dung lượng biến áp 20 MVA. Sau đó đưa thép lỏng vào máy đúc liên tục 4 dòng đúc ra phôi dẹt, tiếp theo đưa phôi vào cán nóng, cán ra sản phẩm thép lá cuộn (xem hình IV.11).

4.5. NHÀ MÁY SALDANHA BAY (NAM PHI)

Nhà máy Saldanha Bay đã được xây dựng vào năm 1995 với sản lượng thép lá cán nóng có độ dày 1 mm là 1.230.000 tấn/năm.

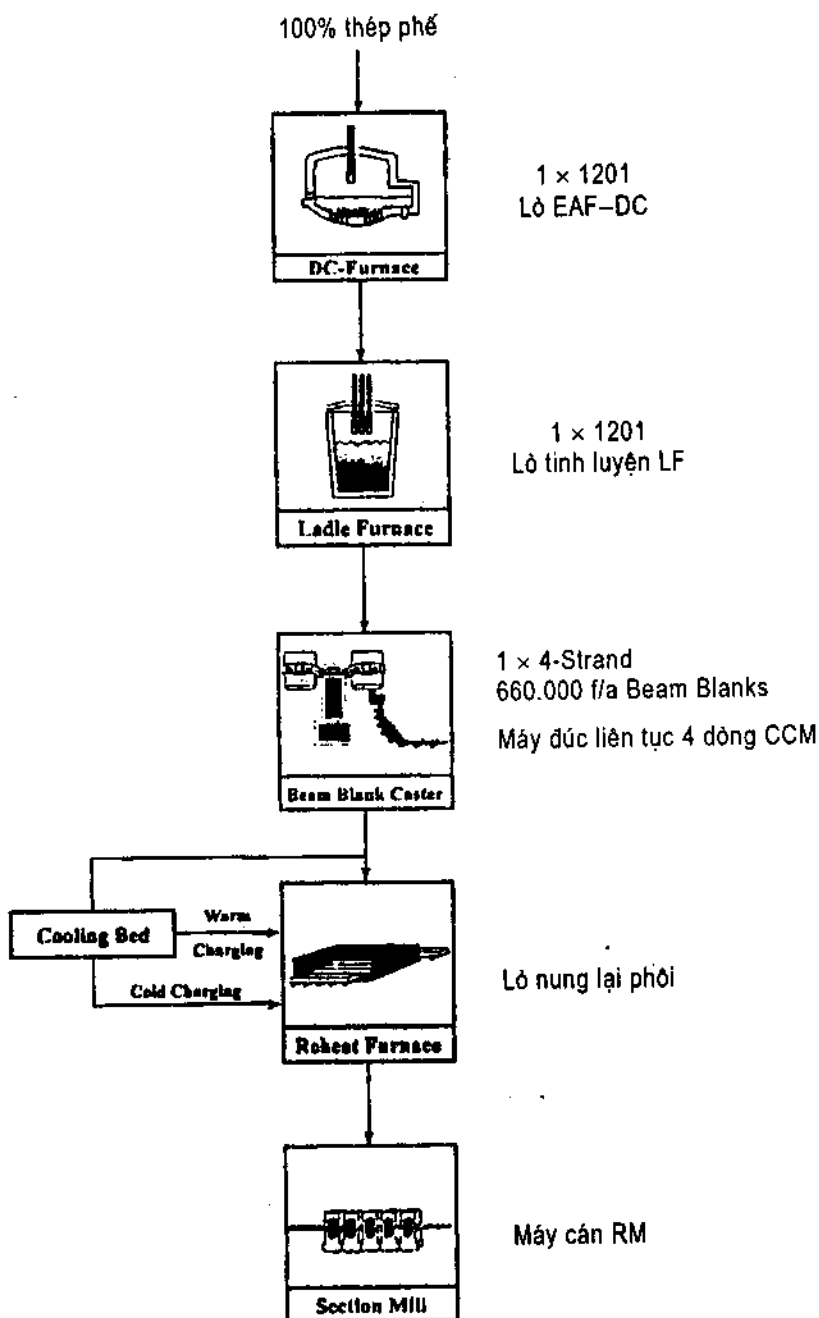
Dây chuyền công nghệ:

Corex + DRI 650.000 tấn + 800.000 tấn → lò điện TWS – DC – EAF với sản lượng thép lỏng $\approx 1.300.000$ tấn/năm → sau đó đem thép lỏng vào tinh luyện trong lò LF kiểu TWS AC – EAF → đúc liên tục tạo phôi tấm mỏng và cán nóng ra sản phẩm thép lá cuộn (xem hình IV.12).

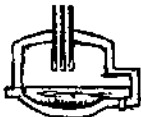
4.6. NHÀ MÁY HANBO (HÀN QUỐC)

Nhà máy Hanbo đã được xây dựng vào năm 1997 với sản lượng thép lá cuộn 2.000.000 tấn/năm.

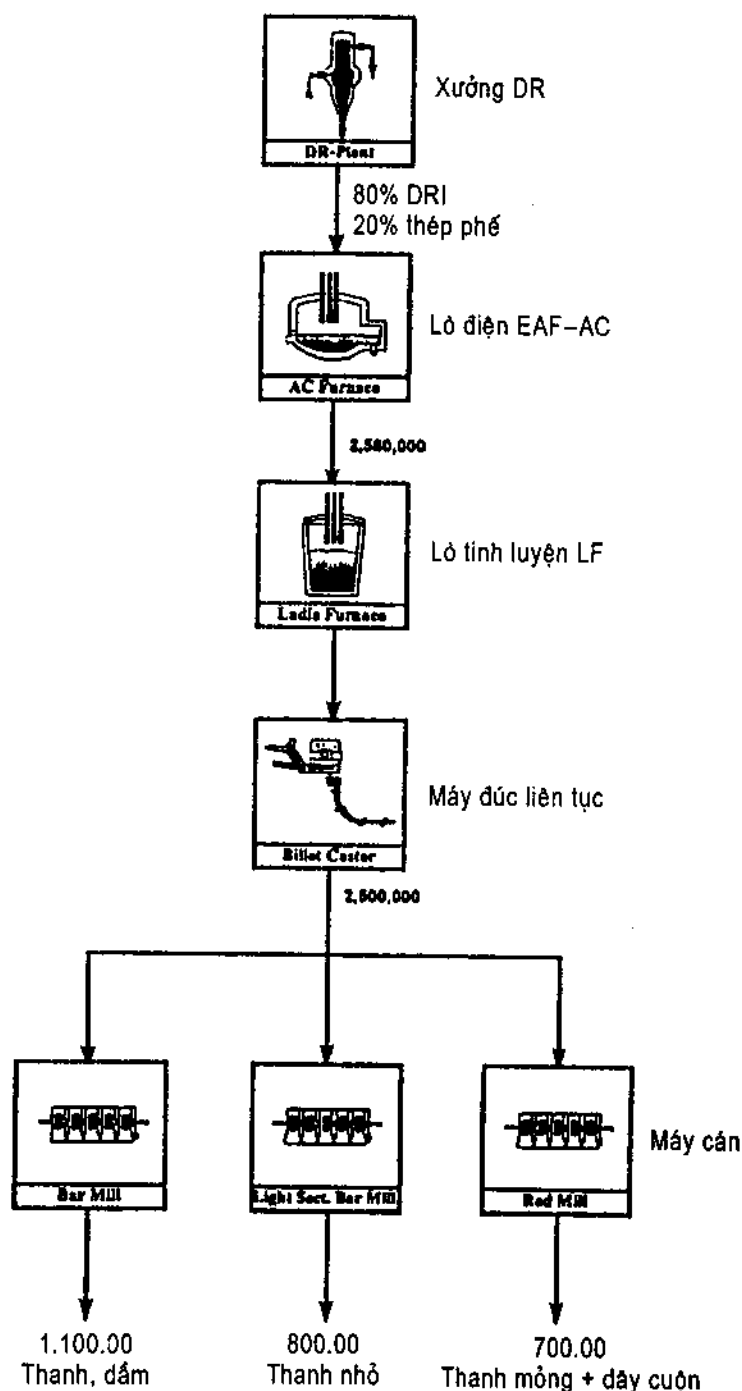
Dây chuyền công nghệ: Corex + DRI → lò điện TWS – DC – EAF số lượng 2 lò, dung lượng mỗi lò 200 tấn/mẻ, dung lượng biến áp lò 120 MVA → tinh luyện thép lỏng trong lò LF (200 tấn $\times$ 2 lò), dung lượng biến áp 25 MVA → 2 thiết bị tinh luyện RH – Tob 200 tấn/mẻ → tiếp theo đưa thép lỏng vào hai máy đúc liên tục, đúc phôi dẹt với độ dày 210 mm. Hai máy đúc liên tục kiểu cong, 2 dòng/một máy với công suất chung là 2.150.000 tấn/năm và cuối cùng đưa phôi vào các loại máy cán nóng liên tục 6 trục, cán ra thép lá mỏng 1,6 ÷ 6 mm, chiều rộng 800 ÷ 1890 mm, tiếp theo đưa phôi cán nóng vào máy cán liên tục 6 dàn, mỗi dàn 4 trục, cán ra sản phẩm thép lá mỏng có độ dày 0,25 ÷ 3,2 mm (xem hình IV.13).



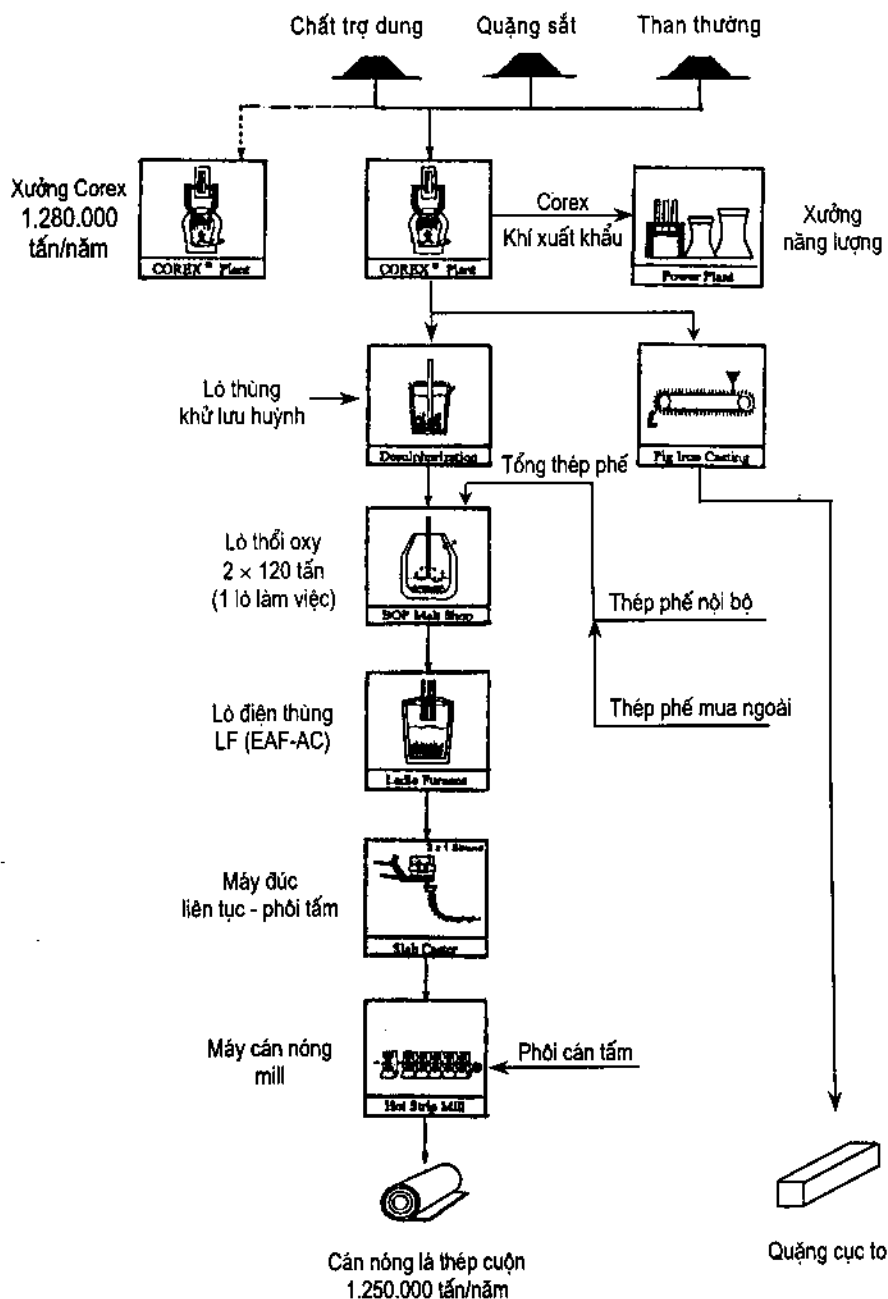
Hình IV.8. Sơ đồ Nhà máy Thép THURINGEN (Thổ Nhĩ Kỳ).

Nhà máy	Đặc tính kỹ thuật	Sản lượng (t/năm)
 Electric Arc Furnace	Lò điện hồ quang EAF – AC (EBT)	Thép lỏng 820.000
 Secondary Metallurgy	Lò điện thùng LF 140 tấn/22MVA (tinh luyện lần 1)	Thép lỏng 825.000
 Secondary Metallurgy	Lò chân không RH 140 tấn/65 tấn (tinh luyện lần 2)	Thép lỏng 444.000
 Continuous Casting	Máy đúc liên tục 1 dòng, đúc tấm KT: 200×800 ÷ 1400 mm	Phôi tấm 806.000
 Slab Finishing	Nơi phân loại sản phẩm tấm thép cán	Thép tấm 800.000
 Integration Facilities	– Thép phế cán – Thiết bị, dụng cụ làm việc – Làm sạch khí – Phân loại sản phẩm	

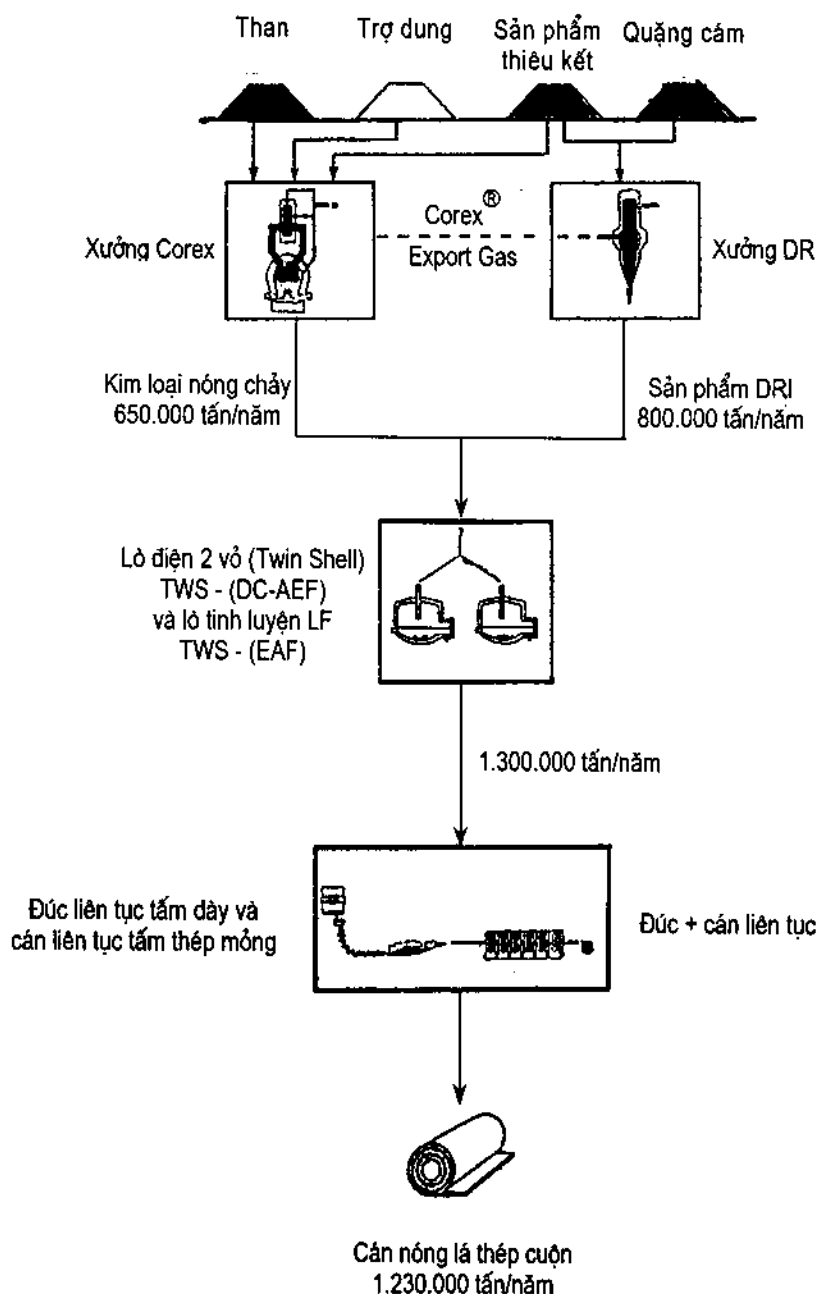
Hình IV.9. Nhà máy Thép KRAKATAU (Thổ Nhĩ Kỳ).



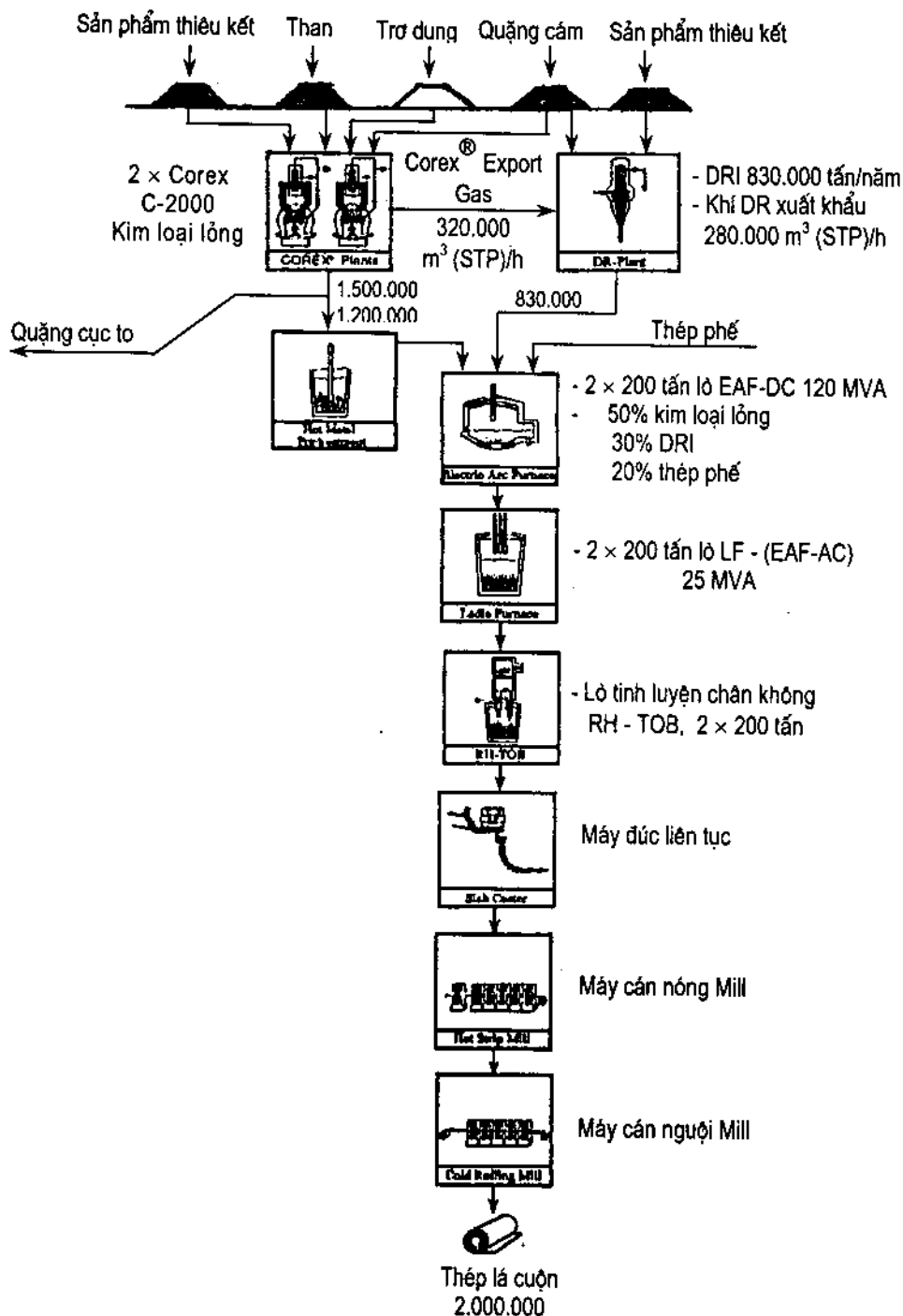
Hình IV.10. Sơ đồ Nhà máy Thép HADEED (Thổ Nhĩ Kỳ).



Hình IV.11. Sơ đồ Nhà máy Thép JINDAL (Ấn Độ).



Hình IV.12. Nhà máy Thép SALDANHA (Nam Phi).



Hình IV.13. Nhà máy Thép HANBO của tập đoàn sản xuất thép N^o3 (Hàn Quốc).

LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN SẢN XUẤT THÉP

Lựa chọn phương án công nghệ sản xuất thép phải dựa theo các nguyên tắc sau đây:

- Phương án công nghệ được lựa chọn phải thực sự ổn định về mặt kỹ thuật và được thực tế sản xuất chứng minh rõ ràng và phải được sử dụng trong một thời gian dài vài chục năm.

- Quy mô sản xuất có hiệu quả không được quá lớn hoặc quá nhỏ để cho vốn đầu tư và phân bố nhà máy được hợp lý.

- Sản phẩm sản xuất ra đảm bảo chất lượng cao, hiệu quả kinh tế tốt, đủ sức cạnh tranh trên thị trường trong và ngoài nước.

- Công nghệ lựa chọn không đòi hỏi phải có đủ nguyên nhiên liệu trong nước, có thể nhập thứ ta thiếu miễn là đáp ứng được ba yếu tố trên.

Khả năng lựa chọn dây chuyền công nghệ phải dựa theo các điều kiện cơ bản sau:

- Nguồn cung cấp nguyên vật liệu, nhiên liệu.

- Công suất nhà máy và quy mô sản xuất.

- Mật hàng thép cán thành phẩm.

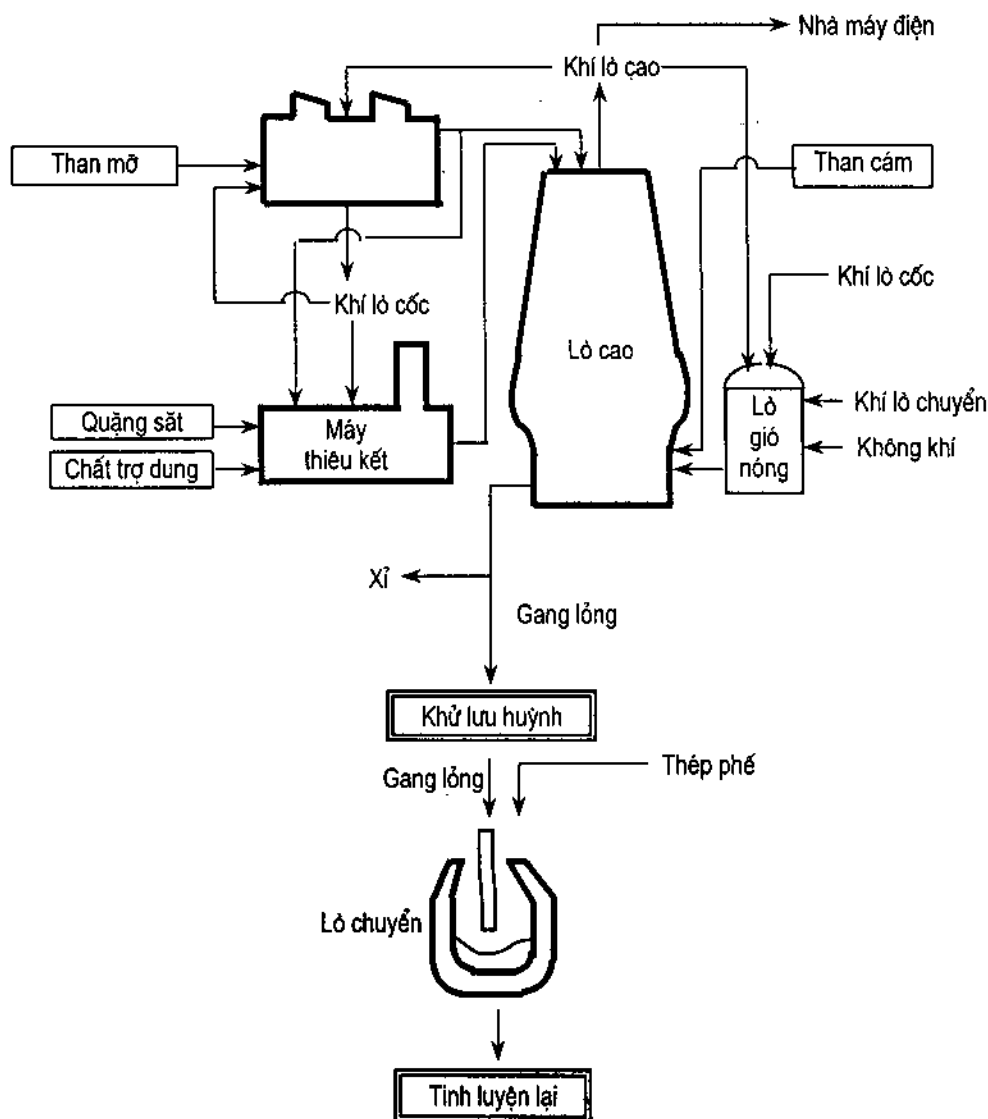
- Vốn đầu tư xây dựng nhà máy.

Phân tích một số điểm chính của các dây chuyền công nghệ sản xuất thép:

5.1. DÂY CHUYỀN CÔNG NGHỆ TRÊN CƠ SỞ Lò CAO

Lò cao $\rightarrow$ lò L-D $\rightarrow$ đúc liên tục $\rightarrow$ Cán.

Đặc điểm của lò cao là quá trình xảy ra liên tục, nguyên lý cấu tạo lò đứng: khí và liệu vận chuyển ngược chiều nhau nên hiệu quả truyền nhiệt trong lò tốt, mặt khác khả năng tận dụng cacbon trong lò thấp ($40 \div 60\%$). Vì vậy khí lò thoát ra chủ yếu là CO, do đó tận dụng được hoá năng của khí và khói lò tốt. Ngoài ra, lò cao là thiết bị lớn, chu kỳ tuổi thọ lò cao ($10 \div 20$ năm), có thể luyện được $20 \div 40$ triệu tấn gang trong chu kỳ tuổi thọ, phun bắn chất độc hại vào môi trường khí quyển ít.



Hình IV.14. Sơ đồ công nghệ lò cao BF và lò thổi BOF → tinh luyện.

Hiện nay kỹ thuật sản xuất gang trong lò cao đã đạt được đỉnh cao về trình độ công nghệ ổn định và hoàn hảo. tuy vậy người ta vẫn thực hiện biện pháp cường hoá quá trình luyện gang hoàn chỉnh hơn như giảm tiêu hao cốc, thổi khí thiên nhiên, dầu mazut hoặc phun than bột vào lò, sử dụng gió giàu oxy, sử dụng triệt để khí lò cao để làm nhiên liệu cho các lò luyện kim khác, nhằm nâng cao hơn nữa các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật. Theo đây chuyên công nghệ này thì sản lượng thép hàng năm đạt $3.000.000 \div 6.000.000$ tấn/năm (xem hình IV.14).

5.2. DÂY CHUYỀN SẢN XUẤT THÉP TRÊN CƠ SỞ COREX

Corex $\rightarrow$ BOF $\rightarrow$ LF $\rightarrow$ CCM $\rightarrow$ BM

Phương án này có ưu thế hơn phương án lò cao là:

- Không cần nhập than mỡ
- Không cần xây dựng lò luyện cốc, nên giảm được vốn đầu tư
- Bảo vệ môi trường tốt

Tuy nhiên, phương án này có nhược điểm là tính ổn định về kỹ thuật chưa cao (phương pháp Corex mới được ra đời), mặt khác, mặc dầu không cần than mỡ để sản xuất cốc, nhưng vẫn cần than có chất bốc tốt. Vì vậy dây chuyền công nghệ này cũng có nhiều hạn chế về kỹ thuật.

5.3. DÂY CHUYỀN CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT THÉP TRÊN CƠ SỞ SẮT XỐP

Sắt xộp $\rightarrow$ lò điện hồ quang $\rightarrow$ tinh luyện $\rightarrow$ đúc liên tục $\rightarrow$ cán thép.

Trong các phương pháp luyện sắt xộp trên thế giới hiện nay dùng phổ biến nhất là phương pháp lò đứng Midrex, gần 2/3 tổng sản lượng sắt xộp được sản xuất bằng phương pháp này.

Các yêu cầu kỹ thuật như sau:

- Sử dụng quặng sắt cực tốt ($\text{Fe} > 60\%$) để luyện sắt xộp.
- Dùng khí hoàn nguyên rất sạch để hoàn nguyên sắt (Fe) trong quặng.
- Sử dụng năng lượng điện để luyện thép.

Đối với một số nước trên thế giới do thiếu nguồn sắt thép phế đã dùng sắt xộp làm nguyên liệu chính để nấu luyện thép trong lò hồ quang, nhưng đối với

Việt Nam thì việc sản xuất sắt xấp xỉ và sử dụng để nấu luyện thép ở lò điện hồ quang là hoàn toàn mới mẻ, có nhiều khó khăn trong kỹ thuật.

5.4. DÂY CHUYỀN CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT THÉP TRÊN CƠ SỞ SẮT THÉP PHẾ

Sắt thép phế → lò EAF → LF → CCM → RM (hình IV.16).

Thực tế sản xuất thép ở trong nước theo dây chuyền công nghệ này cho chúng ta thấy khi nguồn thép phế dồi dào, chất lượng tốt, giá rẻ thì lò điện hồ quang luyện thép mang lại những hiệu quả rõ rệt, nhưng khi nguồn thép phế cạn dần thì sự mất cân đối lập tức xuất hiện: năng lực của các lò điện hiện có không được phát huy. Do đó phải nghiên cứu các phương án thực nghiệm để thay một phần thép phế bằng gang lỏng luyện thép. Gang được sản xuất ở lò cao của nước ta có thành phần hoá học tương đối ổn định, đặc biệt hàm lượng phospho [P] và lưu huỳnh [S] thấp ($[P] = 0,05 \div 0,06\%$, $[S] \leq 0,04\%$), vì vậy có thể sử dụng khoảng 40 ÷ 50% gang lỏng trong phối liệu (công ty gang thép Thái Nguyên đã thực nghiệm phương án này và thu được kết quả khả quan). Đây là một vấn đề kỹ thuật chủ yếu để giảm lượng thép phế phải nhập từ nước ngoài và đồng thời tăng năng suất lò điện lên cao, giảm các chỉ tiêu tiêu hao trong sản xuất và hạ giá thành thép thành phẩm.

5.5. KẾT LUẬN

Qua việc phân tích đánh giá các dây chuyền công nghệ sản xuất thép được nêu ở trên cho chúng ta thấy: Việt Nam từ nay đến 2010 muốn đạt được sản lượng thép theo yêu cầu phù hợp với điều kiện tài nguyên và kinh tế của đất nước, phù hợp với trào lưu thế giới thì nên chọn dây chuyền công nghệ sản xuất thép theo công nghệ truyền thống: lò cao → lò L-D → đúc liên tục → cán.

- Phương án này cho sản lượng thép đúng yêu cầu.
- Quặng sắt và các chất phụ gia khác đủ dùng cho sự phát triển lâu dài.
- Nhiên liệu: tuy thiếu than mỡ nhưng ta có thể nhập được.

- Kỹ thuật: công nghệ lò cao là công nghệ ổn định. Công ty Gang thép Thái Nguyên đã có > 30 năm kinh nghiệm vận hành lò cao do đó nếu có đầu tư về trang thiết bị thì công nghệ lò cao sẽ thắng lợi.

– Kinh tế: Mặt hàng thép của Việt Nam hiện nay và cho tới năm 2010 chủ yếu vẫn là thép xây dựng. Việc sản xuất thép xây dựng theo công nghệ lò thổi oxy (L–D) so với công nghệ lò điện có nhiều ưu điểm hơn là:

- * Giá thành một tấn thép thoi hạ hơn.
- * Năng suất lò L–D cao hơn so với lò điện.
- * Phù hợp với xu thế phát triển sản xuất thép hiện nay của thế giới.

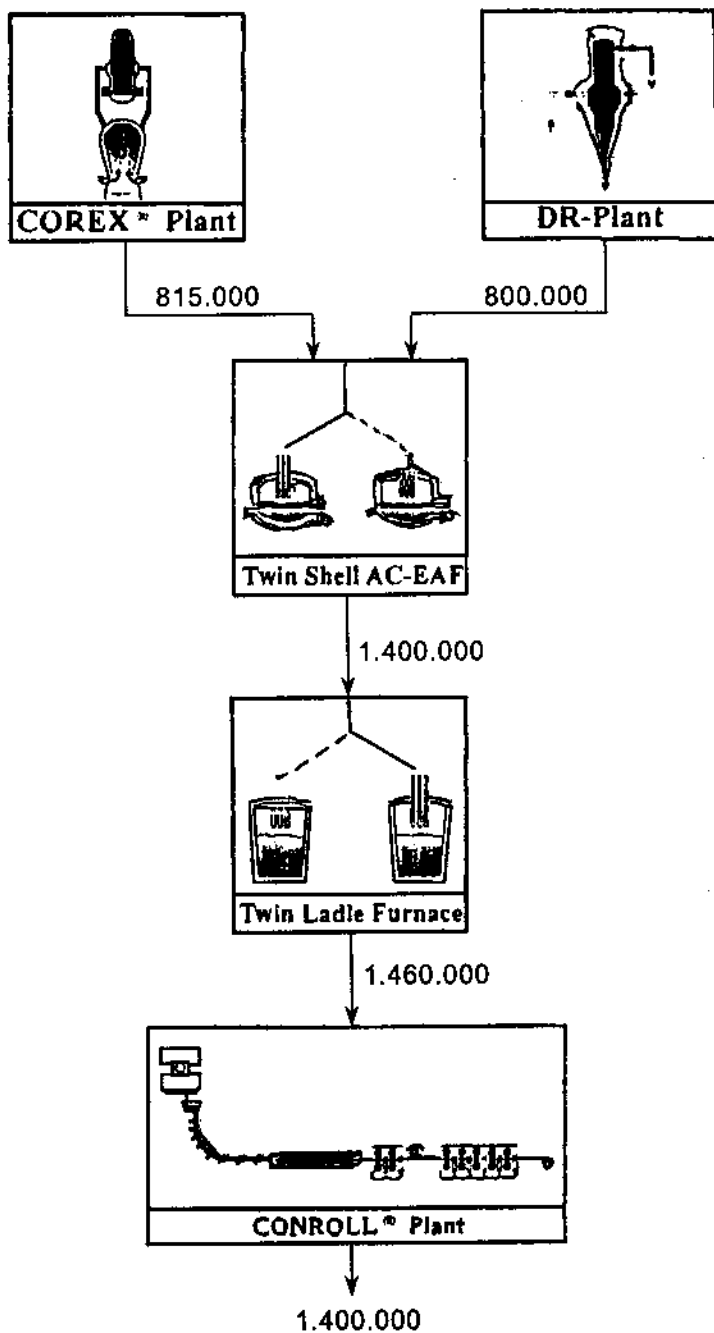
– Môi trường sinh thái: Trong công nghệ sản xuất thép lò L–D vấn đề đáng lưu tâm là bụi. Với lượng bụi khoảng $20 \div 30 \text{ g/m}^3$, nếu thải trực tiếp ra ngoài trời sẽ gây ô nhiễm môi trường sinh thái. Khí thải L–D không độc vì thành phần chủ yếu là $\text{CO}_2 = 21,8\%$; $\text{N}_2 = 69,5\%$, $\text{O}_2 = 8,7\%$. Ảnh hưởng đến môi trường sinh thái chủ yếu là do bụi, vì vậy trong bố trí dây chuyền phải có hệ thống hút và lọc bụi.

Qua việc phân tích đánh giá các dây chuyền công nghệ sản xuất thép được nêu ở trên cho ta thấy: Việt Nam từ nay đến năm 2010 muốn đạt được sản lượng thép theo yêu cầu, phù hợp với điều kiện tài nguyên và kinh tế của đất nước, phù hợp với trào lưu thế giới thì nên chọn dây chuyền công nghệ sản xuất thép theo công nghệ truyền thống:

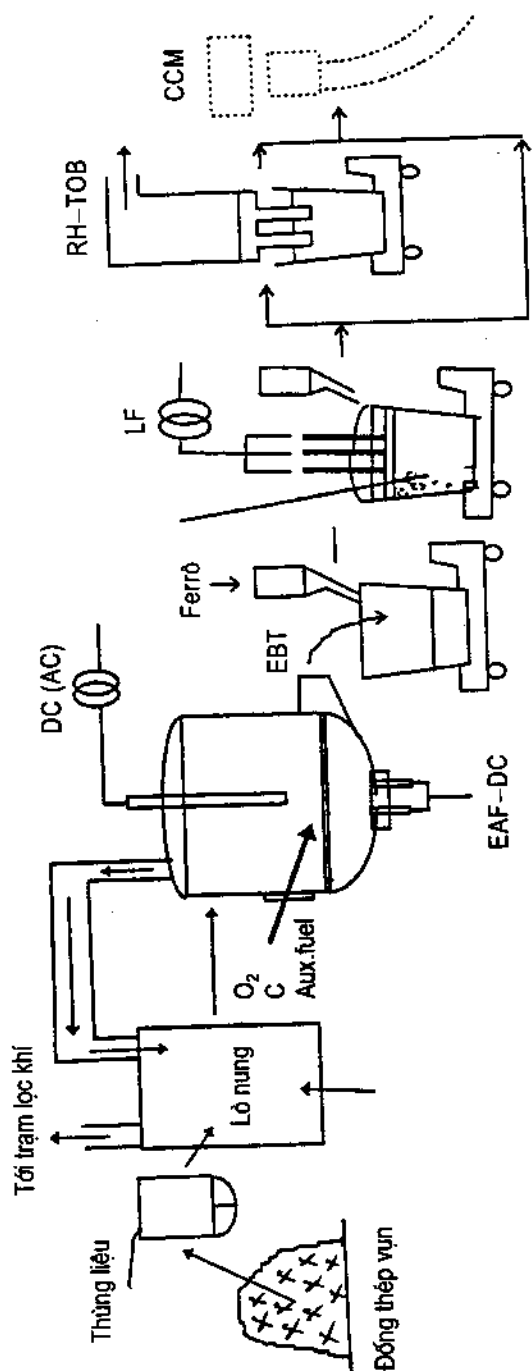
Lò cao $\rightarrow$ lò L–D $\rightarrow$ tinh luyện $\rightarrow$ đúc liên tục $\rightarrow$ cán thành phẩm (hình IV.14).

BF $\rightarrow$ BOF $\rightarrow$ LF(AC–EAF) $\rightarrow$ CCM $\rightarrow$ RM.

Ngoài dây chuyền công nghệ truyền thống trên, cần tham khảo nghiên cứu dây chuyền công nghệ luyện thép trên cơ sở Corex + DRI (hình IV.15) và dây chuyền công nghệ dựa trên cơ sở sắt thép phế (hình IV.16).



Hình IV.15. Dây chuyền sản xuất thép trên cơ sở
Corex + DRI → EAF → LF → CCM + RM.



Hình IV.16. Sơ đồ công nghệ sản xuất thép trên cơ sở

Sắt thép phế + lò điện + tinh luyện + đúc liên tục

(100% phế thép → nung liệu trước → lò điện EAF – DC/AC → hợp kim → tinh luyện LF (EAF – AC) → tinh luyện trong chân không → đúc liên tục).

KẾ HOẠCH DỰ KIẾN SẢN XUẤT THÉP Ở TRONG NƯỚC TỪ NĂM 1996 ĐẾN 2020

6.1. KẾ HOẠCH

Để tăng sản lượng phối thép cung cấp cho các nhà máy cán hiện tại và trong tương lai, cần thiết phải xây dựng một số nhà máy mới: nhà máy sản xuất phối thép 500.000 tấn/năm bằng phế thép nhập khẩu; nhà máy này sẽ được xây dựng ở Cái Lân; nhà máy sản xuất phối thép 500.000 tấn/năm sẽ được xây dựng ở Vũng Tàu; ngoài ra JICA đề xuất xây dựng khu liên hợp luyện kim 1.500.000 tấn/năm ÷ 3.000.000 tấn/năm sản xuất thép từ quặng sắt Việt Nam (theo công nghệ truyền thống đã được lựa chọn trước); nhà máy sẽ được xây dựng ở miền Trung (gần quặng Thạch Khê). Nhà máy này sẽ được xây dựng vào 2010 bao gồm 3 lò thổi oxy × 200 tấn/mẻ ÷ 250 tấn/mẻ, hai máy đúc liên tục phối vuông 150×150 mm kiểu cong × 4 dòng, một máy đúc liên tục phối dẹt dày 200 ÷ 250 mm kiểu cong × 1 dòng và 1 máy đúc liên tục phối dẹt dày 200 ÷ 250 mm kiểu cong × 2 dòng.

Kế hoạch xây dựng nhà máy liên hợp được chia làm hai giai đoạn:

– Giai đoạn I: Bắt đầu xây dựng vào năm 2010 bao gồm hai lò thổi oxy 150 ÷ 220 tấn/mẻ, một máy đúc liên tục phối dẹt × 1 dòng, hai máy đúc liên tục phối vuông × 4 dòng (xem hình IV.17 và IV.18).

– Giai đoạn II: Lắp đặt bổ sung một lò thổi oxy 150 ÷ 220 tấn/mẻ, 1 máy đúc liên tục phối dẹt × 2 dòng.

6.2. CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT

Nhà máy được xây dựng theo công nghệ sản xuất thép như sau:

6.2.1. Xử lý gang lỏng

Khử lưu huỳnh bằng cách thổi bột vôi + nhôm, đất đèn (CaC_2).

6.2.2. Luyện thép

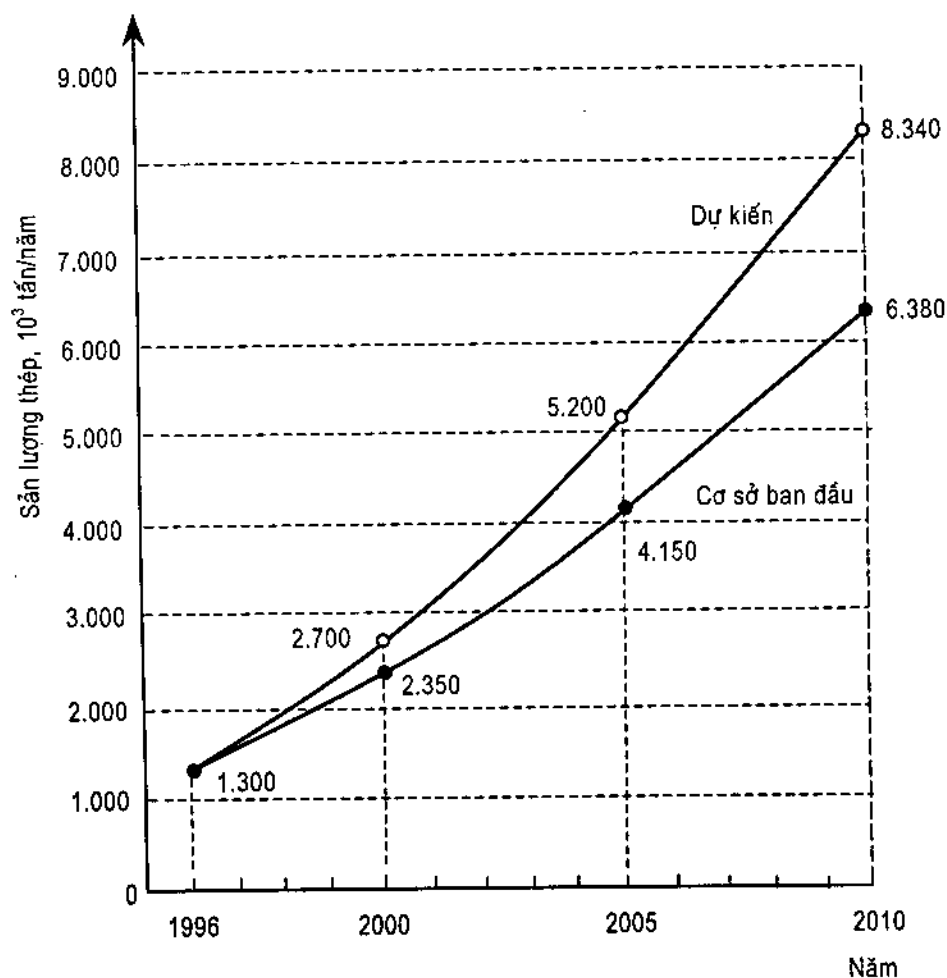
- Nguyên liệu: gang lỏng > 80%, phế thép < 20%.
- Thổi oxy từ bên trên xuống $50 \text{ m}^3/\text{tấn}$.
- Thổi khí Ar, N_2 , CO_2 từ đáy lò lên.
- Xử lý khí thải $80 + 100 \text{ m}^3/\text{tấn}$ gang.
- Đo nhiệt độ, phân tích cacbon, oxy tự do, lấy mẫu kim loại trong suốt thời gian thổi oxy.
- Cho liên tục các chất phụ gia vào lò: vôi, quặng sắt, quặng thiêu kết, huỳnh thạch...
- Nút lỗ ra xỉ: Khi thép lỏng ra hết thì nút lỗ lại để hạn chế xỉ vào thùng đựng thép lỏng.

6.2.3. Tinh luyện ngoài lò

- Nạp ferro hợp kim trong môi trường yếm khí.
- Kiểm tra nhiệt độ.
- Khử khí thể bằng cách thổi khí trơ vào khuấy đảo kim loại và đẩy bọt khí ra khỏi kim loại lỏng.

Chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật:

- Thời gian nấu luyện: $35 + 45$ phút/mẻ.
- Sản lượng thép (giai đoạn I) là $1,5 + 3,0$ triệu tấn thép cán năm (xem hình IV.18).
- Sản lượng thép (Giai đoạn II) là $4,5 + 6,5$ triệu tấn/năm.
- Lưu lượng oxy $30.000 + 70.000 \text{ m}^3/\text{h}$.
- Tiêu hao nguyên vật liệu:
 - + Gang lỏng: $960 \text{ kg/tấn thép lỏng}$
 - + Thép phế: $130 \text{ kg/tấn thép lỏng}$
 - + Oxy thổi vào: $50 \text{ m}^3/\text{tấn}$
 - + Vôi: 60 kg/tấn
 - + Ferro hợp kim: 12 kg/tấn
 - + Các vật liệu khác: 9 kg/tấn



Hình IV.17. Biểu đồ phát triển sản xuất thép ở Việt Nam từ năm 1996 đến 2010 (theo dự án của JICA).

6.2.4. Công nghệ đúc liên tục phôi dẹt (Slab) có ba công nghệ đúc

- Phôi mỏng – cán trực tiếp theo công nghệ TSP.
- Phôi trung bình – Cán trực tiếp theo công nghệ MSP.
- Đúc phôi truyền thống (CVP).

Công nghệ lựa chọn là CVP sản xuất slab có độ dày từ 200 ÷ 250 mm, rộng tùy ý.

Lý do lựa chọn công nghệ CVP là:

- Công suất phù hợp với máy cán.
- Chi phí xây dựng: không lớn hơn nhiều so với công nghệ khác.
- Nhập khẩu: trên thị trường thế giới có sẵn, dễ nhập khẩu Slab nếu làm cán trước, trong khi Slab mỏng và trung bình không có sẵn trên thị trường.
- Chất lượng: Slab dày có chất lượng hơn hẳn các loại Slab khác, đáp ứng được để cán các sản phẩm có chất lượng cao.
- Sử dụng được phôi nguội nung trong lò nung, liên tục, đáy bước, trong khi Slab mỏng và trung bình dùng lò tuynen không thích hợp với phôi nguội.
- Độ dày sản phẩm: thép tấm dày đóng tàu (16 ÷ 20 mm) cán Slab dày gấp 3 ÷ 4 lần độ dày tấm, dùng phôi dày sẽ dễ dàng đáp ứng sản phẩm tấm dày cho đóng tàu.
- Thuận thực công nghệ: Trừ công nghệ CVP chưa có công nghệ mới nào (TSP/MSP) áp dụng được cho quy mô công suất lớn tới 3,5 triệu tấn/năm

6.2.5. Công nghệ cán nóng

Các công nghệ cán phôi mỏng (ISP, CSP), cán phôi trung bình (conroll – VAI, SMI – sumitomo), cán phôi dày truyền thống (CVP) đã được phân tích và đi đến kết luận chọn công nghệ truyền thống do ưu điểm sản xuất được sản phẩm đạt chất lượng cao, mặt hàng nhiều, phạm vi sử dụng rất rộng rãi. Cơ cấu công đoạn, cán bao gồm các dây chuyền dự kiến sau đây:

- Máy cán nóng SHM;
- Máy là phẳng xử lý bề mặt (skinpass) HSPM;
- Dây chuyền cắt nóng HSHL;
- Máy cắt thép tấm dày HPCL;
- Dây chuyền sẽ dọc và cuộn lại HSSL;

Có hai loại máy cán nóng được đưa ra để lựa chọn:

1. Máy cán kết hợp với lò cuộn (compact coil box mill – CBM) có công suất max ~ 3 triệu tấn/năm, chi phí xây dựng thấp hơn kiểu CVM.
2. Máy cán kiểu truyền thống bán liên tục hoặc 3/4 liên tục (CVM): có công suất rất lớn 4 ÷ 6 triệu tấn/năm, chi phí xây dựng cao, nhưng rất thích hợp để sản xuất sản phẩm có mặt hàng rộng, phong phú.

6.2.6. JICA kiến nghị

JICA kiến nghị lựa chọn công nghệ CBM để áp dụng cho nhà máy liên hợp luyện kim lớn sẽ xây dựng với lý do sau:

- Máy cán nóng này dễ ghép nối với công đoạn đầu lò cao / lò thổi oxy có thể sẽ xây dựng sau khi xây dựng xưởng cán nóng.
- Mặt hàng cán nóng có thể phù hợp nhu cầu thị trường Việt Nam. Phôi Slab có thể mua được trên thị trường thế giới. Chất lượng phôi nhập sẽ tốt hơn Slab sản xuất ở các nhà máy Mini bằng sắt thép phế – lò điện.
- Vốn đầu tư không khác nhau nhiều so với các công nghệ mới CSP hay MSP.
- Máy cán có tính cơ động cao, có thể cán từ 1 triệu tấn/năm (giai đoạn đầu) đến 3,0 triệu tấn/năm vào năm 2010 đáp ứng nhu cầu theo từng giai đoạn.

6.3. DỰ KIẾN PHƯƠNG ÁN XÂY DỰNG CÁC DÂY CHUYỀN CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT THÉP LIÊN HỢP Ở TRONG NƯỚC (TỪ 2010)

6.3.1. Phương án dây chuyền công nghệ sản xuất thép liên hợp trên cơ sở lò cao → lò thổi oxy

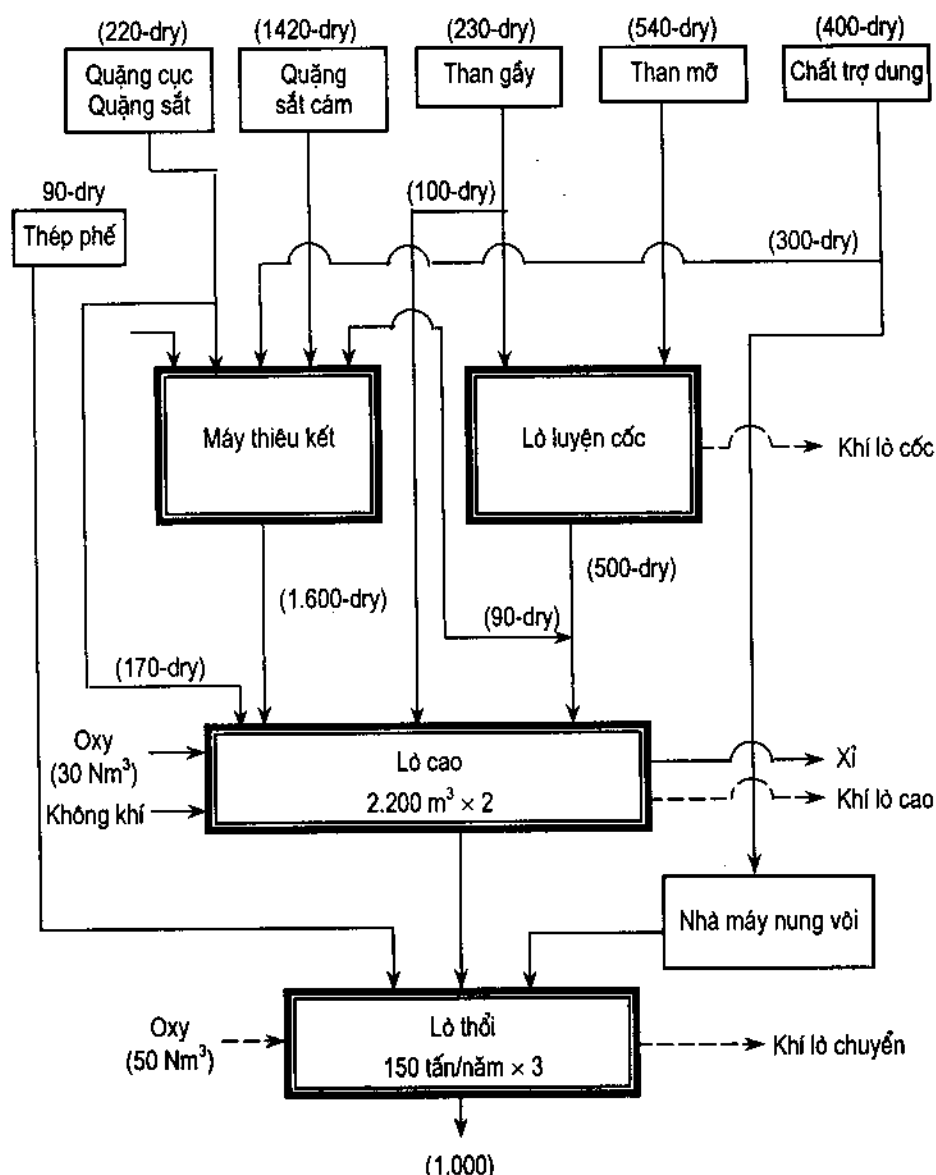
Theo công nghệ này gồm ba công đoạn chủ yếu (hình IV.18):

– Công đoạn chuẩn bị nguyên liệu cho lò cao: các máy nghiền, sàng, phân loại cỡ hạt liệu, các lò nung sấy, tuyển quặng, các hệ thống vận chuyển từ mỏ quặng sắt, đá vôi... và hệ thống vận chuyển từ xưởng chứa nguyên liệu tới lò cao, lò thiêu kết, lò luyện cốc...

– Sản xuất gang: Xây dựng 2 lò cao cỡ lớn 2.200 m³/lò. Xây dựng xưởng lò cao lớn, xưởng cung cấp oxy, xưởng khí nén.

– Sản xuất thép: 3 lò thổi oxy, mỗi lò có công suất 150 tấn/mẻ, trạm cung cấp oxy.

Thép lỏng được chuyển tới máy đúc liên tục và cán ra thành phẩm.



Hình IV.18. Sơ đồ dây chuyền công nghệ sản xuất thép trên cơ sở lò cao BF + lò thổi BOF:

Sản xuất 3 triệu tấn thép lỏng/năm.

- nguyên liệu (kg cho 1000 kg thép lỏng);
- khí và oxy (Nm³ cho 1000 kg thép lỏng).

6.3.2. Phương án dây chuyền công nghệ sản xuất thép trên cơ sở Midrex → lò điện hồ quang → lò thổi oxy

Công nghệ này gồm 3 công đoạn chính (hình IV.19):

- Sản xuất sắt xộp trong lò đứng Midrex với công suất 2,4 triệu tấn/năm.
- Sản xuất thép ở lò điện hồ quang EAF – $\frac{AC}{DC}$ với dung lượng 150 tấn/mẻ

1 lò × 4 lò để nấu, luyện thép.

Sử dụng: 70 ÷ 80% sắt xộp;

30 ÷ 20% sắt thép phế.

Sau đó rót thép lỏng vào lò thổi oxy để giảm thấp hàm lượng cacbon.

- Sản xuất thép ở lò thổi oxy 150 tấn/mẻ × 2 lò.

Thép lỏng cacbon thấp được đưa vào lò LF và RH (chân không), sau đó đưa vào máy đúc, cán liên tục, cán ra thép tấm, thép lá cuộn...

Theo phương án này có thể sản xuất ra các loại thép cacbon thấp chất lượng cao, các loại thép hợp kim không gỉ, thép lõi biến thế...

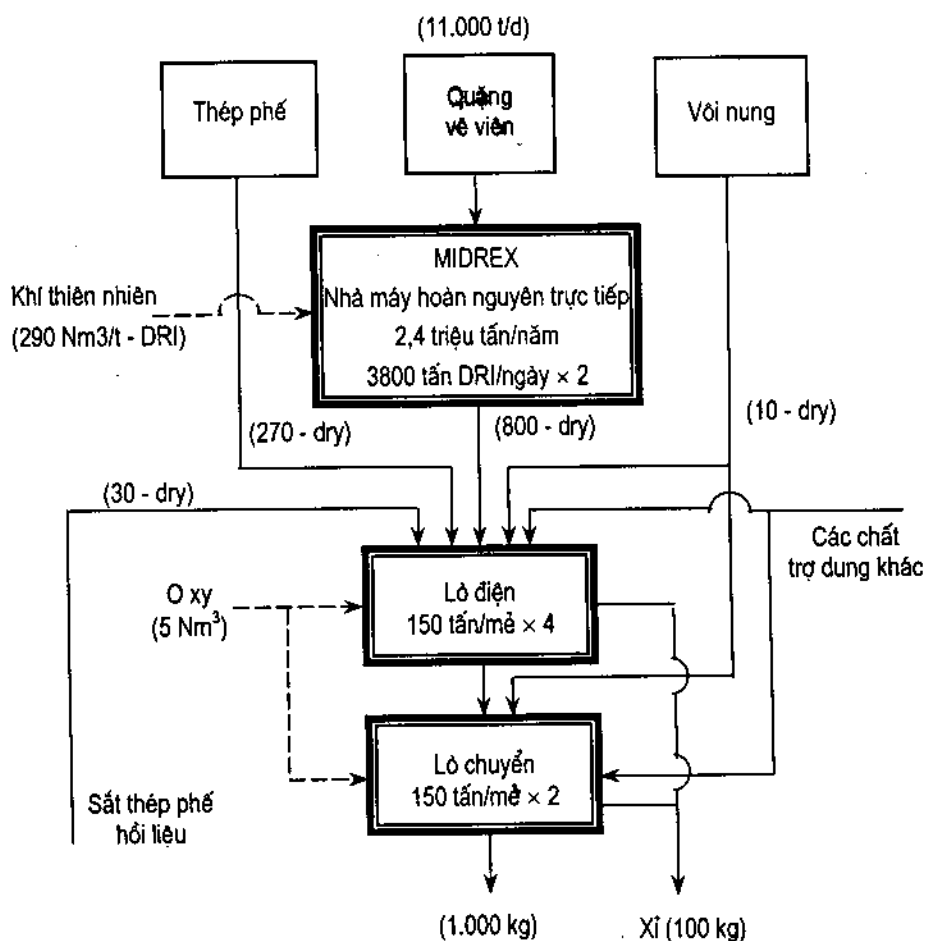
Phương án này được thực hiện khi ở nước ta có cơ sở sản xuất sắt xộp tương đối ổn định. Nhờ có nguyên liệu là sắt xộp, nên giảm hẳn quá trình nhập khẩu thép phế.

6.3.3. Phương án dây chuyền công nghệ sản xuất thép trên cơ sở nguyên liệu gang lỏng lò cao + ít thép phế cung cấp cho lò điện EAF – AC với dung lượng lò 120 tấn/mẻ × 4 lò → đưa vào lò LF × 4 lò để tinh luyện lần 1, tiếp theo tinh luyện lần 2 trong lò chân không → đúc liên tục → cán nóng sản phẩm thép tấm (hình IV.20).

Khi không có điều kiện để xây dựng lò hoàn nguyên trực tiếp Midrex thì chúng ta sử dụng gang lỏng ở lò cao sản xuất ra với tỷ lệ phối liệu là 50% gang lỏng. Đây là một phương án sản xuất thép chủ động nhất và có công suất lớn 3 ÷ 4,5 triệu tấn thép/năm. Muốn cho phương án được áp dụng tốt cần phải sớm tiến hành thực hiện công nghệ sử dụng 50% gang lỏng trong các lò điện 10 ÷ 30 tấn/mẻ hiện có trong nước.

Đây là một phương án công nghệ có khả năng lớn và hiện thực nhất hiện nay đối với nước ta vì do:

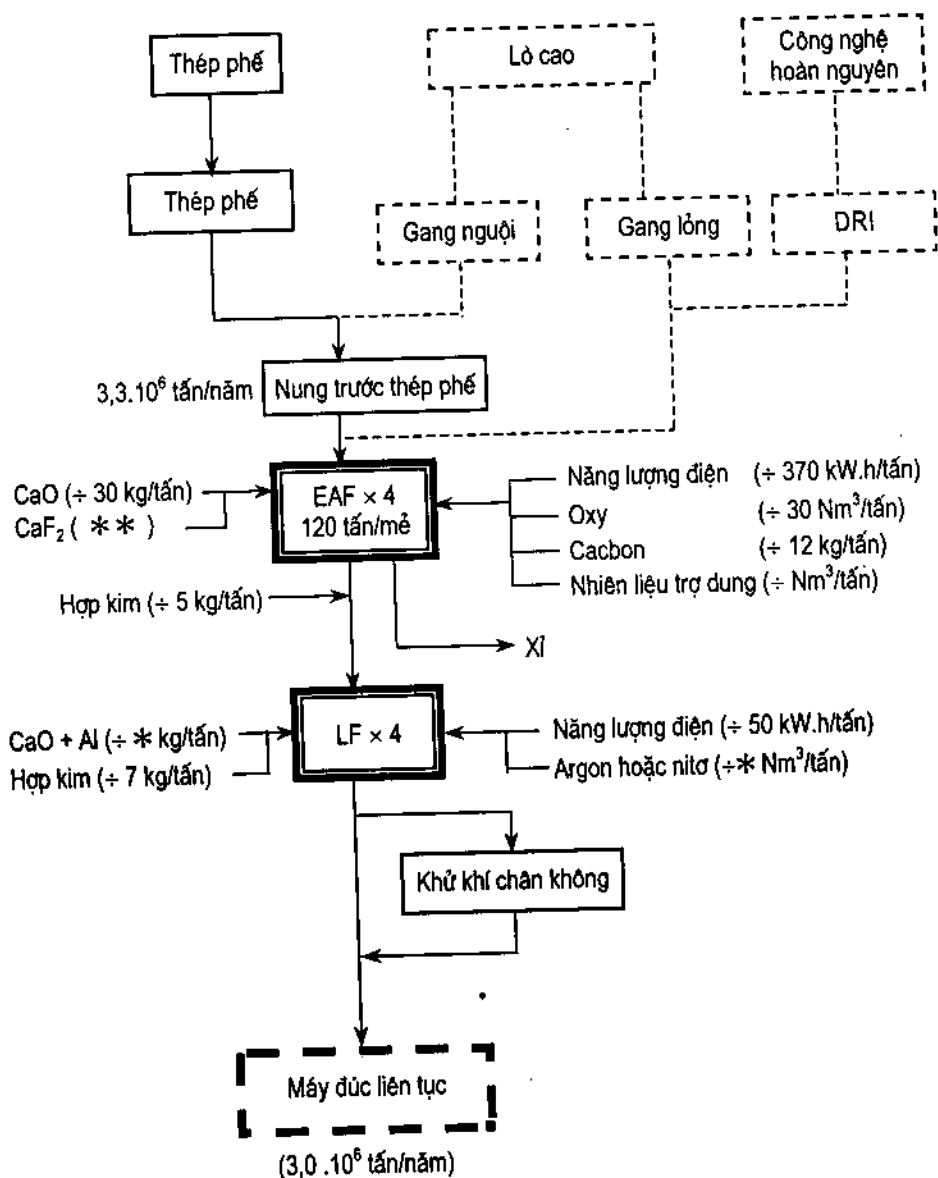
- Sử dụng được quặng sắt Thái Nguyên, Thạch Khê, Cao Bằng;
- Kinh nghiệm chạy lò cao của ta tương đối tốt;
- Kinh nghiệm chạy lò điện hồ quang 30 tấn/mẻ cao công suất và siêu công suất;
- Tính chủ động cao, ít phụ thuộc vào nhập khẩu nguyên nhiên liệu từ nước ngoài vào, nhất là thép phế...



Hình IV.19. Sơ đồ dây chuyền công nghệ sản xuất thép trên cơ sở Midrex + lò điện EAF – AC/DC + lò chuyển BOF

Sản xuất: 3 triệu tấn thép lỏng / năm.

- Nguyên liệu (kg cho 1.000 kg thép lỏng).
- Khí và oxy (Nm³ cho 1.000 kg thép lỏng).



Hình IV.20. Sơ đồ dây chuyền công nghệ sản xuất thép trên cơ sở thép phế + gang + DRI → lò EAF – AC → LF → lò chân không → đúc liên tục.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- 1- *Dr. Hiromoto Toda*. Economic consideration on steel industry in developing countries; 6/1077.
- 2- The masster plan stydy on the development of steel industry in the Socialist Republic of Vietnam; Interim report, 1997.
- 3- Chiến lược khoa học và công nghệ ngành thép Việt Nam năm 2010 và lộ trình công nghệ đến năm 2015; Tổng Công ty Thép Việt Nam; Hà Nội, 3/1998.
- 4- *Окорочов Н. В.* Дуговые сталеплавильные печи. Москва 1971.
- 5- *J. A. Ciotti (USA)*. Electric-arc fumace With ultrahigh power; 1990.
- 6- Luyện thép lò điện - ferro hợp kim; tập 3; Bộ môn Luyện kim đen. ĐHBK Hà Nội, 1978.
- 7- *William T. Lankfort, Ir. Norman, L. Samways Robert F. Craven Harold, E. Megannon* (Editor Emeritus). The making shaping and treating of steel Edited. Chapter 18.
- 8- *J. A. Ciotti (USA)*. Báo cáo ở Hội nghị chuyên đề về luyện thép lò điện hồ quang cỡ lớn của Mỹ tại Picteburre, 1978.
- 9- Luyện thép lò điện hồ quang; Nhà máy Luyện thép Lưu Xá, 1996.
- 10- *Lý Sỹ Kỳ, Lý Vi Tập...* (Trung Quốc). Luyện thép lò điện hồ quang hiện đại (nguyên bản); NXB Năng lượng nguyên tử Bắc Kinh, 1995.
- 11- *Edgar H. Nix, Heinz G. Müller*. New anode sistem of 60 ton DC arc furnace at Florida steel corporation (USA); 11/1992.
- 12- *Heinz G. Müller, Alexander, A. Patuzzi and Edgar H. Nix*. DC - electric arc furnace – A trendstetting technology in steelmaking; May, 1994.
- 13- *Вайберг А. М.* Индукционные плавильные печи. М. “Энергия”, 1967.
- 14- Nhật ký chạy lò cảm ứng cao tần (55.000 Hz), dung lượng 50 kg/mẻ; Bộ môn Luyện kim đen, Trường ĐHBK Hà Nội, 1988.

- 15- Н. Ф. Всызников. Легированная сталь. М. "Металлургия", 1963.
- 16- С. Moore and R. I. Marchall. Steelmaking – London, 1991.
- 17- P. Locombe et Al. Stainless steel; Paris, 1993.
- 18- M. Kikuchi and Y. Mishima. Journal of the Iron and steel institute of Japan; №7, 1996.
- 19- Мурач Н. И., Верятин У. Д. Применение кислорода в процессе плавки стали в дуговых печах на зарубежных заводах. Москва 1990.
- 20- С. Г. Войнов. Рафинирование металлов синтетическими шлаками. Москва 1964.
- 21- Карамов А. Д., Соколов А. Н. Электрометаллургия стали и ферросплавов. М. "Металлургия", 1976.
- 22- Б. В. Личевский. Вакуумная металлургия стали и сплавов. Москва 1970.
- 23- Г. Ф. Заборонок, Т. И. Зеленцов... Электронная плавка металлов. М. "Металлургия", 1972.
- 24- И. А. Фанасов, А. Г. Фридман. Плазменная плавка. М. "Металлургия", 1969.
- 25- М. М. Ключев, А. Ф. Каблуковский. Металлургия электрошлакового переплава. М. "Металлургия", 1969.
- 26- А. А. Яскевич. Лабораторные работы по электрометаллургии и ферросплавов. Москва, 1967.
- 27- А. И. Русанов. Фазовые равновесия и поверхностные явления. "Химия", 1967.
- 28- Н. Н. Мурач, У. Д. Верятин. Внепечная металлургия. Москва 1976.
- 29- Choulet R. J., Holmes R. L... "Доклад на коконференции по электропечах в Питобурге". 1966.
- 30- В. Н. Явойский. Теория процессов производства стали. М. "Металлургия", 1967.
- 31- Báo cáo tổng kết đề tài: "Nghiên cứu áp dụng công nghệ sử dụng gang lỏng trong luyện thép lò điện". Tổng Công ty Thép Việt Nam; Hà Nội, tháng 8 năm 2000.

- 32- VAI. New anode system of 60 ton DC-arc furnace at Florida steel corporation Tampa, Mỹ; Hà Nội tháng 10/1996.
- 33- VAI - Technology presentation possible plant configuration and layout. P. Egginger, vice president VAI - Hà Nội tháng 10/1996.
- 34- 165t AC - Twin steel electric arc furnace.
165t AC - Twin - ladle furnace at steel plant Dofasco, Canada – VAI - EAF
- steelmaking in formation; Hà Nội, tháng 10/1996.
- 35- *Tur - Key Capability VAI*. P. Egginger, vice president VAI - Hà Nội tháng 10/1996.
- 36- Báo cáo tổng quan về công nghệ luyện kim phi cốc; Tổng Công ty Thép Việt Nam, tháng 2/1999.

MỤC LỤC

Lời nói đầu	3
Phần I	
PHƯƠNG PHÁP Lò ĐIỆN LUYỆN THÉP	5
Chương I	
KHÁI QUÁT QUÁ TRÌNH LUYỆN THÉP Lò ĐIỆN	5
1.1. MỞ ĐẦU VÀ LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN PHƯƠNG PHÁP Lò ĐIỆN	7
1.1.1. Đặt vấn đề	7
1.1.2. Đặc điểm chủ yếu của phương pháp lò điện luyện thép	8
1.1.3. Lịch sử phát triển phương pháp lò điện	9
1.2. TÌNH HÌNH THIẾT BỊ VÀ CÔNG NGHỆ LUYỆN KIM TRONG NƯỚC	10
1.2.1. Nhà máy Luyện thép Lưu Xá (Công ty Gang thép Thái Nguyên)	10
1.2.2. Nhà máy Cán thép Gia Sàng	11
1.2.3. Nhà máy Cơ khí (Công ty gang thép Thái Nguyên)	12
1.2.4. Nhà máy Luyện thép Biên Hoà (Công ty Thép Miền Nam)	13
1.2.5. Nhà máy Thép Nhà Bè (Công ty Thép Miền Nam)	13
1.2.6. Nhà máy Thép Thủ Đức (Công ty Thép Miền Nam)	13
1.2.7. Phân xưởng Luyện thép Nhà máy Cơ khí – Luyện kim (Công ty thép Miền Nam)	13
1.2.8. Nhà máy Hợp kim sắt Nhà Bè (Công ty Thép Miền Nam)	14
1.2.9. Nhà máy Thép Đà Nẵng	14
1.2.10. Kết luận	19
1.3. PHÂN LOẠI CÁC Lò ĐIỆN	21
1.3.1. Lò điện hồ quang	21
1.3.1.1. Lò hồ quang trực tiếp EAF (electric arc furnace)	21
1.3.1.2. Lò điện hồ quang gián tiếp sử dụng 2 điện cực grafit	22
1.3.1.3. Lò điện hồ quang phủ kín hay còn gọi là lò ferro hợp kim	22
1.3.2. Lò cảm ứng không có lõi sắt	22
1.3.3. Lò điện trở	24

Chương 2
KỸ THUẬT Lò ĐIỆN HỒ QUANG XOAY CHIỀU
(AC-EAF) LUYỆN THÉP

25

2.1. MỞ ĐẦU	25
2.2. CẤU TẠO Lò VÀ CÁC THIẾT BỊ	27
2.2.1. Cấu tạo lò	27
2.2.2. Thiết bị lò	33
2.2.3. Thiết bị điện	36
2.3. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ Lò ĐIỆN HỒ QUANG LUYỆN THÉP	44
2.3.1. Năng lượng	44
2.3.2. Hồ quang và tính chất của hồ quang điện trong lò điện	45
2.3.3. Tính chất của hồ quang điện xoay chiều	50
2.3.4. Các nhân tố ảnh hưởng đến quá trình phát hồ quang	51
2.3.5. Điều chỉnh hồ quang điện trong các giai đoạn nấu luyện thép	57
2.4. CHẾ ĐỘ NHIỆT TRONG Lò	61
2.4.1. Trao đổi nhiệt trong lò	61
2.4.2. Trao đổi nhiệt trong khoảng trống lò	62
2.4.3. Phân bố nhiệt trong lò theo các giai đoạn nấu luyện thép	65
2.5. CHẾ ĐỘ ĐIỆN ĐƯỢC ÁP DỤNG TRONG Lò HỒ QUANG LUYỆN THÉP	68
2.5.1. Giai đoạn nấu chảy liệu	68
2.5.2. Giai đoạn oxy hoá kim loại	69
2.5.3. Giai đoạn hoàn nguyên	69
2.6. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN VÀ XÂY DỰNG CHẾ ĐỘ ĐIỆN CHO Lò ĐIỆN HỒ QUANG 30 TẤN/MỀ (NHÀ MÁY THÉP LƯU XÁ - THÁI NGUYÊN)	72
2.7. CÁC CHỈ TIÊU KỸ THUẬT CƠ BẢN CỦA Lò ĐIỆN HỒ QUANG LUYỆN THÉP	78
2.7.1. Năng suất lò	78
2.7.2. Suất tiêu hao điện năng (W_y)	81
2.7.3. Suất tiêu hao điện cực	86

Chương 3

KỸ THUẬT Lò ĐIỆN CẢM ỨNG KHÔNG LỖI SẮT

90

3.1. KHÁI QUÁT VỀ Lò ĐIỆN CẢM ỨNG KHÔNG LỖI SẮT TỪ	90
3.1.1. Lò cảm ứng tần số công nghiệp	90
3.1.2. Lò cảm ứng cao tần	91
3.1.3. Lò cảm ứng trung tần	91
3.2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ Lò CẢM ỨNG KHÔNG LỖI SẮT	91
3.3. ĐẶC ĐIỂM NGUYÊN LÝ CẢM ỨNG ĐIỆN TRONG Lò CẢM ỨNG KHÔNG LỖI SẮT	94
3.3.1. Mức độ cảm ứng	94
3.3.2. Công suất điện	95
3.3.3. Hệ thống tụ điện bù	96
3.4. THIẾT BỊ BIẾN ĐỔI TẦN SỐ	100
3.4.1. Máy phát điện tần số cao	100
3.4.2. Cách khắc phục	100
3.4.3. Mạch điện lò cảm ứng cao tần $f = 55.000 \text{ Hz}$	100
3.4.4. Mạch điện của lò cảm ứng trung tần $f = 2.000 \text{ Hz}$	102
3.5. THIẾT BỊ Lò CẢM ỨNG TRUNG TẦN AJA - X300 TẠI VIỆN CÔNG NGHỆ BCNN (do Vương quốc Anh chế tạo)	104
3.5.1. Cấu tạo	104
3.5.2. Hệ thống cung cấp điện	105
3.5.3. Hệ thống nghiêng lò	109
3.5.4. Hệ thống nước làm nguội	109
3.5.4. Quy trình thao tác đấm lò và sấy lò	112

Phần II

KỸ THUẬT CÔNG NGHỆ LUYỆN THÉP TRONG Lò ĐIỆN

115

Chương I

KỸ THUẬT LUYỆN THÉP TRONG Lò ĐIỆN HỒ QUANG AC-EAF

117

1.1. MỞ ĐẦU

117

1.2. NHỮNG NGHIÊN CỨU VÀ CẢI TIẾN

117

1.3. CHUẨN BỊ LÒ VÀ PHỐI LIỆU NẤU THÉP	118
1.4. NẠP LIỆU VÀO LÒ	119
1.5. CÔNG NGHỆ NẤU LUYỆN THÉP	121
1.6. PHƯƠNG ÁN CÔNG NGHỆ NẤU LUYỆN THÉP CÓ GIAI ĐOẠN OXY HOÁ	122
1.6.1. Quá trình nấu chảy	122
1.6.2. Giai đoạn oxy hoá	128
1.6.3. Giai đoạn hoàn nguyên và hợp kim hoá thép	133

Chương 2

KỸ THUẬT CÔNG NGHỆ LUYỆN THÉP TRONG LÒ CẢM ỨNG KHÔNG LỎI SẮT TỪ

2.1. ĐẶC ĐIỂM CÔNG NGHỆ LUYỆN THÉP TRONG LÒ CẢM ỨNG	145
2.2. QUÁ TRÌNH NẤU LUYỆN THÉP.	146
2.2.1. Chất liệu vào lò	146
2.2.2. Quá trình tinh luyện và hợp kim hoá	147
2.3. CÁC QUY TRÌNH CÔNG NGHỆ NẤU THÉP CỤ THỂ	148
2.4. BIỆN PHÁP CẢI THIẾN CÁC CHỈ TIÊU KINH TẾ - KỸ THUẬT	153

Chương 3

NẤU VÀ TINH LUYỆN THÉP TRONG LÒ CHÂN KHÔNG

3.1. LÝ THUYẾT	155
3.1.1. Khử oxy bằng cacbon	155
3.1.2. Khử oxy bằng thuốc khử kim loại	157
3.1.3. Khử oxy của kim loại bằng khí hydro	159
3.2. NẤU TINH LUYỆN THÉP TRONG LÒ ĐIỆN CHÂN KHÔNG	160
3.2.1. Luyện thép trong lò điện cảm ứng chân không	160
3.2.2. Luyện thép trong lò hồ quang chân không	162

Chương 4

NẤU VÀ TÍNH LUYỆN THÉP, KIM LOẠI TRONG LÒ ĐIỆN TỬ CHÂN KHÔNG

168

- 4.1. ƯU KHUYẾT CỦA LÒ ĐIỆN TỬ CHÂN KHÔNG 169
- 4.2. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC CỦA LÒ ĐIỆN TỬ CHÂN KHÔNG 170
- 4.3. CHỈ TIÊU KỸ THUẬT CỦA LÒ ĐIỆN TỬ CHÂN KHÔNG 172

Chương 5

NẤU VÀ TÍNH LUYỆN KIM LOẠI, THÉP TRONG LÒ PLASMA

173

- 5.1. BẢN CHẤT VÀ NGUYÊN LÝ CỦA PLASMA 173
- 5.2. ĐIỀU KIỆN KỸ THUẬT CỦA PLASMA 174
- 5.3. LÒ PLASMA CÔNG NGHIỆP 177

Chương 6

CÔNG NGHỆ NẤU VÀ TÍNH LUYỆN THÉP TRONG LÒ ĐIỆN XÍ

180

- 6.1. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC CỦA LÒ ĐIỆN XÍ 180
- 6.2. CẤU TẠO LÒ VÀ THIẾT BỊ 180
- 6.3. XÍ ĐƯỢC SỬ DỤNG TRONG LÒ ĐIỆN XÍ 182

Phần III

KỸ THUẬT CÔNG NGHỆ MỚI VÀ LÒ ĐIỆN HỒ QUANG HIỆN ĐẠI

191

Chương 1

KỸ THUẬT CÔNG NGHỆ MỚI

193

- 1.1. CÔNG NGHỆ NUNG ĐỎ LIỆU TRƯỚC 193
 - 1.1.1. Nung đỏ liệu trước ở ngoài lò 193

1.1.2. Phương pháp nung liệu ngay trong thân lò điện hồ quang kiểu SF	194
1.2. CÔNG NGHỆ SỬ DỤNG 30 ÷ 50% KIM LOẠI LỎNG TRONG PHỐI LIỆU NẤU THÉP	195
1.3. ĐẶC ĐIỂM CƠ BẢN CỦA CÔNG NGHỆ NẤU LUYỆN THÉP TRONG LÒ ĐIỆN HỒ QUANG CỖ LỚN 100 ÷ 400 TẤN/MẺ	196
1.4. CÔNG NGHỆ NẤU LUYỆN THÉP TRONG LÒ ĐIỆN HỒ QUANG 12 TẤN/MẺ SỬ DỤNG PHỐI LIỆU 40, 50 VÀ 60% GANG LỎNG TẠI NHÀ MÁY CƠ KHÍ LƯU XÁ - THÁI NGUYÊN	198
1.4.1. Đặt vấn đề	198
1.4.2. Mục đích - yêu cầu	199
1.4.3. Nội dung thực hiện thử nghiệm quy trình nấu luyện thép trong lò hồ quang 12 tấn/mẻ sử dụng 40 ÷ 60% gang lỏng trong phối liệu	199
1.4.4. Nhận xét và đánh giá chung	205
1.5. HOÀN NGUYÊN VÀ TÍNH LUYỆN THÉP TRONG LÒ ĐIỆN HỒ QUANG	207
1.6. CÔNG NGHỆ HOÀN NGUYÊN, TÍNH LUYỆN VÀ HỢP KIM HOÁ THÉP TRONG THÙNG RÓT	208
1.7. CÔNG NGHỆ THỐI HỖN HỢP	208
1.7.1. Thực hiện công nghệ cường hoá kim loại trong giai đoạn oxy hoá	208
1.7.2. Áp dụng phương pháp thổi bột cacbit canxi bằng khí trơ Ar, hoặc nitơ, hay khí CO vào lò để khử lưu huỳnh và oxy trong thép	210
1.7.3. Phương pháp thổi bột cacbit canxi bằng khí trơ argon hoặc khí CO	210
1.8. PHƯƠNG PHÁP KHUẤY TRỘN KIM LOẠI BẰNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ	212

Chương 2

KỸ THUẬT LÒ ĐIỆN HỒ QUANG MỘT CHIỀU SIÊU CÔNG SUẤT (EAF-DC)

221

2.1. MỞ ĐẦU	221
2.1.1. Chỉ tiêu kỹ thuật của lò điện hồ quang xoay chiều siêu công suất	221
2.1.2. Chỉ tiêu kỹ thuật của lò điện hồ quang một chiều siêu công suất	223
2.2. LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN LÒ ĐIỆN HỒ QUANG MỘT CHIỀU	223

327

2.3. NHỮNG ƯU VIỆT CƠ BẢN CỦA Lò ĐIỆN HỒ QUANG MỘT CHIỀU SIÊU CÔNG SUẤT	228
2.4. HIỆU QUẢ THỰC TẾ SẢN XUẤT	231
2.5. NHỮNG ĐẶC ĐIỂM CHỦ YẾU CỦA THIẾT BỊ VÀ Lò ĐIỆN HỒ QUANG MỘT CHIỀU	232
2.6. KỸ THUẬT CÔNG NGHỆ NẤU LUYỆN THÉP TRONG Lò HỒ QUANG MỘT CHIỀU SIÊU CÔNG SUẤT	242
2.6.1. Mở đầu	242
2.6.2. Đặc điểm quá trình nấu luyện thép trong lò	243
2.6.3. Chế độ tạo xỉ bột	244
2.7. CHỈ TIÊU KINH TẾ - KỸ THUẬT CỦA Lò ĐIỆN HỒ QUANG MỘT CHIỀU SIÊU CÔNG SUẤT	245
2.7.1. Lò điện hồ quang một chiều của Công ty Florida Steel Corporation ở Tampa – Mỹ	245
2.7.2. Kỹ thuật lò điện hồ quang một chiều ở Nhà máy Manesmann Demag của CHLB Đức	247
2.8. NHỮNG TỒN TẠI CỦA KỸ THUẬT Lò ĐIỆN HỒ QUANG MỘT CHIỀU SIÊU CÔNG SUẤT	248

Chương 3

KỸ THUẬT Lò ĐIỆN HỒ QUANG KIỂU MỚI VÀ HIỆN ĐẠI	253
3.1. MỞ ĐẦU VÀ LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN Lò ĐIỆN HỒ QUANG SF	253
3.1.1. Ưu việt chính của lò điện hồ quang SF (EAF-AC/DC)	254
3.1.2. Sự phát triển lò điện hồ quang kiểu SF trên thế giới từ năm 1988 đến 2000	254
3.2. KỸ THUẬT CÔNG NGHỆ NUNG ĐỎ LIỆU TRƯỚC VÀ NẤU LUYỆN THÉP TRONG Lò ĐIỆN HỒ QUANG SF (SHAFT FURNACE)	255
3.3. NHỮNG ĐIỂM CƠ BẢN CỦA KỸ THUẬT CÔNG NGHỆ LUYỆN THÉP TRONG Lò ĐIỆN HỒ QUANG FSF	256

3.4. CHỈ TIÊU SẢN XUẤT ĐẠT ĐƯỢC KHI NẤU LUYỆN MỘT MỀ THÉP TRONG LÒ FSF 70 TẤN/MỀ	257
3.5. CÁC CƠ SỞ SẢN XUẤT THÉP Ở LÒ ĐIỆN HỒ QUANG KIỂU MỚI VÀ HIỆN ĐẠI TẠI MỘT SỐ NƯỚC TRÊN THẾ GIỚI	267
3.6. KẾT LUẬN CHUNG	269

Phân IV

PHÂN XƯỞNG THÉP LÒ ĐIỆN VÀ DÂY CHUYỀN CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT THÉP	273
--	-----

Chương 1

PHÂN XƯỞNG THÉP LÒ ĐIỆN HỒ QUANG VỚI SẢN LƯỢNG HÀNG NĂM 100.000 + 500.000 TẤN/NĂM	275
--	-----

1.1. MỞ ĐẦU	275
1.2. TỔ CHỨC SẢN XUẤT VÀ CÁC CHỈ TIÊU KINH TẾ - KỸ THUẬT	277
1.3. CÁC CHỈ TIÊU SẢN XUẤT	279

Chương 2

NHÀ MÁY THÉP DOFASCO (CANADA) VỚI SẢN LƯỢNG 1.320.000 TẤN THÉP LÔNG/NĂM	281
--	-----

Chương 3

DÂY CHUYỀN CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT THÉP TRONG CÁC NHÀ MÁY LUYỆN KIM LIÊN HỢP TRÊN THẾ GIỚI	287
--	-----

3.1. PHƯƠNG ÁN DÂY CHUYỀN CÔNG NGHỆ	287
3.2. CÁC CÔNG ĐOẠN CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT THÉP	289
3.2.1. Công đoạn luyện thép	289
3.2.2. Công đoạn tinh luyện thép	290
3.2.3. Công đoạn đúc phôi thép liên tục	291
3.2.4. Công nghệ cán	292

Chương 4

DÂY CHUYỀN CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT THÉP CỦA CÁC NHÀ MÁY LUYỆN KIM LIÊN HỢP TẠI MỘT SỐ QUỐC GIA TRÊN THẾ GIỚI

294

4.1. NHÀ MÁY THURINGEN (THỔ NHĨ KỲ)	294
4.2. NHÀ MÁY KRAKATAU (THỔ NHĨ KỲ)	294
4.3. NHÀ MÁY HADEED (THỔ NHĨ KỲ)	295
4.4. NHÀ MÁY JINDAL (ẤN ĐỘ)	295
4.5. NHÀ MÁY SALDANHA BAY (NAM PHI)	296
4.6. NHÀ MÁY HANBO (HÀN QUỐC)	296

Chương 5

LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN SẢN XUẤT THÉP

303

5.1. DÂY CHUYỀN CÔNG NGHỆ TRÊN CƠ SỞ Lò CAO	303
5.2. DÂY CHUYỀN SẢN XUẤT THÉP TRÊN CƠ SỞ COREX	305
5.3. DÂY CHUYỀN CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT THÉP TRÊN CƠ SỞ SẮT XỐP	305
5.4. DÂY CHUYỀN CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT THÉP TRÊN CƠ SỞ SẮT THÉP PHẾ	306
5.5. KẾT LUẬN	306

Chương 6

KẾ HOẠCH DỰ KIẾN SẢN XUẤT THÉP Ở TRONG NƯỚC TỪ NĂM 1996 ĐẾN 2020

310

6.1. KẾ HOẠCH	310
6.2. CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT	310
6.2.1. Xử lý gang lỏng	310
6.2.2. Luyện thép	311
6.2.3. Tinh luyện ngoài lò	311

6.2.4. Công nghệ đúc liên tục phôi dẹt (Slab) có ba công nghệ đúc	313
6.2.5. Công nghệ cán nóng	313
6.2.6. JICA kiến nghị	314
6.3. DỰ KIẾN PHƯƠNG ÁN XÂY DỰNG CÁC DÂY CHUYỀN CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT THÉP LIÊN HỢP Ở TRONG NƯỚC (TỪ 2010)	314
6.3.1. Phương án dây chuyền công nghệ sản xuất thép liên hợp trên cơ sở lò cao → lò thổi oxy	314
6.3.2. Phương án dây chuyền công nghệ sản xuất thép trên cơ sở Midrex → lò điện hồ quang → lò thổi oxy	316
6.3.3. Phương án dây chuyền công nghệ sản xuất thép	316
TÀI LIỆU THAM KHẢO	319

KỸ THUẬT LÒ ĐIỆN LUYỆN THÉP

Tác giả: PGS. TS. TRẦN VĂN DY

Chịu trách nhiệm xuất bản:

PGS. TS. TÔ ĐĂNG HẢI

Biên tập và sửa bài:

ThS. NGUYỄN HUY TIẾN

NGỌC LINH

HOÀNG GIANG

Trình bày bìa:

HƯƠNG LAN

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

70 Trần Hưng Đạo, Hà Nội

In 700 cuốn, khổ 16 x 24 cm, tại Nhà in KH&CN

Giấy phép xuất bản số: 136-2006/CXB/375-06/KHKT-06 cấp ngày 23/3/2006

In xong và nộp lưu chiểu tháng 4 năm 2006.



206098

kì lô điện luyện thép



Giá : 45.000 đ