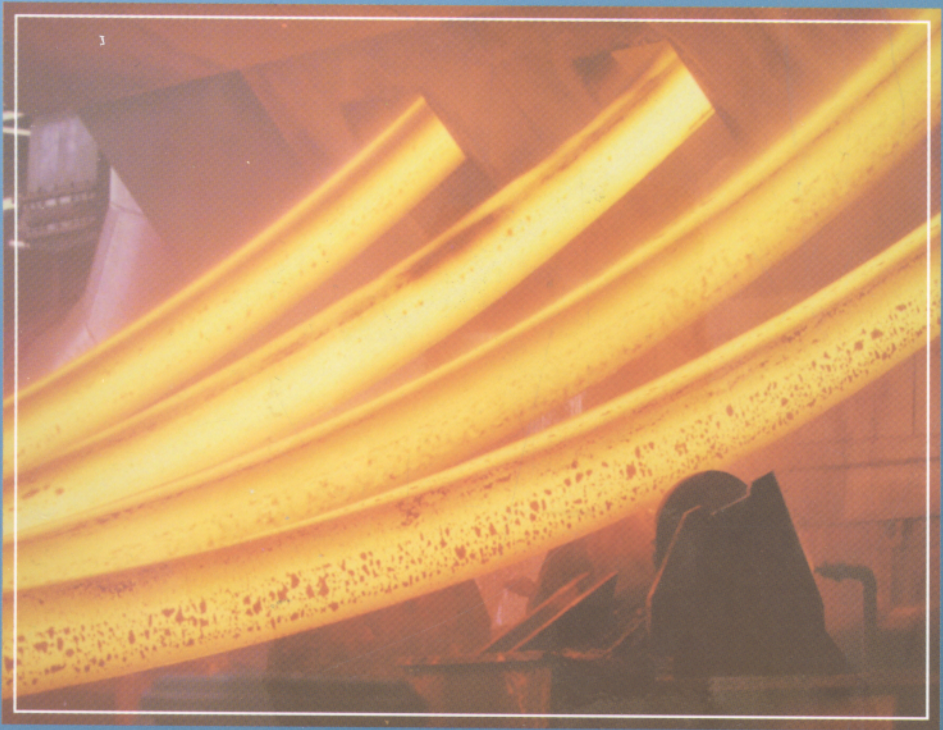


PGS. TS. NGÔ TRÍ PHÚC

TS. NGUYỄN SƠN LÂM

THIẾT BỊ VÀ CÔNG NGHỆ

ĐÚC PHÔI THIẾP



*Giáo trình giảng dạy đại học chuyên ngành
Tài liệu tham khảo cho nghiên cứu sinh và cán bộ kỹ thuật*



NHÀ XUẤT BẢN BÁCH KHOA - HÀ NỘI

SÁCH CHÀO MỪNG 50 NĂM TRƯỜNG ĐHBK HÀ NỘI

PGS. NGÔ TRÍ PHÚC

TS. NGUYỄN SƠN LÂM

THIẾT BỊ VÀ CÔNG NGHỆ ĐÚC PHÔI THÉP

(Giáo trình giảng dạy đại học chuyên ngành

Tài liệu tham khảo cho nghiên cứu sinh và cán bộ kỹ thuật)

NHÀ XUẤT BẢN BÁCH KHOA – HÀ NỘI

Mã số: 473-2006/CXB/01-52/BKHN

MỤC LỤC

Lời nói đầu.....	5
Chương một. Lý thuyết đông đặc nước thép.....	7
I. Điều kiện kết tinh của nước thép	7
1.1. Điều kiện tất yếu của sự kết tinh	7
1.2. Điều kiện kết cấu của kết tinh.....	9
1.3. Sự ba động của năng lượng	10
II. Quy luật chung của kết tinh thép lỏng.....	10
III. Sự hình thành và lớn lên của mầm tinh thể.....	10
3.1. Sự hình thành mầm tinh thể.....	10
3.2. Sự lớn lên của tinh thể.....	16
IV. Tỏa nhiệt khi làm nguội và đông đặc thép lỏng.....	18
V. Co ngót do đông đặc của thép.....	19
VI. Thiên tích trong thể rắn của thép.....	22
6.1. Thiên tích vi mô (thiên tích hiển vi).....	23
6.2. Thiên tích vĩ mô (thiên tích lớn, thiên tích vùng).....	25
Chương hai. Công nghệ và thiết bị đúc khuôn	26
I. Khái quát.....	26
II. Thép lỏng.....	27
2.1. Tổ chức kết cấu của thép lỏng.....	27
2.2. Thiên tích của thép lỏng.....	37
III. Thỏi thép sôi và nửa sôi.....	43
3.1. Tổ chức kết cấu của thép sôi	43
3.2. Các nhân tố ảnh hưởng đến kết cấu của thép sôi ...	45
3.3. Một số biện pháp ngăn ngừa khuyết tật thép sôi ...	47
3.4. Thép nửa sôi.....	48
IV. Thiết bị đúc khuôn	53
4.1. Thùng rót hay thùng chứa	53
4.2. Khuôn đúc.....	67
4.3. Mũ giữ nhiệt.....	72
4.4. Đĩa đúc và ống rót trung tâm	73
V. Công nghệ đúc khuôn	75
5.1. Phương pháp đúc	75

5.2. Trọng tâm của thao tác đúc thổi	76
5.3. Công việc chuẩn bị trước khi đúc	77
5.4. Công nghệ đúc thép lỏng	81
5.5. Công nghệ đúc thép sôi.....	87
5.6. Công nghệ đúc thép nửa sôi	91
5.7. Công nghệ đúc thổi nhỏ	92
Chương ba: Công nghệ và thiết bị đúc liên tục	95
I. Nguyên lý	95
1.1. Lưu trình công nghệ đúc liên tục (ĐLT)	95
1.2. Nguyên lý của đúc thổi liên tục	101
II. Thiết bị đúc liên tục	135
2.1. Phân loại và đặc điểm máy đúc liên tục.....	135
2.2. Thiết bị chính của máy đúc liên tục	146
2.3. Khống chế tự động và đo kiểm trong quá trình đúc liên tục	189
2.4. Vật liệu chịu lửa dùng cho đúc liên tục	207
III. Công nghệ đúc thổi thép liên tục	222
3.1. Công nghệ	222
3.2. Cấp thổi nóng và cán trực tiếp	258
3.3. Đúc liên tục bằng tấm mỏng.....	264
3.4. Chất lượng thổi đúc liên tục	270
Phụ lục: Kiểm tra cơ tính của thép	296
I. Chỉ tiêu về độ bền của thép	296
II. Chỉ tiêu về tính dẻo của thép	298
III. Tính dai chịu va đập của thép	299
IV. Tính dai chịu rạn nứt của thép	300
V. Độ cứng	302
VI. Giới hạn mỏi – Độ bền mỏi	305
VII. Rão	307
VIII. Độ bền vĩnh cửu	308
Tài liệu tham khảo	309

LỜI NÓI ĐẦU

Đúc phối thép là công đoạn sau cùng của lưu trình luyện thép. Phối đúc, thời đúc là sản phẩm của luyện thép và là nguyên liệu cho gia công áp lực: cán và rèn dập. So với các công đoạn trong lưu trình luyện thép thì đây là một công đoạn ngắn nhất, đơn giản nhất, song nó lại liên quan trực tiếp đến chất lượng của vật liệu thép và suất thu hồi kim loại của cả lưu trình luyện thép trước đó và gia công áp lực sau này. Hơn nữa, nó còn liên quan đến các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của nhà máy luyện thép. Chính vì vậy cùng với sự phát triển nhanh chóng của khoa học kỹ thuật công nghệ, nhiều kỹ thuật mới, thiết bị mới đã không ngừng được sử dụng vào công đoạn đúc phối này. Ngày nay, thiết bị và công nghệ đúc phối thép có nhiều biến đổi to lớn, nó không chỉ có nhiệm vụ làm đông đặc nước thép mà còn phải hoàn thành tốt việc tinh luyện nước thép mà khâu luyện trước đó chưa hoàn thành hoặc thực hiện không có hiệu quả. Đồng thời phải ngăn chặn các tác nhân có hại làm thay đổi đến chất lượng sản phẩm thép.

Công nghệ đúc phối thép có đúc khuôn (đúc thời) và đúc liên tục (đúc phối liên tục). Ngày nay, đúc liên tục có nhiều ưu điểm nổi trội hơn về năng suất, chất lượng, về suất thu hồi kim loại so với đúc khuôn nên nó phát triển hết sức nhanh chóng, chiếm tỉ lệ rất lớn 80 – 90%. Nó thông dụng đối với quy mô sản xuất lớn và đối với thép kết cấu, một số thép hợp kim chuyên dùng như thép không gỉ. Còn đối với qui mô sản xuất nhỏ nhất là ở các nhà máy cơ khí chế tạo sản xuất các loại thép hợp kim cao chuyên dùng như thép không gỉ, thép công cụ chẳng hạn hay tạo phối lớn cho rèn dập thì đúc khuôn lại là chủ yếu. Trong công nghệ đúc khuôn còn có đúc áp lực và đúc chân không.

Đúc phối thép thực chất là làm nhiệm vụ cuối cùng của luyện thép. Nó không chỉ đơn thuần là công nghệ tạo hình từ thể lỏng. Khâu đầu tiên của luyện thép là phải nấu chảy nguyên liệu để thực hiện các phản ứng luyện

kim nhằm đạt yêu cầu mác thép sau đó lại đông đặc nước thép tạo sản phẩm cho gia công áp lực hoặc cấp cho đúc tạo hình. Chính vì vậy, trong những năm gần đây nhiều tiến bộ đột phá trong công nghệ đúc phối thép đã xuất hiện. Kỹ thuật đúc phối đang mang nhiều yếu tố cạnh tranh giữa các nhà máy và các quốc gia, do vậy thu hút được sự chú ý của nhiều chuyên gia ở các đơn vị sản xuất, trường học và viện nghiên cứu.

Việc biên soạn giáo trình này nằm trong kế hoạch đổi mới, cập nhật và hội nhập quốc tế về giảng dạy đại học của Bộ môn Luyện kim đen, nay là Bộ môn Kỹ thuật Gang thép Trường Đại học Bách khoa Hà Nội. Giáo trình này là cơ sở giảng dạy đại học, tài liệu tham khảo cho nghiên cứu sinh chuyên ngành cũng như cán bộ kỹ thuật trong các nhà máy sản xuất.

Trong quá trình biên soạn, chúng tôi đã nhận được mọi sự giúp đỡ và động viên của Bộ môn, các bạn đồng nghiệp trong và ngoài trường. Nhân dịp xuất bản, chúng tôi xin bày tỏ lời cảm ơn chân thành.

Các tác giả

PGS. TS. Ngô Trí Phúc

TS. Nguyễn Sơn Lâm

Chương một

LÝ THUYẾT ĐÔNG ĐẶC NƯỚC THÉP

Quá trình biến thép từ thể lỏng thành thể rắn gọi là đông đặc nước thép. Quá trình đông đặc cũng là quá trình kết tinh. Nhìn ở góc độ vi mô (nhỏ) là chuyển biến tập đoàn nguyên tử không qui tắc của nước thép thành thể kết tinh mà nguyên tử được sắp xếp theo một qui tắc nhất định; còn nhìn ở góc độ vĩ mô (lớn) thì lại là nhiệt có (hiển nhiệt) tăng trữ trong nước thép và tiềm nhiệt đông đặc (tiềm nhiệt kết tinh) truyền ra bên ngoài làm cho nước thép chuyển thành thể rắn. Yêu cầu thể đông đặc của thép, phối thép, chi tiết thép hoặc các loại qui cách của thép hình có được một kết cấu đông đặc chính xác, ứng suất nhiệt bên trong ít, nguyên tố hợp kim đồng đều, khử khí và tạp chất ở mức độ lớn nhất, suất thu hồi nước thép cao. Đông đặc nước thép là một khâu rất quan trọng trong quá trình luyện thép, mọi thay đổi hóa lý sinh ra trong quá trình đông đặc đều ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng và hiệu quả kinh tế của sản xuất.

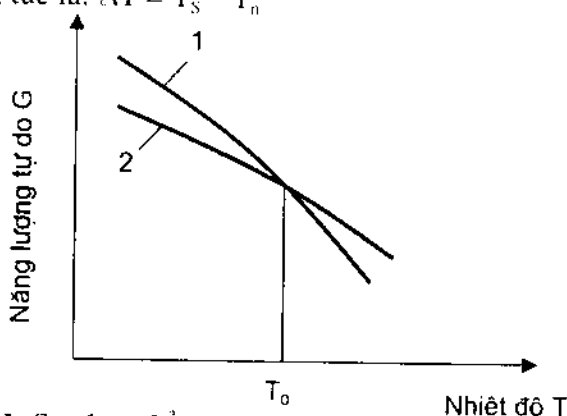
I. ĐIỀU KIỆN KẾT TINH CỦA NƯỚC THÉP

1.1. Điều kiện tất yếu của sự kết tinh

Căn cứ vào định luật thứ hai của nhiệt động học có thể biết, phần năng lượng của vật chất trong quá trình chuyển biến dùng để sản sinh công cho môi trường bên ngoài gọi là năng lượng tự do. Ở điều kiện đẳng áp đẳng nhiệt thì tất cả các quá trình tự phát đều tiến hành theo chiều năng lượng tự do giảm, tức là $\Delta G < 0$. Cũng chính trong quá trình chuyển biến đó không cần công bên ngoài tác động vào, mà vật chất tác động

công vào môi trường. Ngược lại, nếu kết quả của sự chuyển biến làm cho năng lượng tự do tăng lên, tức là $\Delta G > 0$ thì sự chuyển biến đó không thể tự phát tiến hành được.

Quá trình kết tinh của nước thép cũng là một quá trình đẳng áp đẳng nhiệt. Ở mỗi một nhiệt độ chỉ khi năng lượng tự do của nêp ở thể đặc nhỏ hơn năng lượng tự do của thép ở thể lỏng thì quá trình kết tinh mới tự xảy ra được. Từ hình 1 – 1 có thể thấy rằng, khi ở nhiệt độ cao, năng lượng tự do của thép lỏng thấp hơn năng lượng tự do của thép rắn. Lúc đó thể rắn chuyển biến thành thể lỏng. Khi nhiệt độ bằng T_s năng lượng tự do của thép lỏng và thép rắn bằng nhau, như vậy cả hai trạng thái rắn và lỏng đều cùng tồn tại. Khi nhiệt độ thấp hơn T_s năng lượng tự do của thép rắn nhỏ hơn năng lượng tự do của thép lỏng, lúc này quá trình kết tinh mới có thể tự phát tiến hành được. Người ta gọi nhiệt độ T_s là nhiệt độ kết tinh lý thuyết, gọi nhiệt độ bắt đầu kết tinh là nhiệt độ kết tinh thực tế và thường dùng T_n để biểu thị. Khoảng cách giữa T_n và T_s gọi là độ quá nguội, tức là: $\Delta T = T_s - T_n$ (1 – 1)



Hình 1 – 1. Sự thay đổi năng lượng tự do theo nhiệt độ của kim loại ở trạng thái lỏng (1) và trạng thái rắn (2).

Hàng loạt thí nghiệm và thực tế sản xuất đều cho thấy kết tinh của nước thép đều phải tiến hành ở điều kiện quá nguội, mà độ quá nguội càng lớn xu thế tự phát của kết tinh càng lớn. Bởi vậy nên, độ quá nguội là điều kiện tất yếu của kết tinh.

1.2. Điều kiện kết cấu của kết tinh

Ở thể rắn tất cả kim loại và hợp kim đều là tinh thể, các nguyên tử trong một phạm vi rộng sắp xếp có qui tắc và tiến hành chấn động nhiệt một cách không ngừng quanh một vị trí cân bằng nhất định làm trung tâm. Kết cấu như vậy ở trạng thái rắn của kim loại gọi là kết cấu có trật tự ở phạm vi xa. Còn khi gia nhiệt nóng chảy, kết cấu có trật tự phạm vi xa này bị phá hủy và xuất hiện hiện tượng sắp đặt không qui tắc. Nhưng do sự vận động không ngừng của nguyên tử và giữa các nguyên tử có hút lẫn nhau, ở phạm vi nào đó trong kim loại lỏng vẫn có thể có sự sắp xếp có qui tắc trong khoảng khác nào đó. Thực nghiệm khoa học đã chứng minh, khi kim loại lỏng tiếp cận nhiệt độ kết tinh lý thuyết, nội bộ chúng vẫn tồn tại rất nhiều khối tinh thể rất nhỏ là những tập đoàn nguyên tử sắp xếp có qui tắc, kết cấu tương tự như ở thể rắn, nhưng rất không ổn định. Do hiện tượng chấn động nhiệt của nguyên tử mà một khoảng khác nào đó chúng sẽ phân tán ra, đồng thời ở một thể cực nhỏ khác chúng lại rất nhanh hội tụ lại. Kết cấu như vậy của kim loại lỏng đối ứng với kết cấu gọi là có trật tự ở phạm vi xa, còn kim loại ở trạng thái rắn gọi là kết cấu có trật tự ở phạm vi gần. Hiện tượng lúc hợp lúc tan của tập đoàn nguyên tử sắp xếp có trật tự gần xa trong kim loại lỏng gọi là ba động của kết cấu.

Ở một nhiệt độ nhất định kết cấu ba động như vậy là liên tục và không ngừng. Tuy nhiên, ở nhiệt độ càng cao kích thước của kết cấu ba động tương đối lớn càng ít, ngược lại thì càng nhiều. Như vậy có thể kết luận nhiệt độ càng thấp kết cấu của kim loại lỏng càng tiếp cận với kết cấu của kim loại ở thể rắn. Vì vậy, kết cấu tinh thể không tránh khỏi hiện tượng ba động của kết cấu. Sự ba động của kết cấu là điều kiện kết cấu của kết tinh. Sự kết tinh nước thép cũng cần có đủ một độ quá nguội nhất định thích ứng với sự ba động của kết cấu mới có thể tiến hành được.

1.3. Sự ba động của năng lượng

Trong điều kiện tất yếu của kết tinh, chúng ta từng bước đề cập đến năng lượng tự do của thép lỏng chính là chỉ giá trị bình quân của tổng năng lượng tự do của các vi thể tích trong toàn bộ hệ thống thép lỏng. Ở một nhiệt độ nhất định thì giá trị bình quân về năng lượng tự do của hệ cũng là nhất định, nhưng năng lượng tự do sẵn có của các vi thể tích trong hệ không thể bằng nhau mà có cái cao hơn có cái thấp hơn giá trị bình quân.

Mặt khác, do sự tồn tại cao thấp khác nhau của kết cấu trong thép lỏng mà độ lớn nhỏ năng lượng sẵn có của các vi thể tích đều luôn thay đổi. Trên lý thuyết gọi hiện tượng có độ lớn nhỏ của năng lượng sẵn có của các vi thể tích không bằng nhau, chênh lệch với năng lượng bình quân là hiện tượng ba động của năng lượng. Nói chung tăng độ quá nguội xuất hiện xác suất ba động về kết cấu và năng lượng tương ứng cũng gia tăng.

II. QUI LUẬT CHUNG CỦA KẾT TINH THÉP LỎNG

Hai quá trình cơ bản tạo nên sự kết tinh đó là: (1) trong kim loại lỏng sản sinh những tinh thể cực nhỏ làm trung tâm cho sự kết tinh, những trung tâm cực nhỏ này gọi là tâm mầm kết tinh, (2) những tâm mầm này lớn lên hình thành tinh thể. Ở một độ quá nguội nhất định, trong một đơn vị thời gian nhất định, trong một đơn vị thể tích kim loại lỏng hình thành số mầm tinh thể gọi là suất hình thành mầm, đơn vị là: số lượng mầm/s.mm³ (số lượng mầm trong 1 giây, 1 mm³ thể tích).

Khi kết tinh dưới một độ quá nguội nhất định, suất hình thành mầm để sản sinh mầm tinh thể trong kim loại lỏng là nhất định, theo thời gian kéo dài số mầm tinh thể sẽ càng nhiều. Đồng thời với đó mầm tinh thể đã sản sinh ra sẽ lớn lên theo một tốc độ dài (mm/s) nhất định. Và cứ như thế cho đến khi toàn bộ kim loại ở trạng thái lỏng kết tinh hết. Bởi vậy cho nên sự hình thành mầm và lớn lên của mầm tinh thể cấu thành một quá trình cơ bản của sự kết tinh.

III. SỰ HÌNH THÀNH VÀ LỚN LÊN CỦA MẦM TINH THỂ

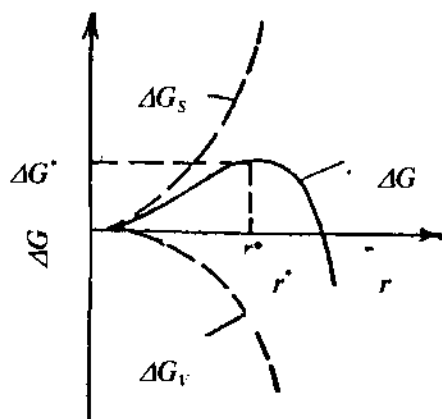
3.1. Sự hình thành mầm tinh thể

Sự hình thành mầm tinh thể có hai loại hình thành, đó là sự hình thành đồng chất và không đồng chất. Sự hình thành mầm đồng chất là trong tập đoàn nguyên tử xếp đặt có trật tự ở phạm vi gần trong kim loại lỏng làm tâm mầm trực tiếp sản sinh ra mầm, tâm mầm này gọi là bào thai mầm. Còn hình thành mầm không đồng chất là mầm tinh thể trong kim loại lỏng hình thành dựa vào bề mặt của tạp chất hoặc hạt nhỏ ngoại lai nào đó không nóng chảy. Thực tế, kết tinh của nước thép chủ yếu là hình thành mầm không đồng chất,

nên khái niệm hình thành mầm không đồng chất là cơ sở quan trọng mà lý thuyết kết tinh không thể bỏ qua được.

3.1.1. Mầm hình thành ở thể đồng chất:

Mầm hình thành trong thể đồng chất là do các tập đoàn nguyên tử sắp xếp ở phạm vi gần chuyển thành sắp xếp ở phạm vi xa, lấy một số tập đoàn nguyên tử nào đó làm tâm mầm, không còn có lúc hội tụ lúc phân tán mà tồn tại một cách ổn định để tiếp tục lớn lên. Nhưng tất cả các tập đoàn nguyên tử đều có thể tạo ra tâm mầm của sự hình thành mầm ở thể đồng chất thì phải như thế nào? Nghĩa là cần phải có điều kiện để các tập đoàn nguyên tử sắp xếp trong phạm vi gần có thể làm tâm mầm cho sự hình thành mầm ở thể đồng chất?



Hình 1 – 2. Quan hệ giữa ΔG và bán kính mầm r khi hình thành mầm tinh thể pha mới.

Từ góc độ nhiệt động học phân tích ta thấy rằng, khi có một độ quá nguội nhất định hình thành mầm tinh thể của pha mới, làm thay đổi năng lượng tự do của hệ thép lỏng bao gồm hai bộ phận: thể tích chuyển từ trạng thái lỏng sang trạng thái rắn dẫn đến năng lượng tự do (năng lượng thể tích) giảm. Và do xuất hiện bề mặt nguyên tử của mầm tinh thể pha mới dẫn đến năng lượng tự do (năng lượng bề mặt) tăng lên. Giả thiết rằng sự thay đổi năng lượng tự do của một đơn vị thể tích là Δf , thể tích của mầm tinh thể pha mới là V , năng lượng bề mặt của một đơn vị diện tích là σ , diện tích bề mặt là S , thì tổng năng lượng tự do của hệ thay đổi là ΔG sẽ là:

$$\Delta G = -V \cdot \Delta f + S \cdot \sigma \quad (1-2)$$

Giả định mầm tinh thể hình thành pha mới là hình cầu có bán kính r thì khi trong thép lỏng xuất hiện một pha mới, sự thay đổi năng lượng tự do của hệ là:

$$\Delta G = -\frac{4}{3}\pi r^3 \cdot \Delta f + 4\pi r^2 \cdot \sigma \quad (1-3)$$

Từ công thức 1-3 ta có thể nhận ra sự thay đổi ΔG của hệ có liên quan trực tiếp với kích thước mầm hình thành r , mối quan hệ của chúng như hình 1-2. Đường cong 1 biểu thị năng lượng bề mặt tăng lên theo bán kính mầm tinh thể r lớn lên, tỉ lệ là r^2 ; đường cong 2 chỉ năng lượng thể tích giảm theo kích thước bán kính mầm tinh thể r lớn lên, tỉ lệ là r^3 . Cho nên tổng thay đổi năng lượng tự do của hệ thép lỏng ΔG có quan hệ với r là đường cong 3. ΔG lúc ban đầu tăng lên theo bán kính mầm r tăng, khi bán kính mầm r tăng đến một mức nào đó thì ΔG lại giảm theo sự lớn lên của mầm r tăng. Bởi vậy cho nên ở điểm bán kính mầm tinh thể r^* , ΔG tồn tại giá trị cực đại biểu thị là ΔG^* .

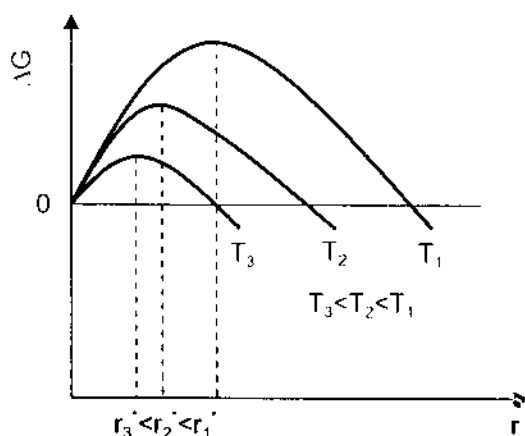
Từ hình 1 - 2 ta thấy, lúc bán kính mầm tinh thể nhỏ hơn r^* , sự lớn lên của mầm sẽ làm cho năng lượng của hệ tăng lên, hiển nhiên mầm tinh thể này không thể lớn lên được tức là không thể tồn tại ổn định được trong thép lỏng, hễ cứ hình thành là tan ngay. Như vậy, quá trình kết tinh không thể tiến hành được, hay nói cách khác bào thai của mầm tinh thể như vậy không thể trở thành mầm cho sự hình thành mầm ở thể đồng chất được. Khi bán kính mầm tinh thể lớn hơn r^* , mà lớn lên thì lại làm cho năng lượng hệ giảm nên tinh thể tiếp tục lớn lên, hình thành bào thai của mầm tinh thể; như vậy có thể làm tâm mầm cho hình thành mầm tinh thể đồng chất, quá trình kết tinh tiến hành một cách thuận lợi.

Mầm tinh thể vừa bằng r^* thì khả năng lớn lên và khả năng tan biến như nhau nên gọi r^* là kích thước tới hạn, mầm tinh thể ứng với kích thước tới hạn đó gọi là mầm tinh thể tới hạn. Như vậy có thể thấy, mầm tinh thể tới hạn chính là kích thước bào thai tinh thể (tinh bào) của tập đoàn nguyên tử có sắp xếp ở phạm vi gần nhỏ nhất có tác dụng tạo mầm trong thép lỏng.

Căn cứ vào giá trị cực đại ΔG ta có thể tính ra được r^* :

$$r^* = \frac{2\sigma}{\Delta f} \quad (1 - 4)$$

Công thức 1 – 4 cho ta thấy, bán kính tới hạn r^* quyết định bởi 2 nhân tố: năng lượng bề mặt σ và năng lượng thể tích Δf . Khi nhiệt độ càng thấp độ quá nguội ΔT càng lớn, Δf cũng càng lớn, r^* sẽ càng nhỏ, mà σ thay đổi theo nhiệt độ không lớn. Vì vậy, r^* là nhân tố chính chịu ảnh hưởng của nhiệt độ.



Hình 1 – 3. Quan hệ giữa độ quá nguội và bán kính mầm tới hạn r^* .

Quan hệ giữa bán kính tới hạn r^* và ΔT như hình 1 – 3. Ta có thể nhận ra, khi ở độ quá nguội nhỏ thì các tập đoàn nguyên tử có kích thước nhỏ nên lúc tự lúc tan không thể hình thành được tâm mầm tinh thể, khi độ quá nguội tăng lên thì lại có tác dụng tạo được sự hình thành mầm tinh thể. Vì thế, độ quá nguội càng lớn thì xác suất hình thành mầm càng lớn, số mầm tạo ra càng nhiều. Khi nhiệt độ vừa bằng T_s , $\Delta f = 0$, trong công thức 1 – 4 khi $r^* = \infty$. Ở trường hợp đó rất rõ ràng là bất cứ phối bào nào mà lúc tự lúc tan thì không thể hình thành mầm được tức là quá trình kết tinh không thể tiến hành được. Cũng chính là khi tâm mầm được hình thành phải có một độ quá nguội nhất định. Từ hình 1 – 3 có thể thấy được rằng: mầm tinh thể có bán kính lớn hơn bán kính tới hạn khi lớn lên, tuy có thể làm giảm năng lượng tự do nhưng năng lượng tự do của bản thân mầm tinh thể tới hạn vẫn còn lớn hơn năng lượng tự do bình quân của kim loại ở trạng thái lỏng đó, điều này nói

lên hình thành mầm tinh thể tới hạn cần phải có một năng lượng nhất định, năng lượng cần để hình thành mầm tinh thể tới hạn gọi là công tạo mầm.

Thay $r^* = \frac{2\sigma}{\Delta f}$ vào công thức 1 – 3 để tính sẽ tìm ra được giá trị của công tạo

mầm. Giả thiết công tạo mầm của thể đồng chất là ΔG_d , ta có:

$$\begin{aligned}\Delta G_d &= -\frac{4}{3}\pi\left(\frac{2\sigma}{\Delta f}\right)^3 \cdot \Delta f + 4\pi\left(\frac{2\sigma}{\Delta f}\right)^2 \cdot \sigma \\ &= -\frac{2}{3} \cdot \frac{16\pi\sigma^3}{(\Delta f)^3} \cdot \Delta f + \frac{16\pi\sigma^2}{(\Delta f)^2} \cdot \sigma \\ &= \frac{1}{3} \cdot \frac{16\pi\sigma^3}{(\Delta f)^2} \cdot \sigma\end{aligned}\quad (1 - 5)$$

Diện tích bề mặt của mầm tinh thể tới hạn $S^* = 4\pi r^{*2} = \frac{16\pi\sigma^2}{(\Delta f)^2}$ cho nên:

$$\Delta G_d = \frac{1}{3} \cdot S^* \cdot \sigma \quad (1 - 6)$$

Từ công thức trên ta có thể thấy công hình thành mầm tinh thể đồng chất ΔG_d bằng 1/3 năng lượng bề mặt của mầm tinh thể tới hạn, tức là lúc hình thành mầm tinh thể tới hạn năng lượng tự do của thép lỏng cần tăng lên $= \frac{1}{3} \cdot S^* \cdot \sigma$. Khi độ quá nguội tăng lên, ΔG_d sẽ giảm theo bán kính tới hạn

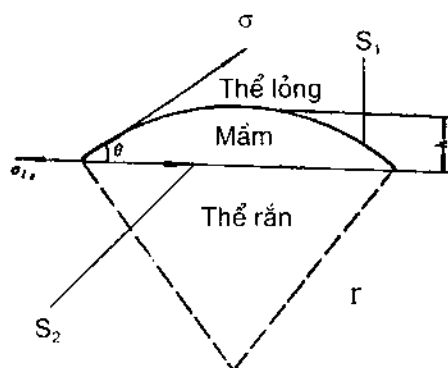
giảm. Bộ phận năng lượng tự do ΔG_d này là dựa vào sự ba động về năng lượng trong thép lỏng cung cấp. Do có sự tồn tại năng lượng tự do ba động trong thép lỏng mà mới có thể hình thành được mầm tinh thể đồng chất trong thép lỏng.

3.1.2. Mầm hình thành ở thể không đồng chất:

Qui luật tạo mầm thể không đồng chất như qui luật tạo mầm ở thể đồng chất là cần có độ quá nguội. Ở một nhiệt độ quá nguội nhất định, cũng có kích thước mầm tinh thể tới hạn nhất định; độ quá nguội càng lớn thì bán kính tới hạn của mầm càng bé, hiệu suất hình thành mầm càng cao. Chỉ có

điều khác nhau là mầm tạo ra trong thể không đồng chất là dựa vào bề mặt của tạp chất nên so với mầm hình thành trong thể đồng chất cần năng lượng bề mặt nhỏ hơn, cho nên công tạo mầm cũng tương đối nhỏ. Bởi vậy cho nên ở nhiệt độ chỉ hơi thấp hơn nhiệt độ kết tinh thì mầm trong thể không đồng chất sẽ hình thành trước mầm trong thể đồng chất.

Hình 1 – 4 chỉ qui luật hình thành mầm trong thể không đồng chất. .



Hình 1 – 4. Mầm tinh thể hình thành trong thể không đồng chất.

Giả thiết rằng khi kết tinh dựa vào tạp chất ở thể rắn mà thành mầm và công tạo mầm của mầm không đồng chất là ΔG_k , bề mặt tiếp xúc giữa mầm và tạp chất là S_1 , tỉ lệ năng lượng bề mặt giữa mầm tinh thể và thể lỏng là σ_2 . Như vậy có thể tính gần đúng:

$$\Delta G_k = \frac{1}{3} S_1 \sigma_1 + \frac{1}{3} S_2 \sigma_2 \quad (1 - 7)$$

Công tạo mầm thể đồng chất $\Delta G_d = \frac{1}{3} S_k \cdot \sigma_2$, vì $S_k = S_1 + S_2$ cho nên:

$$\Delta G_d = \frac{1}{3} (S_1 + S_2) \sigma_2 = \frac{1}{3} S_1 \sigma_2 + \frac{1}{3} S_2 \sigma_2 \quad (1 - 8)$$

So sánh 2 công thức 1 – 7 và 1 – 8 nhận ra $\sigma_1 < \sigma_2$, $\Delta G_k < \Delta G_d$. Chỉ có tạp chất mà tỉ số năng lượng bề mặt σ_1 giữa mầm và tạp chất nhỏ hơn tỉ số năng lượng bề mặt giữa mầm và thể lỏng σ_2 , công tạo mầm của mầm tinh thể không đồng chất nhỏ hơn công tạo mầm của mầm tinh thể đồng chất, tạp chất như vậy mới có thể gây tác dụng xúc tiến tạo mầm.

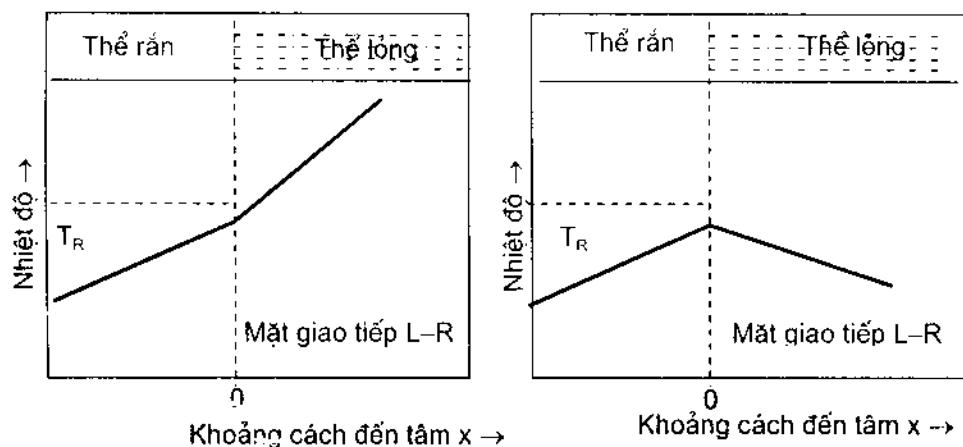
Căn cứ vào lý thuyết của sự thấm ướt, mầm hình thành trong thể không đồng chất quyết định ở góc thấm ướt, tức là góc thấm ướt càng nhỏ thì càng dễ hình thành mầm. Trong điều kiện sản xuất, mầm hình thành trong thép lỏng chủ yếu là mầm hình thành trong thể không đồng chất, ngoài bề mặt của khuôn làm chỗ dựa tạo mầm ra còn thường tồn tại 2 loại chất điểm: một loại gọi là chất điểm hoạt hóa như tạp chất của Al chẳng hạn, kết cấu tinh thể tương tự như kết cấu tinh thể của thép có thể làm chỗ dựa cho tâm mầm hình thành. Một loại chất điểm khác là chất khó chảy, kết cấu của nó cũng khác xa kết cấu của tinh thể thép, nhưng bề mặt những chất điểm khó chảy này luôn luôn tồn tại các vết nứt, lỗ lồi cực nhỏ cũng làm chỗ dựa cho tâm mầm hình thành tinh thể.

3.2. Sự lớn lên của tinh thể

Tinh thể sau khi hình thành và tồn tại ổn định thì sẽ nhanh chóng lớn lên. Thực chất sự lớn lên của tinh thể là do nguyên tử từ thể lỏng chuyển sang thể rắn. Phương thức lớn lên của tinh thể có thể liên quan đến kết cấu nguyên tử ở mặt giao tiếp 2 thể lỏng – rắn. Hiện nay, mọi người đều đồng ý với lý luận của Jackson, đó là kết cấu của nguyên tử ở bề mặt giao tiếp lỏng – rắn quyết định bởi tích nhiệt kết tinh L_{KT} , tốc độ kết tinh R và nhiệt độ kết tinh T . Khi $\frac{L_{KT}}{RT} > 2$ xếp đặt của nguyên tử như một bề mặt giao tiếp nhẵn bóng, hướng lớn lên của tinh thể trên bề mặt giao tiếp này khó có thể thực hiện được. Khi $\frac{L_{KT}}{RT} > 2$, nguyên tử sắp xếp rất không qui tắc, bề mặt giao tiếp thô nhám, tinh thể có thể lớn lên theo bất kỳ một hướng nào. Phương thức lớn lên của mầm trong thép lỏng cơ bản là thuộc loại này.

Trong thực tế sản xuất, thép lỏng kết tinh trong khuôn thổi (hoặc đúc sản phẩm) nhiệt lượng đều qua khuôn tỏa ra môi trường bên ngoài. Sau khi hình thành một lớp kết tinh, nhiệt độ thể lỏng càng cách xa bề mặt giao tiếp lỏng – rắn thì càng cao, hình thành sự phân bố nhiệt độ như hình 1 – 5a gọi là sự chênh nhiệt độ dương. Lúc này nhiệt độ pha lỏng cách xa bề mặt giao tiếp với thể rắn có nhiệt độ còn rất cao, thể rắn chưa thể xâm nhập vào trong thể lỏng như điều kiện trước đây, chỉ có thể phải đợi nhiệt lượng truyền qua thể rắn dần dần tỏa ra bên ngoài. Trên bề mặt giao tiếp lỏng – rắn mới có

được một độ quá nguội nhất định thì thể rắn mới có thể phát triển tiếp tục, hiển nhiên tốc độ lớn lên của tinh thể hoàn toàn là do điều kiện toả nhiệt không chế. Trong trường hợp này, nếu như bề mặt của tinh thể lớn lên có một độ lồi lõm ngẫu nhiên ngấp vào chỗ có độ quá nhiệt còn thấp, tốc độ sinh trưởng sẽ lập tức chậm lại, mà tinh thể xung quanh rất nhanh dài ra, mặt lồi lõm tiêu tan dần, cho nên bề mặt thể rắn trên mặt vĩ mô mà nhìn thì nhẵn bóng. Thực nghiệm tạo sự kết tinh của sắt sạch tương tự như loại này

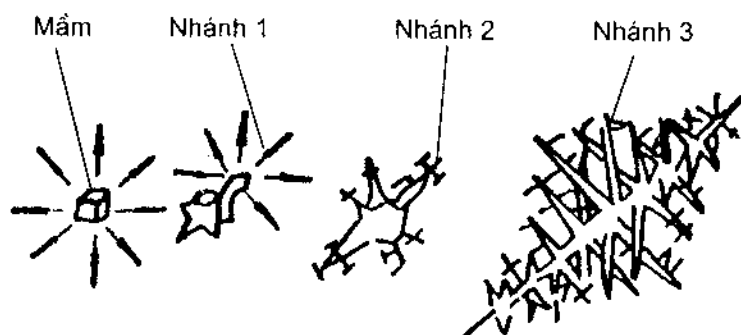


(a) Gradian (chênh) nhiệt độ dương (b) Gradian (chênh) nhiệt độ âm

Hình 1 – 5. Sự phân bố nhiệt độ trong quá trình kết tinh của phôi thép.

Nếu như không chế được điều kiện kết tinh làm cho nhiệt lượng có thể đồng thời truyền qua thể lỏng và thể rắn thì trường nhiệt độ có thể phân bố như hình 1–5b gọi là chênh nhiệt độ âm. Trong trường hợp này, sự lồi lõm ngẫu nhiên trên bề mặt thể rắn sẽ ngấp sâu và thể lỏng nơi có độ quá nguội tương đối lớn, điều kiện sinh trưởng càng có lợi. Lúc này bề mặt thể rắn không phải sinh trưởng trên bề mặt nhẵn bóng mà là hình thành trong thể hình trụ kéo dài. Mặt bên của tinh thể hình trụ này do có sự thoát ra của tiềm nhiệt kết tinh lại tạo thành trường nhiệt độ âm nên dễ tạo ra các nhánh trên tinh thể hình trụ này. Chúng ta gọi tinh thể hình trụ sinh ra đầu tiên là nhánh tinh thể thứ nhất, nhánh sinh ra ở mặt bên của tinh thể hình trụ thứ nhất gọi là nhánh tinh thể thứ 2. Cứ như thế suy ra sẽ có các nhánh tinh thể thứ 3... . Những nhánh tinh thể giao nhau nhìn như các

nhánh cây nên gọi là tinh thể hình nhánh cây. Hình 1 – 6 là sơ đồ biểu thị sự lớn lên của các tinh thể hình trụ.



Hình 1 – 6. Sơ đồ biểu thị sự lớn lên của các nhánh tinh thể.

Trong quá trình kết tinh của thép lỏng, do tinh thể lớn lên trên các cụm hình nhánh cây, khi các nhánh cây sinh trưởng gặp nhau thì các nhánh tinh thể đó mới ngừng phát triển. Nhưng các cụm này vẫn còn nằm trong thể lỏng và sinh trưởng ra nhiều tinh thể nhánh, đồng thời trục tinh thể sinh trưởng trước lại không ngừng lớn lên làm cho thể lỏng ngày càng ít đi cho đến khi kết tinh hoàn toàn.

IV. TOẢ NHIỆT KHI LÀM NGUỘI VÀ ĐÔNG ĐẶC THÉP LỎNG

Thép lỏng khi đông đặc và làm nguội tỏa ra một lượng nhiệt rất lớn, lượng nhiệt tỏa ra đó bao gồm 3 bộ phận:

1) Quá nhiệt của nước thép: lượng nhiệt tỏa ra tính từ nhiệt độ đúc đến nhiệt độ bắt đầu đông đặc (đường nhiệt pha lỏng) biểu thị bằng $C_{pl} (T_d - T_{kt})$.

2) Tiềm nhiệt kết tinh của thép lỏng biểu thị bằng L_{KT} . Thông thường tiềm nhiệt kết tinh của thép là khoảng 272,1 kJ/kg.

3) Hiện nhiệt sau khi kết tinh (nhiệt tích trong thép đặc). Tức là lượng nhiệt tỏa ra từ khi thép lỏng đông đặc xong (đường nhiệt độ pha rắn) nguội đến nhiệt độ phòng, biểu thị bằng $C_{pv} (T_r - T_p)$.

Như vậy, tổng nhiệt lượng tỏa ra của 1 đơn vị trọng lượng nước thép Q là tổng của 3 bộ phận trên cộng lại.

$$Q = C_{pl} (T_d - T_{kt}) + L_{KT} + C_{pv} (T_r - T_p) \quad (1 - 9)$$

Trong đó:

C_{pt} – Nhiệt dung đẳng áp của 1 đơn vị trọng lượng nước thép, thông thường $C_{pt} = 0,88 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}$.

C_{pr} – Nhiệt dung đẳng áp của 1 đơn vị trọng lượng thép rắn, $C_{pr} = 0,71 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}$.

T_d – Nhiệt độ đúc, $^{\circ}\text{C}$.

T_{kt} – Nhiệt độ tại đường pha lỏng (bắt đầu kết tinh), $^{\circ}\text{C}$.

T_r – Nhiệt độ tại đường pha rắn (kết thúc kết tinh), $^{\circ}\text{C}$.

T_p – Nhiệt độ phòng, $^{\circ}\text{C}$.

Lượng nhiệt tỏa ra được tính và biểu thị trên bảng 1-1 là của thép 20 và sắt công nghiệp từ nước thép quá nhiệt 30°C đông đặc và nguội đến nhiệt độ phòng.

Bảng 1 – 1. Lượng nhiệt tỏa ra của thép và sắt công nghiệp (J/g).

Loại thép	Hiển nhiệt	Tiềm nhiệt	Quá nhiệt	Tổng nhiệt lượng
Thép 20	962,54	329,56	18,09	1310,47
Sắt công nghiệp	1056,08	276,33	24,12	1364,80

Lượng nhiệt tỏa ra của nước thép khi đông đặc hoàn toàn trong khuôn thời khác nhau bởi thời lớn thời nhỏ trong phạm vi $502,4 \sim 628,0 \text{ kJ/kg}$. Khi đúc liên tục từ bình kết tinh đến máy cắt phôi thép tỏa ra một lượng nhiệt khoảng $460,5 \sim 502,4 \text{ kJ/kg}$ (trong bình kết tinh khoảng $167,5 \sim 188,4 \text{ kJ/kg}$; khu vực làm nguội lần thứ hai khoảng $230,3 \sim 251,2 \text{ kJ/kg}$). Từ phân tích trên cho ta thấy lượng nhiệt tỏa ra sau khi nước thép kết tinh do 2 bộ phận hợp thành đó là nhiệt lượng tỏa ra từ pha lỏng thành pha rắn và nhiệt tỏa ra khi nguội từ sau khi đông đặc xong hoàn toàn. Bộ phận trên là điều mấu chốt để không chế kết cấu và chất lượng bên trong của phôi thép, còn bộ phận sau có ý nghĩa hết sức quan trọng ngăn chặn việc sản sinh các vết nứt trong thời.

V. CO NGÓT DO ĐÔNG ĐẶC CỦA THÉP

Mật độ (tỷ trọng) thể rắn và thể lỏng của thép khác nhau, qui luật chung là thép lỏng đông đặc đều kèm theo co ngót thể tích. Loại co ngót này bao gồm :

1) Nước thép quá nhiệt: co ngót từ nước thép nhiệt độ cao nguội đến nhiệt độ đường pha lỏng, biểu thị bằng ΔV_l .

2) Nước thép co ngót từ đường pha lỏng nguội đến đường pha rắn. Phạm vi nhiệt độ từ đường pha lỏng đến đường pha rắn càng lớn thì co ngót càng lớn, biểu thị bằng ΔV_{kt} .

3) Co ngót từ đường pha rắn nguội đến nhiệt độ phòng, ΔV_r .

$$\text{Như vậy: } \Delta V_{\Sigma} = \Delta V_l + \Delta V_{kt} + \Delta V_r \quad (1 - 10)$$

Kết quả của sự co ngót này là tạo ra lõm co và xấp trong phôi thép. Nhân tố chính ảnh hưởng đến sự co ngót thể tích của thép là hàm lượng C và nguyên tố hợp kim.

Bảng 1 – 2. Ảnh hưởng của hàm lượng cacbon đến co ngót thể tích.

Hàm lượng C%	ΔV_l (giảm 100 °C)/%	ΔV_{kt} /%	$(\Delta V_l + \Delta V_{kt})$ /%	ΔV_{Σ} /%
0	1,51	1,98	3,49	–
0,10	1,50	3,12	4,62	10,5
0,20	1,50	3,39	4,89	–
0,30	1,59	3,72	5,31	–
0,40	1,59	4,03	5,62	11,3
0,50	1,62	4,13	5,75	–
0,60	1,62	4,04	5,66	–
0,70	1,62	4,08	5,70	12,1
0,80	1,68	4,05	5,73	–
0,90	1,68	4,02	5,70	–
1,00	1,75	3,90	5,65	14,0
1,50	1,96	3,31	5,09	–
2,00	2,11	2,50	4,61	–
2,50	2,33	2,00	4,31	–

Bảng 1 – 2 cho ta thấy ΔV_l và ΔV_{kt} hầu như đều tăng theo hàm lượng C của thép. Tăng lớn nhất là hàm lượng C trong phạm vi 0,4 ~ 1,0%. Thực tế sản xuất đối với những loại thép như thép lò xo, thép công cụ cacbon, thép ổ

lăn... lõm co tương đối nghiêm trọng, chính là vì hàm lượng C của các loại thép đó nằm trong phạm vi này.

Bảng 1 – 3 cho ta thấy Ni làm ΔV_l giảm ít, Mn và Cr làm ΔV_{kt} giảm ít, đây cũng là nguyên nhân chính mà thép Cr12 có hàm lượng C lên đến 1% nhưng Cr cao khoảng 12% mà lõm co tạo ra không nghiêm trọng.

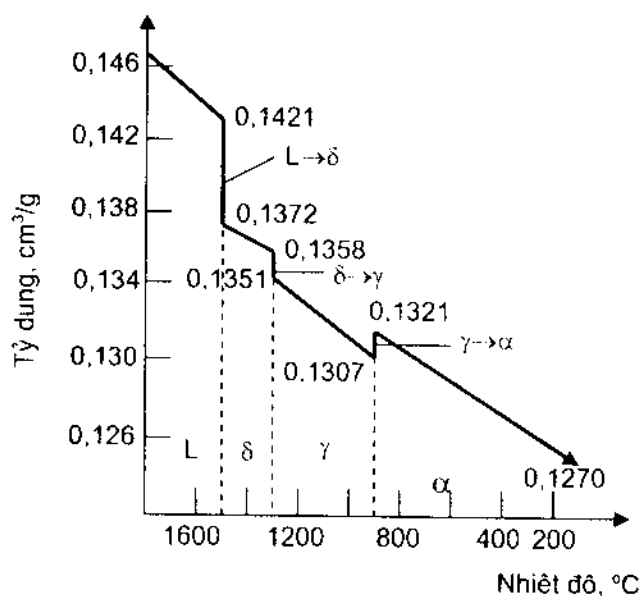
Bảng 1 – 3. Ảnh hưởng của nguyên tố hợp kim đến co ngót thể tích.

Nguyên tố hợp kim	Hàm lượng C%	ΔV_l (giảm 100 °C)/%	ΔV_{kt} /%	ΔV_r (giảm đến 20 °C) /%	ΔV_Σ /%
Ni	9,44	0,25	3,40	6,07	9,72
Mn	8,50	2,28	0,44	6,15	8,87
Si	3,60	2,05	1,77	5,95	9,77
Cr	13,70	1,66	0,90	6,14	8,70
W	2,50	1,39	3,20	6,44	11,03

Tỷ trọng của thép 40 ở 1600 °C khoảng 7,1 g/cm³, còn ở nhiệt độ phòng là 7,8 g/cm³, tổng co ngót khi kết tinh và nguội là 11,3%. Tỷ trọng của thép lỏng rất khó đo được chính xác, tuy vậy chúng vẫn có một qui luật chung đó là tỷ trọng giảm khi hàm lượng C tăng. Lợi dụng đặc tính như hình 1–7 có thể dự đoán được thể tích thép thay đổi trong quá trình kết tinh và nguội là:

- Thể tích co ngót do quá nhiệt: khoảng 1%
- Thể tích co lúc kết tinh: khoảng 4%
- Thể tích co khi nguội: khoảng 7 ~ 8%

Thể tích co do quá nhiệt tương đối nhỏ, có thể bỏ qua không tính nhưng thể tích co khi kết tinh và co khi nguội là khá lớn, ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng của thép, do vậy đối với điểm này phải hết sức chú ý trong quá trình kết tinh của nước thép.



Hình 1 – 7. Quan hệ giữa tỷ dung của sắt (Fe) và nhiệt độ.

VI. THIÊN TÍCH TRONG THỂ RẮN CỦA THÉP

Thiên tích là một hiện tượng mà thành phần hoá học khác nhau trong khối đồng đặc của thỏi thép, đây là do kết quả của kết tinh lựa chọn trong quá trình đông đặc và độ hoà tan của các thành phần hoá học trong pha lỏng và pha rắn khác nhau. Thiên tích chia ra 2 loại: thiên tích vi mô (thiên tích ở phạm vi nhỏ giữa các nhánh cây) và thiên tích vĩ mô (thiên tích vùng có hình dạng rõ rệt). Thiên tích vi mô sinh ra trong không gian tinh thể nhánh cây hoặc trong phạm vi một số tinh thể. Tức là thành phần không đồng đều giới hạn trong vùng chỉ vài ba micron. Còn thiên tích vĩ mô sinh ra trong cả khối thỏi thép, thành phần khác nhau biểu hiện trong khoảng cách vài cm đến vài chục cm. Thiên tích trong thỏi thép là một hiện tượng khách quan không thể tránh khỏi, là khuyết tật cho phép tồn tại nhưng cần phải tăng cường khống chế.

Các phương pháp thường dùng để biểu thị mức độ thiên tích của thỏi thép:

$$A = \frac{C_{\max}}{C_{\min}} \quad (1 - 11)$$

$$\text{Hệ số thiên tích} = 1 - K \quad (1 - 12)$$

$$K = \frac{C_r}{C_l} \quad (1 - 13)$$

$$\% = \frac{C_l - C_r}{C_l} \times 100\% \quad (1 - 14)$$

$$\% = \frac{C_{\max} - C_{\min}}{C_{\max}} \quad (1 - 15)$$

Trong đó:

A – Độ thiên tích

K – Hệ số kết tinh lựa chọn

$C_{\max}$, $C_{\min}$ – Hàm lượng nguyên tố lớn nhất và nhỏ nhất ở vùng nào đó trong thỏi thép

C_r , C_l – Hàm lượng nguyên tố nào đó trong thể rắn và thể lỏng

Khi $1-K$ trong công thức 1 – 12 càng lớn thì khuynh hướng thiên tích của nguyên tố đó càng lớn. Công thức 1 – 14 chỉ lượng thiên tích, công thức 1 – 15 chỉ lượng thiên tích tương đối. Độ thiên tích $A > 1$ là thiên tích dương, $A < 1$ là thiên tích âm. Lượng thiên tích dương gọi là thiên tích dương, lượng thiên tích âm gọi là thiên tích âm.

6.1. Thiên tích vi mô (thiên tích hiển vi)

Trong quá trình kết tinh, thành phần nước thép từ pha lỏng chuyển sang pha rắn không ngừng thay đổi, từ đó dẫn đến sự không cân bằng của kết tinh. Thông thường phần kết tinh trước chứa nguyên tố hợp kim có nhiệt độ chảy cao hơn, còn phần kết tinh sau thì ngược lại chứa nguyên tố hợp kim có nhiệt độ chảy thấp hơn. Như vậy thành phần sẽ không đồng đều, dẫn đến điều tất yếu là tổ chức sẽ không đồng đều. Kết quả của sự thiên tích này thường là hình thành và phân bố ở tổ chức dạng nhánh cây, nên còn gọi là thiên tích thể nhánh cây hoặc thiên tích dạng nhánh cây.

Thiên tích nhánh cây bao gồm cả thiên tích của C và nguyên tố hợp kim, cũng bao gồm cả tạp chất và nguyên tố khí. Do hệ số khuếch tán của nguyên tố hợp kim nhỏ hơn hệ số khuếch tán của C rất nhiều cho nên loại bỏ thiên tích nhánh cây của nguyên tố hợp kim khó hơn sự đồng đều hoá C rất nhiều. Thiên tích của nguyên tố hợp kim ảnh hưởng đến chuyển biến pha sang trạng thái rắn và cũng ảnh hưởng đến cả sự phân bố C sau khi chuyển biến thành pha rắn, điều này còn liên quan đến thiên tích của nguyên tố tạp chất oxy, S và phân bố tạp chất trong tinh thể mới sinh ra. Nói chung, thiên tích của các oxit tương đối sớm và phần lớn tập trung ở thân tinh thể, thiên tích của cacbit tương đối muộn, phần lớn tập trung ở nhánh tinh thể. Thiên tích nhánh tinh thể của các nguyên tố khí dẫn đến các bọt khí tiết ra ở giữa các trục tinh thể. Trong quá trình gia công áp lực nóng, thiên tích dạng nhánh cây dễ bị kéo dài ra, tạp chất có tính dẻo được kéo dài ra, còn tạp chất có tính giòn bị bẻ gãy thành các điểm nối tiếp nhau như các mắt xích, tổ chức thành các dây kéo dài và cơ tính có tính định hướng cũng do điều này gây nên. Sau khi gia công xong chúng ta hi vọng tinh thể nhánh cây có thể bị vỡ vụn và vỡ vụn càng nhiều càng tốt.

Nhân tố chính ảnh hưởng đến thiên tích nhánh cây là thành phần hoá học thời kì đông đặc, tốc độ làm nguội và phương thức sinh trưởng của tinh thể tại một điểm nào đó trong thời thép. Thực nghiệm đã chỉ ra rằng khi hàm lượng C tăng lên độ thiên tích của nguyên tố hợp kim tăng. Điểm này biểu hiện khá rõ ở thép ổ lăn. Thí dụ, luyện thép ổ lăn Cr15 hàm lượng C càng tiếp giáp giới hạn trên thì tính không đồng đều của cacbit càng tăng. Ngoài C ra các nguyên tố cũng ảnh hưởng đến thiên tích lẫn nhau. Thực nghiệm chỉ ra rằng [S] có thể tăng thiên tích nhánh cây của [Cr]. Thiên tích nhánh còn có liên quan đến tốc độ làm nguội thép lỏng. Khi tốc độ làm nguội chậm, kết tinh lựa chọn tăng thiên tích nhánh tinh thể tăng. Thí nghiệm chỉ ra rằng mức độ thiên tích ở nhánh tinh thể không chỉ liên quan đến tốc độ làm nguội mà còn chịu ảnh hưởng của cả phương thức sinh trưởng của tinh thể. Thí dụ, khi rót đúc bình thường, tâm thỏi kết tinh theo hướng thẳng đứng, độ thiên tích cao hơn kết tinh theo phương nằm ngang rất nhiều. Không khó nhận ra trọng lượng thỏi càng nhỏ thì tốc độ nguội càng nhanh, nếu tránh được hình thành tinh thể thô đại ban đầu thì mức độ thiên tích nhánh cây sẽ giảm nhỏ. Ngoài ra cần chỉ ra rằng ủ khuếch tán sau khi đông đặc là một biện pháp rất hữu ích để giảm thiên tích nhánh cây.

Hiện nay, trong thực tế sản xuất, mục đích của ủ khuếch tán không chỉ là để đồng đều C mà chủ yếu là để đồng đều các nguyên tố hợp kim. Như vậy có nghĩa là kể cả ở trạng thái Austenit sau khi làm nguội phân bố C trong thép bị các nguyên tố hợp kim chi phối, không có sự đồng đều hoá của nguyên tố hợp kim thì cũng sẽ không có sự đồng đều của C, hay là khó có thể loại bỏ được tổ chức dạng dải kéo dài tạo ra do thiên tích nhánh cây. Hiệu quả của ủ khuếch tán quyết định bởi nhiệt độ và thời gian giữ nhiệt, đồng thời nó cũng liên quan đến tình trạng thiên tích hiện vi trong thép. Ủ khuếch tán có thể tiến hành đối với thỏi thép hoặc phôi thép. Để chọn được phương án ủ khuếch tán hợp lý nhất phải căn cứ vào nhiều nhân tố cụ thể của quá trình sản xuất.

6.2. Thiên tích vĩ mô (thiên tích lớn, thiên tích vùng)

Vì có sự kết tinh lựa chọn mà tạp chất và các nguyên tố hợp kim bị đẩy sang bên nhánh tinh thể kế cận và tập hợp lại ở đó, nhưng do sự khuếch tán của các nguyên tố trong thép lỏng tương đối nhanh, pha lỏng lại có thể chuyển động, trong tình trạng tốc độ đông đặc không nhanh lắm cho nguyên tố tạp chất bên nhánh tinh thể kế cận sinh trưởng trước đó rất có thể bị dịch chuyển đến một nơi nào xa hơn trong pha lỏng. Cùng với sự phát triển của thể rắn, nguyên tố tạp chất sẽ càng tập trung lại trong thép lỏng còn lại sau cùng. Kết quả làm cho các nguyên tố phân bố lại theo chiều xa dần vào phía trong và phía trên thỏi thép. Lý thuyết gọi hiện tượng thành phần phân bố không đồng đều theo cự ly của thỏi thép là thiên tích vĩ mô hay thiên tích vùng. Thiên tích vĩ mô của thép có thể nhận biết bằng phân tích hoá học hay tẩm thực axit, quan sát trực tiếp bằng mắt thường hoặc với độ phóng đại thấp. Cho nên loại thiên tích này còn có tên gọi là thiên tích ở độ phóng đại thấp. Về nguyên nhân gây ra thiên tích vĩ mô của thỏi thép lỏng có nhiều giả thiết, gần đây nhất tương đối phổ biến là cho rằng do tạp chất tập trung ở giữa các tinh thể nhánh cây lúc kết tinh và các nguyên tố hợp kim còn ở thể lỏng chuyển dịch (lưu động) trong vùng 2 pha lỏng - rắn mà tạo thành. Trong sản xuất, phạm vi đông đặc càng lớn (thỏi càng lớn) nhiệt độ đúc càng cao, tốc độ đúc càng nhanh, tốc độ nguội càng chậm thì thiên tích vĩ mô càng trầm trọng.

Chương hai

CÔNG NGHỆ VÀ THIẾT BỊ ĐÚC KHUÔN

I. KHÁI QUÁT

Đúc khuôn là một trong 2 phương pháp đúc phôi thép (thời thép) hiện nay. Mặc dù tỉ lệ đúc khuôn ngày một giảm để thay thế bằng đúc liên tục, song đúc khuôn vẫn có một vị thế nhất định trong điều kiện sản xuất nhỏ, nhất là đối với các nhà máy cơ khí chế tạo. Đúc khuôn vẫn thích hợp cho đúc các thời thép lớn, thời thép đặc biệt để cung cấp cho xưởng rèn, nhà máy chế tạo thiết bị lớn, đúc phôi thép công cụ, phôi thép hợp kim.

Thép luyện xong đưa đi đúc chia làm 3 loại: thép lắng, thép sôi, thép nửa sôi. Ba loại thép này khác nhau ở mức độ khử oxy sau cùng.

1) Thép lắng: là loại thép khử oxy triệt để, nghĩa là khử oxy trong thép đến mức oxy còn lại thấp hơn số trị cân bằng với phản ứng oxy hoá C tương ứng với hàm lượng C có trong thép để khi đúc (dù có thiên tích đi chăng nữa) vẫn không đủ oxy để xảy ra phản ứng $[C] + [O] = CO\uparrow$ tạo ra hiện tượng như "sôi" (do có bọt khí CO thoát lên) mặt nước thép phẳng lặng nên còn gọi là thép lặng, thói quen hay gọi là thép lắng.

2) Thép sôi: là loại thép khử oxy ngược với thép lắng, có nghĩa là khử oxy không triệt để, hàm lượng oxy còn lại trong nước thép cao hơn hàm lượng oxy cân bằng với phản ứng $[C] + [O] = CO\uparrow$ tương ứng hàm lượng C có trong thép, nên khi đúc xảy ra phản ứng oxy hoá C, do đó có bọt khí CO thoát lên, nhìn từ mặt nước thép dâng lên trong thời cổ hiện tượng như đang "sôi" nên gọi là thép sôi.

3) Thép nửa sôi: là thép có mức độ khử oxy nằm giữa thép lắng và thép sôi, có nghĩa là khử oxy đến mức hàm lượng oxy trong thép bằng hoặc thấp hơn một chút để khi đúc lúc ban đầu không xảy ra phản ứng oxy hoá C nhìn mặt nước thép không có hiện tượng như "sôi", sau đó có thiên tích và nhiệt độ giảm dần mà điều kiện nhiệt động học và động học thay đổi đủ làm cho phản ứng oxy hoá C lại xảy ra.

Do xuất hiện 3 loại thép trên nên trong tiêu chuẩn thép kết cấu C thông dụng, kể cả thép chất lượng C thấp của nhiều nước trên thế giới đều có tiêu chuẩn cụ thể và phân ra theo 3 loại thép này. Nguyên nhân sâu xa xuất hiện 3 loại thép này chủ yếu là giải quyết vấn đề chất lượng và suất thu hồi kim loại liên quan đến giá thành sản xuất. Ngày nay cùng với khoa học và công nghệ phát triển nhanh chóng, có nhiều biện pháp để giải quyết suất thu hồi kim loại trong thép lắng. Nhất là phần lớn loại thép kết cấu C là đúc thổi liên tục, nên đúc thép sôi và thép nửa sôi đang lùi dần về dĩ vãng, như ở nước ta đối với người sản xuất hầu như ít nhắc đến 2 loại thép sôi và nửa sôi. So với 2 loại thép này, thép lắng có kết cấu đặc chắc hơn, thành phần đồng đều hơn, có tính năng cơ học và công nghệ đều cao hơn. Ngoài ra, đúc thép sôi và thép nửa sôi bị hạn chế trong điều kiện công nghệ nhất định chỉ của một số loại thép C thấp mà thôi. Do vậy, giáo trình này tập trung trình bày phần đúc thổi thép lắng.

II. THÉP LẮNG

2.1. Tổ chức kết cấu của thổi thép lắng

Đặc điểm hình dạng của thổi thép lắng là trên to dưới nhỏ có mũ giữ nhiệt, tổ chức về kết cấu có lớp ngoài cùng là lớp cực nguội có các tinh thể đẳng trục nhỏ mịn, tiếp đó là vùng tinh thể hình trụ (hay tinh thể hình nhánh cây) có trục chính thẳng góc với thành khuôn và hơi ngóc đầu lên một chút, vùng trong cùng (tâm thổi) là vùng tinh thể đẳng trục thô đại sắp xếp không qui tắc, đầu thổi có lõm co và xốp, đáy thổi có vùng tinh thể nhỏ mịn hình chóp.

2.1.1. Lớp cực nguội (nguội nhanh):

Khi nước thép rót vào khuôn do nhiệt độ thép tương đối cao khoảng trên 1500°C mà nhiệt độ khuôn lúc đó mới chỉ khoảng 40 ~ 80°C, cho nên

nước thép chịu tác dụng cực nguội của thành khuôn làm cho trong một thời gian ngắn nước thép tiếp xúc với thành khuôn chịu một độ quá nguội tương đối lớn nên kết tinh với một tốc độ rất nhanh. Ngoài ra, do nước thép tiếp xúc với bề mặt thô nhám của thành khuôn nên tạo ra một lượng lớn tâm mầm kết tinh ngoại lai. Vì tồn tại một lượng lớn tâm mầm kết tinh ngoại lai trên một đơn vị diện tích bề mặt của khuôn cộng với tốc độ làm nguội cực nhanh không cho phép tinh thể đủ thời gian để tiếp tục lớn lên, chèn ép lẫn nhau cản trở quá trình lớn lên, kết quả tạo ra vùng tinh thể đẳng trục nhỏ mịn nằm ngay lớp ngoài cùng của thép. Tinh thể sắp xếp không có định hướng và không có qui tắc đó là lớp cực nguội.

Chiều dày lớp cực nguội của thép không đều nhau và chịu ảnh hưởng bởi các nhân tố sau:

1) Tốc độ và nhiệt độ đúc: nếu như nhiệt độ đúc càng cao, tốc độ đúc càng nhanh thì nhiệt độ thép lỏng trong khuôn cũng càng cao, độ quá nguội sẽ càng nhỏ nên lớp cực nguội cũng sẽ mỏng theo.

2) Nhiệt độ và chiều dày khuôn: chiều dày khuôn lớn thì trong một đơn vị thời gian nhiệt lượng hấp thụ từ thép lỏng càng nhiều, tức là cường độ làm nguội lớn, lớp cực nguội sẽ dày. Nhiệt độ của khuôn cũng có tác dụng như vậy, nhiệt độ khuôn thấp cường độ làm nguội lớn để làm cho lớp cực nguội dày thêm.

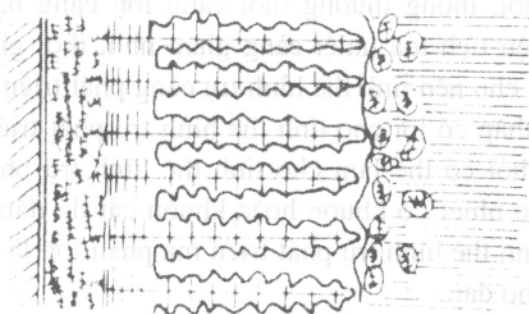
3) Hình dạng khuôn: ảnh hưởng đến lớp cực nguội chủ yếu là biểu hiện ở mặt làm nguội. Nói chung, trong một đơn vị thép lỏng có được diện tích làm nguội càng lớn thì lớp cực nguội càng dày, như lớp cực nguội của thép hình vuông dày hơn lớp cực nguội của thép hình tròn.

Lớp cực nguội tương đương như lớp áo ngoài của thép, có tác dụng bảo hộ nhất định. Nhưng độ dày nên thích đáng, quá mỏng thì chịu không nổi áp lực tĩnh của cột thép lỏng dễ sinh ra nứt dọc hoặc khi gia công áp lực dễ sản sinh ra vết nứt, còn quá dày sẽ làm cho lớp cực nguội co ngót không đều dễ xuất hiện cục bộ ứng suất quá lớn mà sinh ra nứt. Chiều dày lớp cực nguội thích hợp nhất là trong phạm vi 5 ~ 15 mm.

2.1.2. Vùng tinh thể hình trụ

Sau khi hình thành xong lớp cực nguội, nhiệt lượng tích vào khuôn khiến nhiệt độ khuôn nâng cao, đồng thời vì khuôn tích nhiệt mà giãn nở và

ngay bản thân lớp cực nguội cũng co ngót tạo ra 2 khối đó tách rời ra xuất hiện một lớp không khí chen giữa. Lớp không khí chen giữa này có nhiệt trở tương đối lớn làm cho tốc độ làm nguội của thép chưa đông đặc chậm lại, lúc này lượng tạo mầm cũng giảm nhỏ nhưng trên mặt biên giới giữa lớp cực nguội và thép lỏng tồn tại các điểm nhọn nhô ra, (hình 2 – 1) biểu thị. Những điểm nhọn này gắn với thép lỏng nhất, lộ trình con đường toả nhiệt qua đó là ngắn nhất, vì thế toả nhiệt nhanh nhất, cho nên chính các đầu nhọn này được phát triển lớn lên. Mặt khác, điều kiện phát triển trục chính của các tinh thể vào phía trung tâm là ưu việt nhất, và xung quanh mỗi tinh thể chịu phải sự cản trở của tinh thể kề cận mà không thể phát triển được, vì thế cuối cùng hiện ra những tinh thể hình trụ sắp xếp chính tế thẳng góc với thành khuôn. Nhưng trung tâm nhiệt của thép lỏng là ở phía trên, cho nên thường tinh thể hình trụ đều hơi hướng lên phía trên.



Hình 2 – 1. Giản đồ của sự kết tinh.

Tóm lại điều kiện tạo thành tinh thể hình trụ có thể qui nạp như sau:

1) Tốc độ lớn lên của tinh thể lớn hơn tốc độ hình thành mầm tinh thể, độ quá nguội ở mức độ trung bình. Độ quá nguội lớn hình thành tinh thể đẳng trục nhỏ mịn, độ quá nguội nhỏ hình thành tinh thể đẳng trục thô đại.

2) Sự hình thành và lớn lên của tinh thể hình trụ do dòng nhiệt có định hướng, cường độ nguội trung bình. Tinh thể hình trụ ngoài có tốc độ lớn lên của tinh thể lớn ra, còn do dòng nhiệt thẳng góc với thành khuôn, dòng nhiệt đó có phương song song với trục lớn lên của tinh thể, nhưng hướng ngược lại.

3) Sự lớn lên của tinh thể hình trụ cần có thời gian nhất định, ngoài điều kiện kể trên, thời gian kết tinh càng dài thì vùng tinh thể hình trụ càng phát triển.

Vùng tinh thể hình trụ phát triển theo một hướng nhất định khá rõ rệt, cho nên độ bền thấp, tính giòn cao, đặc biệt là nơi giao tiếp của tinh thể hình trụ ở góc thời biểu hiện tính chất này càng rõ rệt. Lớp tinh thể hình trụ quá phát triển khi gia công áp lực dễ sinh ra vết nứt trong thời thép. Cho nên trong quá trình đúc cần khống chế sự phát triển này. Nhân tố chính ảnh hưởng đến sự phát triển của tinh thể hình trụ trong quá trình sản xuất là:

* Kích thước thiết kế của khuôn thời:

Thành khuôn dày sẽ làm cho lớp cực nguội dày, lớp tinh thể hình trụ sẽ mỏng. Nhưng trong thực tế, sau khi hình thành lớp cực nguội, do xuất hiện lớp không khí xen giữa có nhiệt trở lớn làm cho ảnh hưởng của chiều dày khuôn yếu hơn, cho nên khi xác định chiều dày thành khuôn chủ yếu là tính đến tuổi thọ của khuôn và tiêu hao thời khuôn cho một đơn vị tấn thép, mà cơ bản không tính đến ảnh hưởng của lớp kết tinh. Ngoài ra là ảnh hưởng của trọng lượng thời, thông thường thời càng lớn càng nặng, đường kính càng lớn đơn vị diện tích tỏa nhiệt càng giảm nhỏ, thời gian tác dụng của dòng nhiệt kéo dài, cho nên tinh thể hình trụ càng phát triển. Ngoài điều này ra nhiệt độ khuôn thấp có lợi cho tinh thể hình trụ phát triển, như dội nước làm nguội khuôn thời có thể làm cho tinh thể hình trụ phát triển vào đến trung tâm, nâng cao nhiệt độ khuôn hoặc khuôn cát do dẫn nhiệt không tốt không có lợi cho tinh thể hình trụ phát triển mà phần lớn là hình thành vùng tinh thể đẳng trục thô đại.

* Thành phần nước thép:

Nói chung, vùng tinh thể hình trụ của thép hợp kim tương đối phát triển, tinh thể hình trụ của thép C cao cũng phát triển lớn hơn thép C thấp. Điều này là do khả năng dẫn nhiệt của nguyên tố hợp kim kém nên thời gian duy trì trạng thái lỏng ở vùng tâm thời kéo dài, có lợi cho tinh thể hình trụ phát triển. Mặt khác, do hàm lượng nguyên tố hợp kim và C tăng, khoảng cách giữa đường pha lỏng và đường pha rắn rộng hơn hoặc nhiệt độ chảy của thép hạ thấp cũng làm cho thời gian duy trì trạng thái lỏng của thép kéo dài mà dẫn đến tinh thể hình trụ phát triển. Thí dụ, thép hợp kim chứa Ni hoặc Cr cao, tinh thể hình trụ rất dễ phát triển, thậm chí có lúc sau khi kết tinh xong nối 2 đầu lại xuyên suốt cả thời thép.

* Tốc độ đúc, nhiệt độ đúc:

Nhiệt độ nước thép mới đúc càng thấp hoặc tốc độ làm nguội nước thép càng lớn thì tinh thể sẽ càng nhỏ và thời càng đặc chắc. Ngược lại, nâng

cao nhiệt độ đúc thì độ quá nguội của nước thép ở giữa thời càng lớn khiến cho tinh thể hình trụ phát triển. Với nhiệt độ đúc nhất định, nâng cao nhiệt độ đúc, tổn thất nhiệt ít, thời gian mà thép lỏng chịu tác dụng của dòng nhiệt trong khuôn kéo dài như thế tinh thể hình trụ sẽ tương đối phát triển; ngược lại tinh thể hình trụ sẽ kém phát triển.

*** Hàm lượng khí trong thép:**

Nếu hàm lượng khí trong thép tương đối nhiều, thì hàm lượng khí ở tâm thỏi thép càng nhiều, nhiệt độ chảy của thép lỏng hạ thấp rất có lợi cho tinh thể hình trụ phát triển. Bởi vậy, đúc thỏi có nước thép xử lý chân không thì vùng tinh thể hình trụ sẽ tương đối hẹp. Thép sôi dù trong khuôn có sự hình thành và thoát ra của CO do oxy hoá C mạnh, có thể đập gãy những tinh thể hình trụ, làm cho thỏi thép sôi tuy không đặc chắc nhưng vùng tinh thể hình trụ vẫn là tương đối hẹp.

*** Sự chuyển động của nước thép:**

Sự chuyển động của nước thép cũng có thể đập gãy các tinh thể hình trụ đang sinh trưởng, đầu gãy của tinh thể hình trụ lại có thể làm tâm mầm kết tinh, tăng năng lượng tạo mầm do đó mà có thể được thỏi có tinh thể vừa nhỏ mịn vừa đặc chắc. Nguyên lý của đúc rung động chủ yếu là như vậy. Khi sử dụng đúc trên, dùng dòng đúc nhỏ chậm chậm đúc đầy thỏi cũng có thể được thỏi thép có tinh thể tương đối nhỏ mịn, tinh thể hình trụ ít, điều này có liên quan đến sự vận động của nước thép trong khuôn.

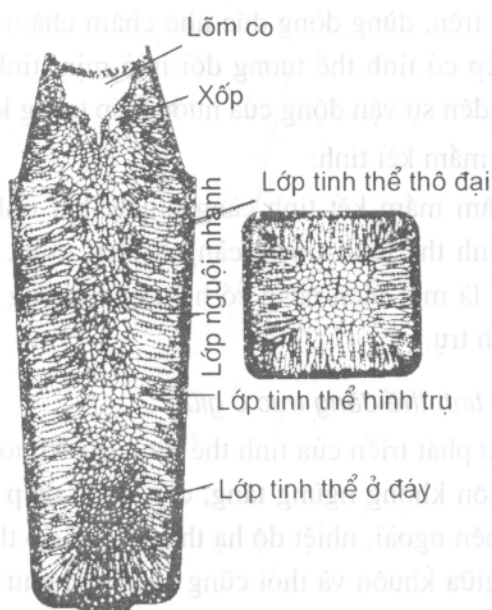
*** Số lượng mầm kết tinh:**

Số lượng tâm mầm kết tinh càng nhiều, hạt tinh thể trong thỏi càng nhỏ mịn, vùng tinh thể hình trụ sẽ càng ít phát triển, bởi vậy cho nên làm nhỏ mịn tinh thể là một biện pháp có hiệu quả khống chế sự phát triển của vùng tinh thể hình trụ.

2.1.3 Vùng tinh thể đẳng trục ở giữa:

Cùng với sự phát triển của tinh thể hình trụ, khuôn luôn được gia nhiệt nên nhiệt độ khuôn không ngừng tăng, còn nước thép chưa kết tinh thì dần dần toả nhiệt ra bên ngoài, nhiệt độ hạ thấp dần. Lớp thép đã được đông đặc dày lên, khe hở giữa khuôn và thỏi cũng tăng lên, như vậy dẫn đến nhiệt độ chênh giữa thép lỏng chưa đông đặc và mặt đang đông đặc nhỏ dần, vấn đề toả nhiệt có định hướng cũng dần dần yếu đi dẫn đến sự phát triển của tinh

thể hình trụ cũng chậm dần lại. Đến khi sự chênh nhiệt độ của khối thép lỏng bên trong chưa kết tinh với bề mặt lớp đã kết tinh giảm đến nhỏ nhất thì tinh thể hình trụ ngừng sinh trưởng. Đồng thời với điều đó, do kết quả của kết tinh lựa chọn, nhiều tạp chất phi kim tích tụ lại ở phần thép lỏng chưa đông đặc ở giữa đều là những tâm mầm kết tinh không đồng chất. Ngoài ra đầu của những tinh thể hình trụ lồi lõm cũng làm những tâm mầm của kết tinh, tức là nước thép còn lại tồn tại rất nhiều những tâm mầm kết tinh. Khi nhiệt độ vùng thép lỏng còn lại này đều hạ thấp đến dưới nhiệt độ chảy thì toàn bộ khối thể tích đó đều đồng thời đông đặc, hình thành vùng tinh thể đẳng trục thô đại sắp xếp không có qui tắc không định hướng. Cho nên có thể thấy rằng điều kiện để hình thành vùng tinh thể đẳng trục thô đại là tản nhiệt chậm, tốc độ nguội nhỏ và chỉ có độ quá nguội rất nhỏ. Ở bộ phận đáy của thỏi lớn có vùng tinh thể đẳng trục hình cầu có thành phần hoá học tương đối đồng đều và sạch, không thể dùng tấm thực axit mà nhận ra được, đó là do mưa tinh thể tích lại ở đáy thỏi cản trở sự hình thành của tinh thể hình trụ. Kết cấu tinh thể của thỏi thép lắng bao gồm: lớp cực nguội, lớp tinh thể thô đại, lớp tinh thể hình trụ, lớp tinh thể đẳng trục ở giữa và lớp tinh thể đẳng trục hình chóp ở đáy như hình 2 – 2.



Hình 2 – 2. Kết cấu tinh thể của thỏi thép lắng.

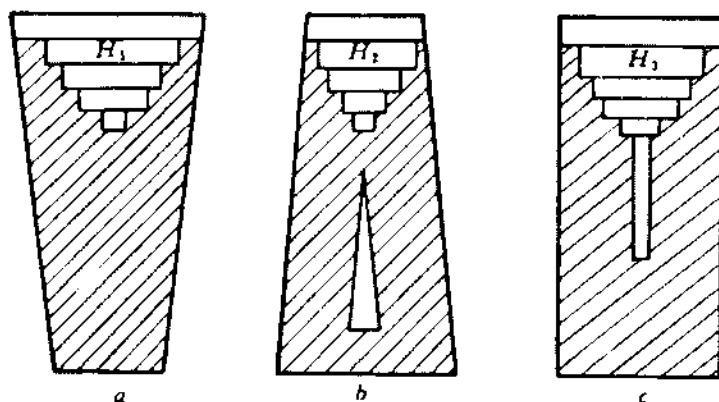
2.1.4. Lỗ co và xấp:

* Lỗ co:

Lỗ co của thỏi thép là một hố tập trung, được hình thành do lúc thép lỏng đông đặc co ngót mà không có thép lỏng điền hết vào đó được, là kết quả của sự co ngót của thể lỏng và thể rắn. Thỏi thép lỏng phần lớn dùng khuôn có hình dạng trên to dưới nhỏ và mang mũ giữ nhiệt, trên to dưới nhỏ là để lỗ co của thỏi tập trung ở đầu, còn tác dụng của mũ giữ nhiệt là làm cho vị trí lỗ co kéo lên khỏi thân thỏi và tập trung ở phần mũ giữ nhiệt. Trong lỗ co có chứa nhiều tạp chất, thậm chí không dùng được, khi gia công phải cắt bỏ, cho nên kích thước vị trí hình dáng lỗ co liên quan trực tiếp đến suất thu hồi vật liệu. Do trọng lượng thỏi và loại thép đúc khác nhau mà lượng cắt bỏ chiếm khoảng 10 ~ 20% trọng lượng thỏi, đây là tổn thất rất lớn, vì vậy lỗ co càng nhỏ càng tốt. Đối với bất cứ loại thép nào, lỗ co là điều không thể tránh khỏi chỉ khác là độ to nhỏ hình dạng và vị trí khác nhau mà thôi. Cho nên làm sao để kéo lỗ co hết lên mũ giữ nhiệt để giảm thiểu suất cắt đầu đến nay vẫn đang là đề mục quan trọng để nghiên cứu cho các nhà luyện kim.

Nguyên nhân chủ yếu ảnh hưởng đến kích thước của lỗ co như sau:

- Hình dạng và kích thước thiết kế khuôn thỏi:

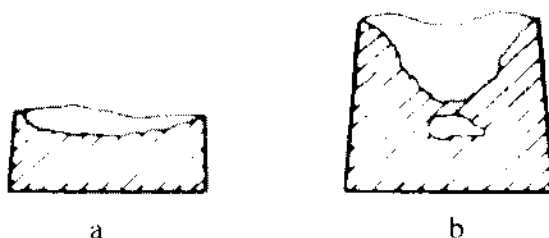


Hình 2 – 3. Ảnh hưởng của hình dạng khuôn thỏi đến chiều sâu của lỗ co (H_1, H_2, H_3).

Hình dạng khuôn trên to dưới nhỏ sau khi đúc có thể làm cho co ngót được diễn đầy một cách tốt nhất, chiều sâu của lõm co ngắn như hình 2-3a. Còn thỏi có hình dạng ngược lại trên nhỏ dưới to thì chiều sâu của lõm co dài như hình 2-3b. Trừ trường hợp ở phần đầu thỏi có lõm co ra, phía dưới còn có lõm co thứ 2, lõm co của khuôn trên dưới bằng nhau nằm giữa a và b (hình 2-3c). Cho nên thỏi thép lỏng thường sử dụng khuôn trên to dưới nhỏ có mang mũ giữ nhiệt ở đầu. Kích thước thiết kế ảnh hưởng chủ yếu đến lõm co của thỏi là tỷ lệ cao/rộng và độ côn. Khi tỷ lệ cao/rộng tương đối nhỏ thì lõm co cạn và rộng, khi cao/rộng lớn thì lõm co sâu và hẹp. Khi tỷ lệ cao/rộng không đổi độ côn càng lớn thì lõm co càng cạn, cơ hội để hình thành lõm co thứ 2 càng ít, độ côn càng nhỏ, lõm co càng sâu, khả năng tạo ra lõm co thứ 2 trong thân thỏi càng lớn. Tất nhiên độ côn không nên quá lớn vì làm tăng thiên tích, khi gia công nóng gia nhiệt sẽ không đều phía dưới rất dễ bị quá nhiệt.

- Mũ giữ nhiệt:

Nếu như nhiệt độ vùng mũ giữ nhiệt càng cao hoặc nâng cao khả năng giữ nhiệt của mũ thì thời gian duy trì thép lỏng ở phần đầu càng lâu càng có lợi cho việc diễn đầy lõm co trong quá trình kết tinh, lõm co sẽ càng nhỏ. Cho nên dùng phương pháp gia nhiệt cho mũ giữ nhiệt như hồ quang, đốt khí than, điện cảm ứng, dùng mũ cách nhiệt, mũ phát nhiệt và chất phát nhiệt ... là những biện pháp công nghệ đang được sử dụng. Trước mắt, mũ giữ nhiệt và dùng chất phát nhiệt được sử dụng phổ biến vì chế tạo lắp đặt tương đối đơn giản, bù co tốt mà không cần thiết bị phức tạp.



**Hình 2 – 4. So sánh tỷ lệ co ngót khi dùng
và không dùng chất phát nhiệt.**

a– Dùng mũ giữ nhiệt có chất phát nhiệt (lõm co tương đối phẳng)

b– Dùng mũ giữ nhiệt trước đây không có chất phát nhiệt (lõm co sâu, to)

Hình 2 – 4 biểu thị so sánh lõm co dùng mũ giữ nhiệt kiểu cũ và có dùng chất phát nhiệt. Trong thực tế sản xuất dùng mũ giữ nhiệt có thể nâng cao suất thu hồi vật liệu đến 4 ~ 6%.

- Nhiệt độ và tốc độ đúc:

Nếu nhiệt độ đúc quá cao, tốc độ đúc nhanh thì độ quá nhiệt của thép lỏng lớn, vì thế làm nguội từ nhiệt độ cao xuống đến nhiệt độ đường pha lỏng sản sinh ra co ngót sẽ lớn, lõm co cũng sẽ lớn, nhưng mà nhiệt độ đúc thấp tính lưu động (lỏng) của thép không tốt nên nước thép không thể điền đầy thật tốt, lõm co như thế sẽ sâu. Cho nên thao tác đúc thời phải căn cứ vào tình hình, trạng thái thực tế khách quan mà điều chỉnh tốc độ và nhiệt độ đúc một cách thích hợp nhất.

- Phương pháp đúc:

So sánh 2 phương pháp đúc trên và đúc dưới, thường tâm nhiệt của phương pháp đúc trên nằm ở phía trên của thỏi, lõm co hình thành sau cùng tương đối ngắn. Tâm nhiệt của đúc dưới thường nằm phía dưới nên lõm co tương đối sâu. Nhưng đúc thỏi nhỏ hoặc tỉ lệ cao/rộng tương đối nhỏ thì phương pháp đúc ảnh hưởng đến lõm co không thật rõ ràng như vậy.

- Phương pháp rót bổ xung (bù lõm):

Dùng dòng nhỏ rót bù lõm có lực xối nhỏ nên thép lỏng bù lõm không tốt lắm, dẫn đến lõm co còn tương đối sâu. Dùng dòng rót mạnh bổ xung thì có lực xối lớn, thép lỏng bù lõm co tốt, lõm co tương đối cạn. Nhưng do dòng xối đập mạnh rất dễ làm cho vật liệu chịu lửa ở ống rót và cổng rót biến mềm bị vỡ và rơi lẫn vào thân thỏi làm cho tạp chất phi kim trong thỏi tăng lên. Bởi vậy, trong quá trình đúc thép vẫn thường dùng dòng rót nhỏ rót bù và khi cần thiết mới dùng dòng rót xối rót bù.

- Thành phần hoá học và thành phần khí trong thép:

Vùng phạm vi nhiệt độ giữa đường pha lỏng – pha rắn càng lớn, co ngót thể tích của thỏi thép cũng sẽ càng lớn. Vì thế có thể kết luận, nguyên tố hoá học nào mở rộng phạm vi vùng 2 pha lỏng – rắn đều làm cho lõm co tăng lên. Thí dụ, lõm co của thép chứa C cao hơn thép C thấp chính là vì nguyên tố C là nguyên tố đã mở rộng phạm vi nhiệt độ đường 2 pha lỏng – rắn. Nguyên tố Mn, S tăng cũng làm tăng thể tích lõm co.

Hàm lượng khí càng nhiều càng giảm nhiệt độ chảy của thép xuống tương đương như tăng độ quá nhiệt, vì thế lõm co cũng tăng. Trong quá trình đông đặc, cùng với nhiệt độ hạ thấp, độ hoà tan của khí trong thép cũng giảm, thể khí thành bọt khí thoát ra cho nên cũng làm cho lõm co tăng lên. Bởi vậy, tăng giảm hàm lượng khí trong thép là một trong những biện pháp hữu hiệu cải thiện khuyết tật lõm co.

*** Xốp:**

Xốp là hiện tượng mà khi thép lỏng đông đặc, co ngót vì không được điền đầy hình thành các khe lỗ nhỏ li ti phân tán trong thỏi. Thường có 2 loại xốp, xốp ở giữa và xốp nổi chung. Nguyên nhân hình thành xốp và lõm co tương tự nhau. Xốp hình thành ở giữa theo chiều cao của thỏi gọi là xốp ở giữa (xốp trung tâm), còn xốp phân bố trên toàn bộ thân thỏi có thể ở khắp mọi nơi gọi là xốp nổi chung. Nguyên nhân tạo ra xốp là do:

- Nước thép kết tinh sau cùng chứa nhiều tạp chất, độ nhớt lớn không thể điền đầy hết những khe lỗ nhỏ (do co ngót) mà hình thành.

- Thể khí hòa tan trong thép lỏng thoát ra theo nhiệt độ hạ thấp mà ở bên ngoài đã hình thành một lớp vỏ cứng rồi không thể thoát ra được nằm lại, thường ở tâm thỏi dễ hình thành bọt khí hoặc xốp. Thường tác hại của xốp không nghiêm trọng bằng lõm co, khi cán rèn hoặc rèn nóng có thể hàn hợp lại, nhưng nếu như lực ép gia công không đủ lớn xốp vẫn tồn tại trong sản phẩm làm cho tính năng cơ học và tính năng công nghệ của thép bị hạ thấp.

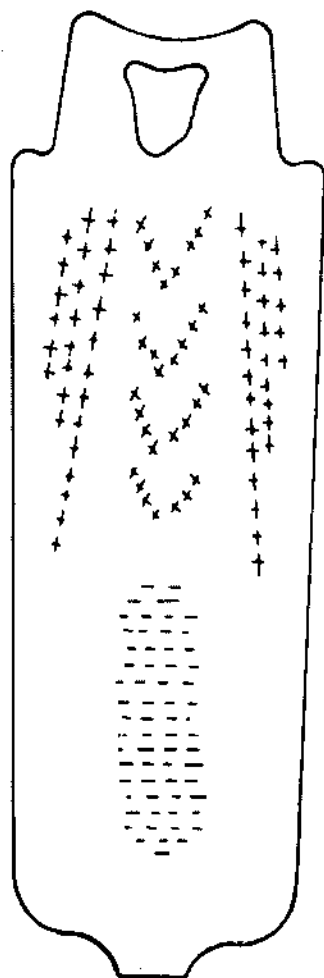
2.1.5. Vùng chớp ở đáy thỏi:

Vùng chớp ở đáy thỏi là chỉ vùng tinh thể đẳng trục nhỏ mịn lắng xuống ở phía dưới thỏi và có chứa nhiều tạp chất silicat. Đại bộ phận các nhà khoa học cho là do khi ở nhiệt độ kết tinh, những tinh thể thuần khiết kết tinh trước ở phía trên có tỷ trọng lớn, chỉ cần lớn đến một mức độ nào đó và do tác dụng của trọng lực thì lắng tích lại ở đáy thỏi. Đồng thời cũng có thể là do thép lỏng chuyển động đập vỡ những tinh thể hình trụ phía trên rơi xuống tích dần ở đáy thỏi. Khối lắng đọng tinh thể này có hàm lượng tạp chất của Al và muối silicat tương đối nhiều, chủ yếu là do vật liệu chịu lửa của ống rót và cổng rót cuối giai đoạn đúc bị bào mòn đưa vào trong tinh thể rơi xuống tạo ra.

2.2. Thiên tích của thỏi thép lỏng

2.2.1. Đặc trưng của thiên tích:

Đem bỏ dọc một thỏi thép lỏng, trên mặt cắt đó lấy mẫu trên các độ cao khác nhau phân tích có thể nhận ra hàm lượng các nguyên tố hợp kim, thể khí, tạp chất rất khác nhau (hình 2 – 5).



Hình 2 – 5. Thiên tích trong thỏi thép lỏng.

+ Thiên tích dương

- Thiên tích âm

Thành phần ở lớp cực nguội tương tự như thành phần bình quân của nước thép. Điều này là do thời gian đông đặc của vỏ lớp ngoài rất nhanh, nguyên tố hợp kim và tạp chất không kịp chuyển dịch cho nên lớp cực nguội của thỏi không có thiên tích.

Trong thời kỳ hình thành tinh thể hình trụ, do nguyên tố hợp kim và tạp chất tích tụ trong các khe giữa các tinh thể hình trụ, một mặt các nguyên tố hợp kim phát sinh khuếch tán trong thép lỏng, mặt khác do chênh nhiệt độ, tỷ trọng của nước thép tương đối nguội gần tinh thể hình trụ kết tinh trước lớn hơn nên có xu thế lắng xuống mà nhiệt độ ở giữa thỏi lại tương đối cao có tỷ trọng nhỏ hơn, thép lỏng dâng nổi lên, kết quả tạo ra một sự chuyển động tuần hoàn. Thể lỏng ven theo tinh thể kết tinh trước chuyển động xuống dưới, mang theo nước thép có chứa nhiều nguyên tố hợp kim và tạp chất đọng lại ở giữa các tinh thể hình trụ, tiếp theo đó dòng chảy tiếp cận vùng tinh thể đông đặc ở đáy chuyển hướng lại ven theo vùng tâm thỏi lên trên. Như vậy tạp chất, và nguyên tố hợp kim lại bị đưa vào giữa tâm và đầu thỏi. Nguyên tố hợp kim nào có thể làm cho tỷ trọng của thép lỏng giảm sẽ xúc tiến dòng chảy chuyển động lên trên. Thực tế, do quan hệ của tỷ trọng mà S và P thường tập trung ở giữa và phía trên đầu thỏi.

Trong thời kỳ kết tinh vùng tinh thể đẳng trục ở giữa, do những nhánh tinh thể lơ lửng có thể lắng xuống dưới vì thế dẫn đến sự thiên tích âm của S, P và một số thành phần khác ở giữa và phía dưới thỏi.

Nhưng oxy thì ngược lại, do các nhánh tinh thể lắng xuống mang theo tạp chất oxyt kết quả tạo thành lượng oxy ở giữa và phía dưới lại tăng lên. Tạp chất của Al ở thể rắn và muối silicat gắn thể rắn có thể tạo ra tâm mầm tinh thể không đông chất, các tinh thể dựa vào các tạp chất này mà lớn dần lên, các tạp chất này lại không thể nổi lên được nữa bị các nhánh tinh thể có tỷ trọng lớn hơn giữ lại, tạp chất lại cũng có thể là do nguyên nhân của sức căng mặt ngoài dính chặt vào các tinh thể hình trụ và bị tinh thể bao bọc lại cho nên vùng tinh thể chóp đáy chứa tạp chất Al và muối silicat tương đối nhiều.

Sự chuyển động tuần hoàn của nước thép và sự lắng xuống của những tinh thể lơ lửng trong thỏi thép có tác dụng rất lớn tạo thành thiên tích vĩ mô (thiên tích vùng) của thỏi thép lỏng. Từ hình 2 – 5 có thể nhìn thấy: nửa phần trên của thỏi càng hướng vào trong hàm lượng tạp chất và nguyên tố hợp kim

càng nhiều, quan sát theo chiều cao của thỏi, càng lên phía trên tập chất và nguyên tố hợp kim càng cao.

Có thể chia ra 2 vùng thiên tích trên toàn bộ thỏi thép: Vùng thiên tích dương ở phía trên và vùng thiên tích âm ở phía dưới. Ở giữa là vùng tập trung thiên tích nhiều tập chất và nguyên tố hợp kim phân bố hình chữ “V” gọi là vùng thiên tích chữ V. Phía ngoài khu vực thiên tích tâm trục, gần mặt ngoài của thỏi còn có một vùng thiên tích dương khác đó là vùng thiên tích hình chữ “A” gọi là vùng thiên tích bên ngoài tâm trục thỏi hay là thiên tích A, thiên tích hình chữ A hoặc V ngược. Trên mặt cắt ngang ta có thể thấy thiên tích tâm trục biểu hiện ở giữa còn bên ngoài tâm trục biểu hiện như hình vuông.

Thành phần hoá học không đồng đều trong thỏi thép là điều tất yếu, tạo ra các tính năng của thép không đều. Thiên tích càng lớn thì chất lượng thép càng tồi, nếu thiên tích S, P tập trung càng nhiều khi gia công nhiệt sẽ dễ bị nứt. Cho nên để giảm thiên tích hiển vi gây ra tính năng không đều đối với một số mác thép hợp kim cao quan trọng người ta phải kéo dài thời gian ủ khuếch tán ở nhiệt độ cao, như vậy rõ ràng tạo ra sự lãng phí rất lớn về nhân lực, thiết bị và giờ công lao động. Cho nên trong quá trình sản xuất cần nỗ lực giảm thiểu thiên tích, đây cũng chính là một đề tài cho các nhà luyện kim cần nghiên cứu giải quyết.

2.2.2. Những nhân tố chính ảnh hưởng đến thiên tích của thỏi thép:

* Tốc độ đông đặc của thỏi thép:

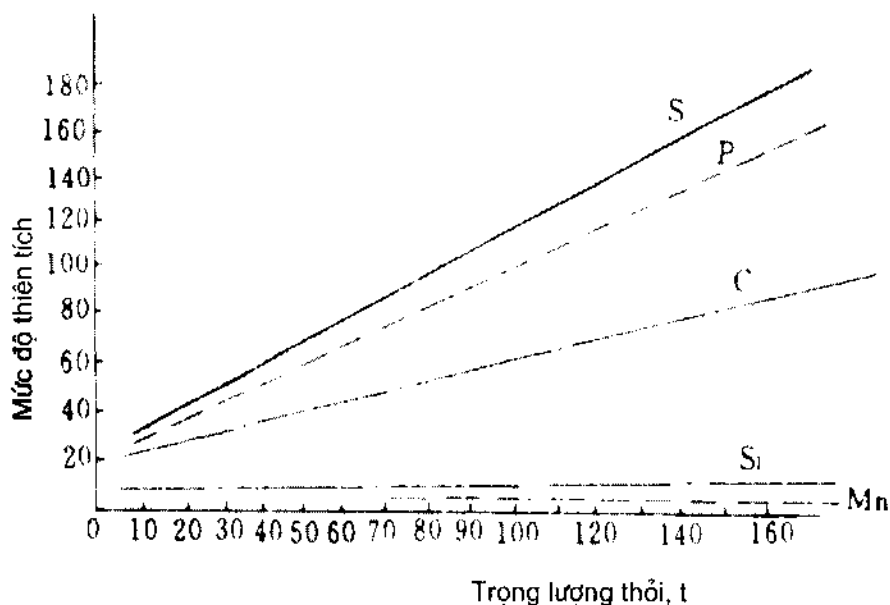
Sau khi rót xong, tốc độ làm nguội rất nhanh, thành phần của nước thép không kịp khuếch tán, thiên tích nhỏ; ngược lại tốc độ nguội chậm, thời gian thép lỏng nằm trong khuôn lâu thiên tích sẽ càng lớn. Thí dụ, so sánh 2 thỏi đúc ở khuôn kim loại và khuôn cát cùng một trọng lượng, do độ dẫn nhiệt của khuôn cát kém nên tốc độ nguội của nước thép chậm, dẫn đến thiên tích nghiêm trọng hơn. Nếu dùng bình kết tinh có nước làm nguội thì mức độ thiên tích sẽ nhỏ hơn. Cho nên có thể nói rằng tăng nhanh tốc độ kết tinh là một biện pháp quan trọng để giảm thiểu thiên tích.

* Trọng lượng và kích thước hình dạng khuôn:

Ảnh hưởng của trọng lượng và kích thước hình dạng khuôn đến thiên tích rất lớn. Nói chung trọng lượng thỏi càng lớn, bán kính mặt cắt ngang

của thỏi cũng càng lớn nên thời gian cần thiết để đông đặc thép lỏng trong khuôn cũng sẽ kéo dài, thiên tích càng trầm trọng, tức là mức độ thiên tích của nguyên tố phát triển theo trọng lượng thỏi tăng. Thí dụ, quan sát mặt cắt dọc của một thỏi thép lớn có thể phát hiện thấy dọc theo trục trung tâm của thỏi từ dưới lên trên hàm lượng C càng ngày càng cao. Phía trên của thỏi từ ngoài vào trong khuôn hàm lượng C càng cao hơn, đến tâm thì thiên tích dương của C là lớn nhất; ở phía dưới của thỏi cũng từ ngoài vào trong hàm lượng C giảm dần, đến tâm thì thiên tích âm của C là lớn nhất mà ngay chính điểm giữa thỏi theo chiều cao hàm lượng C mới tương tự hàm lượng C bình quân.

Mức độ thiên tích của thỏi liên quan đến trọng lượng thỏi (hình 2-6). Ngoài ra, nếu tăng chiều cao của thỏi để tăng sự chuyển dịch tuần hoàn của nước thép thiên tích cũng sẽ nghiêm trọng. Vì thế cải thiện tính đồng đều của cacbit trong thép gió người ta thường dùng khuôn dẹt hoặc thấp nhỏ. Một số nhà máy dùng thỏi nhỏ hơn, trên nhỏ dưới to đường kính 280 mm vì tốc độ nguội nhanh thiên tích tương đối nhỏ.



Hình 2 – 6. Quan hệ giữa mức độ thiên tích và trọng lượng thỏi.

* Thành phần nước thép:

Thực nghiệm đã chỉ ra rằng các nguyên tố C, S, P... có thể hoà tan vô hạn trong sắt lỏng, còn trong thể rắn thì chỉ hoà tan một phần. Do đó, những nguyên tố này với sắt tạo thành hợp kim có phạm vi nhiệt độ kết tinh tương đối lớn, cho nên khuynh hướng thiên tích rất lớn. Và thực nghiệm cũng chỉ ra với những nguyên tố như Si, Mn, Cr, Ni... đều hoà tan trong thể lỏng và thể rắn của sắt và kết hợp với Fe tạo thành hợp kim, có phạm vi nhiệt độ kết tinh nhỏ cho nên khuynh hướng thiên tích đều tương đối nhỏ, có nguyên tố trong thép hầu như không thiên tích. Vì thế, những nguyên tố mở rộng phạm vi nhiệt độ kết tinh như C, O, S, P ... ảnh hưởng rất lớn đến thiên tích của thép, nếu không sẽ ảnh hưởng đến thiên tích nhỏ, thí dụ như Si, Mn, Cr, Ni... chẳng hạn. Thực nghiệm đo ảnh hưởng của một số nguyên tố đến khuynh hướng thiên tích được liệt kê trong bảng 2 – 1.

Bảng 2 – 1. Ảnh hưởng của một số nguyên tố đến khuynh hướng thiên tích.

Nguyên tố	Phạm vi hàm lượng, %	K_{bq}	$1 - K$	Nguyên tố	Phạm vi hàm lượng, %	K_{bq}	$1 - K$
P	0,01 – 0,03	0,06	0,96	Cu	0,2 – 1,0	0,50	0,50
S	0,01 – 0,04	0,10	0,90	Al	2,0 – 5,0	0,53	0,47
B	0,002 – 0,10	0,13	0,87	Nb	1,0 – 3,0	0,53	0,47
C	0,3 – 1,0	0,26	0,74	Si	1,0 – 3,0	0,65	0,35
W	1,0 – 10,0	0,30	0,70	Cr	1,0 – 8,0	0,66	0,34
As	0,1 – 0,45	0,36	0,64	Mn	1,0 – 30	0,72	0,28
V	0,4 – 0,5	0,38	0,62	Co	1,0 – 20	0,76	0,24
Ti	0,2 – 1,2	0,47	0,53	Ni	1,0 – 30	0,87	0,13
Mo	1,0 – 4,0	0,49	0,51				

Trong bảng 2 – 1 có thể thấy số trị $1 - K$ của nguyên tố C, S, P đều trong phạm vi 0,74 ~ 0,94. Khuynh hướng thiên tích của chúng rất lớn, đại bộ phận đều nằm ở khu vực nửa trên của thép. S và P là nguyên tố có hại cho nên đối với một số mức thép chất lượng cao đều yêu cầu hàm lượng S, P rất nghiêm khắc. Bảng 2 – 1 cho thấy $1 - K$ của các nguyên tố như Si, Cr, Mn, Ni... rất nhỏ nên khuynh hướng thiên tích của Cr, Ni trong thép rất nhỏ, thực tế thép chứa > 4% Ni căn bản không có thiên tích chữ A.

*** Hàm lượng khí trong thép:**

Trong quá trình kết tinh, độ hòa tan của khí trong thép giảm dần theo nhiệt độ, thể khí thoát ra tạo thành những bọt khí đi vào nước thép chưa kết tinh làm cho nước thép chuyển động, từ đó thúc đẩy các nguyên tố C, S, P... di chuyển lên trên làm tăng thiên tích phía trên của thỏi. Hàm lượng khí trong thép càng cao, khuynh hướng thiên tích của các nguyên tố C, S, P càng lớn. Trong điều kiện thông thường, để giảm thiên tích trong thỏi do thể khí hoà tan gây nên, cần tăng cường sấy khô hệ thống đúc và nguyên vật liệu, giảm nguồn thể khí đi vào thép và trong quá trình luyện phải khử tạp chất triệt để. Ngoài ra, hiện nay đang sử dụng rộng rãi kỹ thuật tinh luyện ngoài lò và xử lý chân không đều có thể giảm thiểu lượng khí hoà tan vào thép làm cho khi đông đặc không có khí thoát ra, điều này đã cải thiện rất có hiệu quả thiên tích hình vuông.

*** Sự chấn động và chuyển động của nước thép:**

Thiên tích của thỏi thép có quan hệ với hiện tượng chấn động và chuyển động của nước thép. Trong quá trình sinh trưởng, tinh thể nhánh cây rung do lực cơ khí hoặc lực điện từ đập vỡ các nhánh tinh thể làm cho vùng tinh thể nhánh cây thu hẹp lại và mịn hóa tinh thể hoặc dùng một từ trường áp từ bên ngoài vào để tăng cường sự chuyển động tuần hoàn của nước thép trong quá trình kết tinh... đều có thể giảm yếu sự phát triển của thiên tích. Thực tế sản xuất đã chứng minh sau khi đúc xong dùng phương pháp chấn động khuôn có thể cải thiện rõ rệt thiên tích trong thỏi thép.

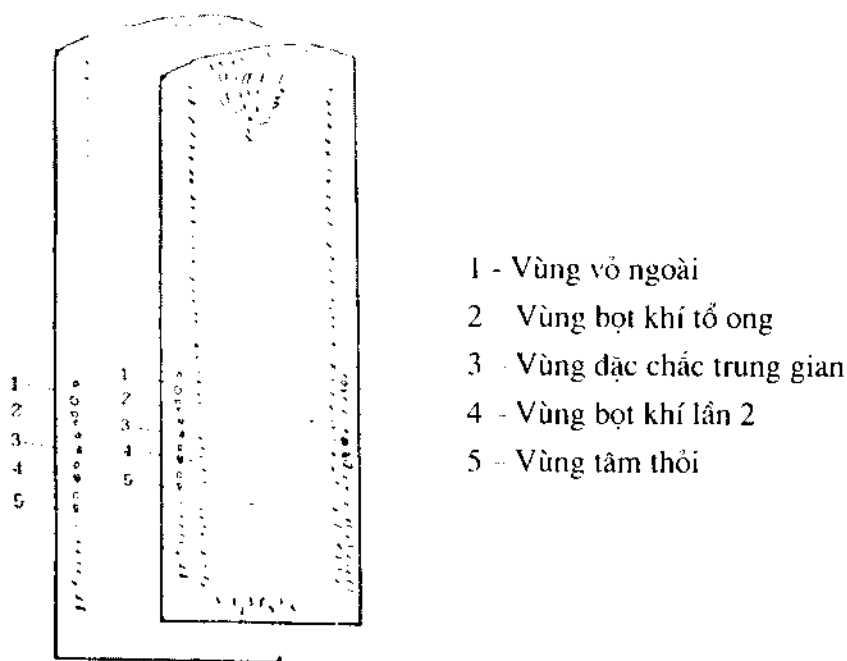
*** Công nghệ sản xuất:**

Để giảm thiên tích hoặc khử thiên tích trong thỏi thép, các nhà sản xuất có nhiều biện pháp công nghệ. Thí dụ, giảm thấp nhiệt độ đúc và giảm thích đáng tốc độ đúc, rút ngắn thời gian thép lỏng đông đặc trong khuôn, ... đều có lợi cho giảm nhẹ thiên tích. Trong sản xuất các tham số đúc khó có thể khống chế được thiên tích, chỉ có dùng phương pháp ủ khuếch tán để xử lý. Ủ khuếch tán có một tác dụng rất lớn trong việc cải thiện thiên tích dạng lưới của cacbit, nhưng đối với S, P thì tác dụng cải thiện không lớn, điều này chủ yếu là vì hệ số khuếch tán của chúng khác nhau. Như hệ số khuếch tán của C ở 1000°C là $(3\sim4)\times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{s}$ còn hệ số khuếch tán của P chỉ là $2,5\times 10^{-15} \text{ cm}^2/\text{s}$.

III. THỎI THẾP SÔI VÀ NỬA SÔI

3.1. Tổ chức kết cấu của thổi thép sôi

Thổi thép sôi cũng có 3 vùng tính thể rõ rệt: tính thể đẳng trục nhỏ mịn ở lớp vỏ ngoài hay còn gọi là lớp cực nguội, tính thể hình trụ và tính thể đẳng trục thô đại ở giữa. Do sự có mặt và tồn tại rất nhiều bọt khí, căn cứ vào sự phân bố bọt khí mà chia ra các vùng sau: vùng vỏ ngoài, vùng bọt khí tổ ong, vùng đặc chắc trung gian, vùng bọt khí lần 2 và vùng tâm thổi (hình 2 – 7 và 2 – 8).

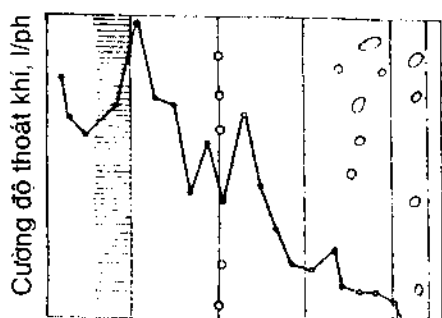


Hình 2 – 7. Kết cấu của thổi thép sôi.

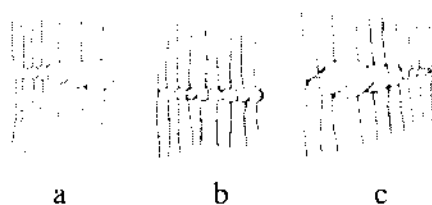
3.1.1. Vùng vỏ ngoài:

Nước thép vào khuôn chịu một độ quá nguội rất lớn của thành khuôn nên một lớp tính thể đẳng trục nhỏ mịn được hình thành không có bọt khí, đó chính là lớp vỏ ngoài. Chiều dày lớp vỏ ngoài là một chỉ tiêu kỹ thuật quan trọng của thổi thép sôi. Nước thép chứa lượng oxy cao, tốc độ rót chậm, sôi càng mãnh liệt làm cho bọt khí dễ dâng lên và thoát ra ngoài, kết

quả được một lớp vỏ càng dày. Nếu lớp vỏ quá mỏng, khi gia nhiệt phối thép để cán trong môi trường oxy hoá của lò nung thì bề mặt bị oxy hoá làm cho bột khí bên trong (như lớp bột khí tổ ong) lộ hẳn ra ngoài, mặt trong của bột khí bị oxy hoá khi cán không thể hàn hợp lại được mà thành phế phẩm. Yêu cầu chiều dày của lớp vỏ đối với thép lớn khoảng 20 ~ 30 mm, thép nhỏ là khoảng 15 ~ 20 mm.



Thời gian, ph



Hình 2 – 8. Quan hệ giữa hình thành và thoát khí của kết cấu thép sôi.

Hình 2 – 9. Quan hệ giữa sự hình thành bọt khí tổ ong và tốc độ kết tinh.

1–Lớp vỏ ngoài

2–Vùng bọt khí tổ ong

3–Vùng đặc chắc trung gian

4–Lớp bọt khí lần 2

5– Lớp bọt khí ở giữa

6– Đường tâm thời

a– Tốc độ kết tinh < Tốc độ lớn lên của bọt khí

b– Tốc độ kết tinh = Tốc độ lớn lên của bọt khí

c– Tốc độ kết tinh > Tốc độ lớn lên của bọt khí

3.1.2. Vùng bọt khí tổ ong:

Cùng với sự sinh trưởng của tinh thể hình trụ, tốc độ kết tinh chậm lại, làm hàm lượng [C] và [O] không ngừng tích tụ trong thép lỏng, phản ứng C – O tiếp tục tiến hành; đồng thời do áp lực tĩnh của cột kim loại tăng lên, bột khí phía dưới không thể thoát lên được nằm lại trong thép ở vùng tinh thể hình trụ tạo ra một vùng bọt khí tổ ong. Mối quan hệ giữa sự hình thành bọt khí tổ ong và tốc độ kết tinh (hình 2 – 9).

3.1.3. Vùng đặc chắc trung gian:

Sau khi thổi thép đã bị đầu, áp lực bên ngoài đè lên bọt khí gia tăng đột ngột làm ức chế ngay phản ứng $C - O$ tiếp tục tiến hành, nhưng quá trình kết tinh vẫn tiếp tục nên hình thành một vùng đặc chắc trung gian.

3.1.4. Vùng bọt khí thứ hai:

Lớp thép lỏng kề cận tinh thể vừa kết tinh, tự dẫn hàm lượng $[C]$ và $[O]$ đến một lúc hàm lượng vượt quá giới hạn hàm lượng cân bằng của phản ứng $C - O$. Phản ứng tiếp tục tiến hành nhưng không đủ lực để thoát lên được mà nằm lại nơi phản ứng, hình thành vùng bọt khí thứ hai phân bố trên toàn bộ chiều cao của thổi.

3.1.5. Lớp tâm thổi:

Tương tự như thổi thép lắng, khi truyền nhiệt định hướng giảm, nhiệt độ ở giữa thổi lúc này đã hạ thấp xuống đến tiếp cận đường pha lỏng và bắt đầu kết tinh hình thành tinh thể đẳng trục thô đại. Lúc đông đặc vẫn còn sự tích tụ $[C]$ và $[O]$ do thiên tích nên vẫn có một lượng nhỏ bọt khí CO sinh thành ở giữa thổi. Bọt khí ở các nơi trong thổi thép sôi có thể triệt tiêu thể tích co ngót của thép lỏng kết tinh và nguội, cho nên thổi thép sôi không có lỗm co tập trung, thông thường đầu thổi hơi nhỏ lên một chút.

3.2. Các nhân tố ảnh hưởng đến kết cấu của thổi thép sôi

Chất lượng của thổi thép sôi có liên quan mật thiết với kết cấu của thổi thép. Độ dày của lớp vỏ, mức độ thiên tích, mức độ lỗm co ở đầu thổi... đều là những chỉ tiêu chủ yếu đánh giá chất lượng thổi thép sôi.

3.2.1. Ảnh hưởng của phương pháp đúc:

Phương pháp đúc thép sôi (đúc trên và đúc dưới) chủ yếu quyết định bởi năng lực của máy cán. Tốc độ đúc trên nhanh hơn tốc độ đúc dưới (đúc trên $0,6 \sim 0,9$ m/ph, đúc dưới $0,17 \sim 0,35$ m/ph) nên đối với đúc trên áp lực tĩnh của cột kim loại trong khuôn thổi tăng lên nhanh chóng, không lợi cho tạo thành bọt khí CO , sôi yếu, lớp vỏ mỏng. Chất lượng bề mặt của đúc trên xấu, chiếm thời gian làm việc của cầu trục tương đối dài, nên phần lớn phương pháp đúc thép sôi là đúc dưới.

3.2.2. Ảnh hưởng của tốc độ đúc:

Tốc độ đúc là nhân tố chủ yếu ảnh hưởng đến kết cấu thổi thép, thay đổi tốc độ đúc thích hợp có thể khống chế chiều dày lớp vỏ theo yêu cầu.

Đúc dưới tốc độ chậm, áp lực tĩnh của nước thép dâng lên chậm nên bọt khí dễ hình thành và nổi lên thoát ra ngoài, thể khí hòa tan trong thép lỏng cũng dễ thoát ra nhanh chóng nên lớp vỏ dày. Tốc độ đúc mà quá chậm cũng dễ tạo ra lớp vỏ mỏng.

3.2.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ đúc:

Nhiệt độ cao, thời gian kết tinh trong khuôn dài, phản ứng oxy hoá C chậm mà khí Hydro và Nitơ cũng thoát ra muộn, giai đoạn đầu sôi yếu giai đoạn sau sôi mạnh, không những lớp vỏ mỏng mà ở phần đầu dễ tạo thành rãnh liên thông với bọt khí tổ ong, tạo thành các vết nứt. Nhưng nếu nhiệt độ đúc thấp hơn thép lỏng sệt, sôi khó cũng khó thu được lớp vỏ dày, tạp chất không dễ nổi lên bị găm lại trong thép lỏng, nói chung nhiệt độ chỉ nên cao hơn nhiệt độ đường pha lỏng khoảng $80 \sim 100^{\circ}\text{C}$, thời nhỏ dùng giới hạn trên.

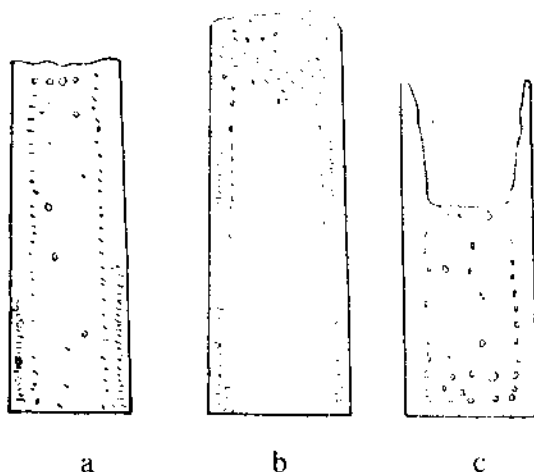
Khi đúc phải xét toàn diện ảnh hưởng của cả nhiệt độ và tốc độ đúc. Khi nhiệt độ đúc tương đối cao nên kéo dài thời gian lắng một chút sau đó đúc chậm. Nếu nhiệt độ quá thấp thì lại phải tiến hành đúc nhanh.

3.2.4. Ảnh hưởng của thành phần nước thép:

Số trị $[\text{O}] : [\text{C}]$ cao làm sôi mạnh, C tương đối cao, $[\text{O}]$ giảm thấp khiến lúc kết tinh ban đầu hình thành bọt khí và thoát ra không được nhiều, vỏ mỏng; khi hàm lượng C thấp, trong nước thép chứa oxy tương đối cao nên sau khi nước thép rót vào khuôn có thể nhanh chóng xảy ra phản ứng, lượng bọt khí lớn thoát ra làm nước thép trong khuôn chuyển động mãnh liệt tạo điều kiện cho bọt khí thoát ra ngoài càng thuận lợi, thu được lớp vỏ dày đặc chắc.

$[\text{Mn}]$ và $[\text{Al}]$ có thể hình thành MnO và Al_2O_3 , giảm hàm lượng oxy khiến cho nước thép trở nên sệt, sôi yếu, tạp chất bị găm lại không nổi lên được, chiều dày lớp vỏ giảm (hình 2 - 10). Lớp vỏ ngoài sau khi rót xong cơ bản đã hình thành cho nên kéo dài thời gian sôi của nước thép trong khuôn không nhất định tăng thêm độ dày của lớp vỏ, ngược lại thời gian sôi càng dài lớp bọt khí tổ ong càng rộng, bọt khí lần thứ hai càng to, thiên tích càng nghiêm trọng.

Thông thường, nên đẩy nắp bịt đầu thổi làm cho đầu thổi nhanh chóng đông đặc kết thúc sôi sớm rất có lợi cho việc giảm thiên tích trong thổi thép. Ngoài ra còn có phương pháp bịt đầu hoá học là đổ Al và FeSi là chất khử oxy mạnh vào đầu thổi ngưng ngay sôi, tăng nhanh đông đặc.



Hình 2 – 10. Kết cấu của thép sôi theo mức độ khử oxy khác nhau.

a– Vừa phải

b– Quá yếu

c– Quá nhiều

3.3. Một số biện pháp ngăn ngừa khuyết tật thép sôi

Các khuyết tật chủ yếu của thép sôi có: lớp vỏ mỏng, lẫn xỉ, kết u, đầu thổi dâng lên hoặc lõm xuống... Nguyên nhân và biện pháp phòng ngừa như sau:

1) Trên bề mặt thổi nhìn thấy các bọt khí hoặc lỗ khí sâu hàng cm lộ hẳn ra, sau khi cán nhìn thấy trên bề mặt những vết sước kéo dài hoặc mặt rõ sâu dài. Nguyên nhân sinh ra là do điều kiện nhiệt động học, nhiệt độ đúc quá cao hoặc quá thấp nên thép lỏng “sôi” trong khuôn không tốt bởi vậy cần khống chế tốt nhiệt độ đúc và tính oxy hóa của nước thép.

2) Đầu thổi nhô lên như rau súp lơ chứng tỏ tốc độ đúc quá nhanh hoặc tính oxy hoá của nước thép quá mạnh.

3) Đầu thổi lõm xuống chứng tỏ sự “sôi” trong khuôn quá yếu, [Mn] hơi cao hoặc nhiệt độ đúc thấp do vậy cần khống chế thời gian bọt đầu thổi hoặc tính oxy hoá của nước thép.

4) Lẫn tạp chất tích tụ sau khi cán trên bề mặt có vết hằn sâu tới 1 mm hoặc cục bộ bị nứt, hiện tượng này thường xảy ra ở đầu và cuối thổi do tích tụ nhiều tạp chất sunfua và oxyt co cụm. Do vậy cần giảm hàm lượng S và

tạp chất, điều chỉnh thích hợp nhiệt độ đúc, tốc độ đúc và tính oxy hóa (mức độ khử oxy) để bảo đảm sự sôi tốt.

5) Sọc trên bề mặt là do dòng đúc bị bắn tung toé, rót lệch tâm, nước thép sôi bắn tung toé do khử oxy quá mức, nhiệt độ đúc hơi cao, dòng rót không chụm và ổn định, chưa làm sạch hệ thống đúc.

Nói tóm lại thời thép sôi thông thường là cân bằng vì tính dẻo tốt nên chất lượng bề mặt là cực kỳ quan trọng. Ngoài ra, do có sự sôi khuấy động nước thép trong quá trình kết tinh từ đó dẫn đến hiện tượng thiên tích hết sức trầm trọng làm xấu tính năng của thép rất nhiều. Ưu điểm của thép sôi là không có lốm cốm tập trung, thiết bị đúc đơn giản, nếu công nghệ thiết bị đúc tốt có thể nâng cao suất thu hồi kim loại lên đến 95 ~ 96%, ngoài ra tiết kiệm được một phần nguyên tố hợp kim (chất khử oxy) nên giá thành sản xuất thép sôi thấp hơn nhiều so với thép lắng. Nhưng chất lượng thép sôi kém do thiên tích trầm trọng, tập hợp lên phần đầu thỏi ở diện rộng chứ không thành hình chữ A hoặc V như thép lắng. Chính thế nên thép sôi không được sử dụng vào những nơi quan trọng nên thị trường bị thu hẹp lại rất nhiều. Làm sao để giảm thiên tích do sôi thoát CO lên, dẫn đến chuyển động nước thép trong quá trình kết tinh là động lực thúc đẩy sự co cụm của tạp chất và hợp kim do kết tinh lựa chọn, nhưng lại vẫn có được ưu điểm nổi trội là suất thu hồi kim loại cao của thời thép sôi – đó lại cũng chính là bọt khí CO, đây chính là nguyên nhân ra đời của thép nửa sôi.

3.4. Thép nửa sôi

3.4.1. Đặc điểm của sản xuất thép nửa sôi:

Khuôn đúc thép nửa sôi trên to dưới nhỏ như thép sôi, mức độ khử oxy nằm giữa thép sôi và thép lắng. Có 3 loại thép nửa sôi là không khử oxy, khử oxy bình thường và khử oxy nhiều.

Thông thường dùng chất khử oxy là Mn, cũng có khi dùng Si (chứa Si khoảng 0,08 ~ 0,15%) hoặc dùng Al (chứa Al khoảng 0,015 ~ 0,05%). Dùng Mn ở dạng FeMn hoặc SiMn cho vào lò hoặc thùng chứa, dùng Si ở dạng FeSi và cho vào thùng chứa. Al thì chia ra một phần cho vào thùng chứa, một phần cho vào lúc đúc ở ống rót trung tâm hoặc trên đầu thỏi. Do đặc điểm và phương pháp khử oxy như vậy cho nên có được các loại thép nửa sôi như sau:

1) Thép dùng Mn và Si khử oxy trong lò cùng kết hợp Si và Al khử oxy trong thùng chứa.

2) Thép dùng Mn và Si khử oxy trong lò hoặc trong thùng chứa rồi lại dùng Al khử oxy trong ống rót trung tâm.

3) Thép có lớp vỏ sôi tức là thép cho sôi trong khuôn 2 ~ 3 phút sau đó dùng Al khử oxy ở đầu thổi (dùng ngay sự sôi).

Hành vi của kim loại sau khi rót vào khuôn và hình thức bên ngoài của đầu thổi chính là tiêu chí của mức độ khử oxy, đó là sau khi bọt đầu 10 ~ 15 giây nếu có hoa lửa, đầu thổi (bề mặt) hơi lồi lên một cách đồng đều là được.

Mức độ khử oxy của thép nửa sôi có ảnh hưởng mang tính quyết định đến cơ tính tổ chức đầu thổi và lớp vỏ ngoài của thổi thép, tức là ảnh hưởng trực tiếp đến hệ số thu hồi kim loại, chất lượng bề mặt sau khi cán và khối lượng công việc thanh lý. Khử oxy chuẩn xác có thể đảm bảo lượng cát đầu thấp nhất. Cơ tính của thép, chất lượng, kiểm tra tổ chức cho đến khối lượng thanh lý phối thép... đều rất tiếp cận tiêu chuẩn của thép lắng.

Dùng thép nửa sôi thay thép lắng có các lợi thế như sau: hệ số cát đầu ít, suất thu hồi kim loại cao hơn 7 ~ 10%, thiết bị như đúc thép sôi nên đơn giản hoá tháo lắp và chuẩn bị khuôn, năng suất đúc thổi cao hơn. Thay thế thép sôi vì thiên tích ít hơn, giảm thiểu nhiều phế phẩm sau khi cán, suất thu hồi kim loại tiếp cận thép sôi nhưng chất lượng tính năng vật liệu thép tốt hơn, năng suất đúc thổi cũng cao. Hàm lượng Mn và C không bị hạn chế nghiêm khắc, có thể mở rộng phạm vi C tới 0,05 ~ 0,9%, Mn tới 0,25 ~ 1,7%, Si thì nhỏ hơn hoặc bằng 0,12%. Và có thể có một số nguyên tố hợp kim thấp hay nói một cách khác chủng loại sản phẩm tiếp nhiều hơn.

Cái khó của sản xuất thép nửa sôi là yêu cầu mức độ khử oxy rất nghiêm khắc, hàm lượng oxy của nước thép phải ổn định trong một phạm vi hẹp, ba động < 5 ppm. Hàm lượng khí, đặc biệt là khí Hydro ảnh hưởng rất rõ rệt đến sự cân bằng cho nên cũng phải khử một cách triệt để. Thiên tích nhỏ hơn thép sôi nhưng vẫn trầm trọng hơn thép lắng, mặt khác thép nửa sôi thường dùng Si để khử một phần oxy nên sản phẩm của khử oxy này rất khó loại bỏ, thành tạp chất và muối silicat có tính dẻo kéo dài theo hướng cán nên cũng làm giảm độ dai va đập và độ dẻo theo hướng ngang của vật liệu. Cho nên thép nửa sôi thường ít được dùng vào các nơi quan trọng hoặc lâu dài.

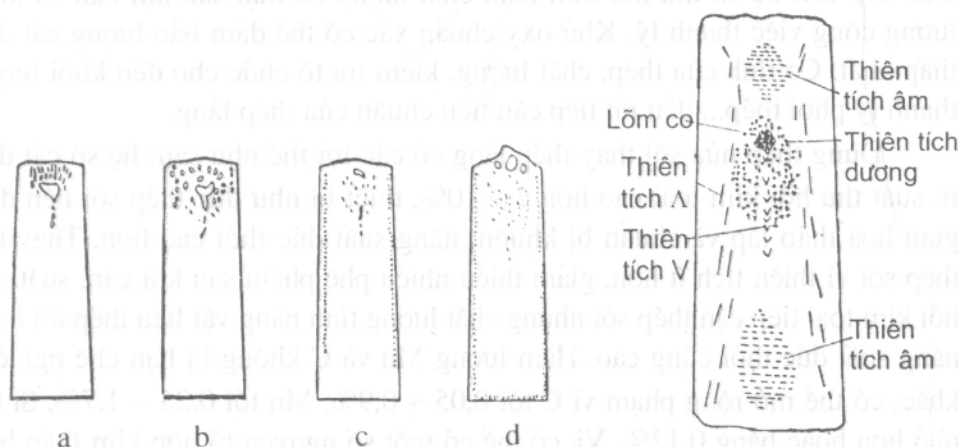
3.4.2. Kết cấu của thổi thép:

Kết cấu thổi thép về tinh thể và phân bố bọt khí nằm giữa thép sôi và thép lắng. Ảnh hưởng đến kết cấu của thổi thép có nhiều nhân tố khá phức

tập nhất là điều kiện sản xuất rất khác nhau nên khó mà tóm lại được một loại hình kết cấu cố định. Trong một điều kiện sản xuất nhất định, kết cấu của một loại mác thép là xác định tổng hợp của các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật.

* Loại thép thiên về thép lắng:

Mức độ khử oxy hơi mạnh hơn thép sôi dùng cả FeMn, FeSi và Al để khử trong thùng chứa. Không dùng Al cho vào ống rót trung tâm hoặc chỉ dùng một ít để điều chỉnh tính oxy hoá của thép lỏng sau khi rót. Phía trên thổi có hình thành một số bọt khí nhưng không đủ để bù hết lõm co mà hình thành lõm co ở các mức độ khác nhau. Hệ số cắt đầu tuy có hơi cao nhưng thấp hơn thổi thép lắng nhiều, thích hợp để đúc dưới thép C trung bình (hình 2 - 11a).



Hình 2 - 11. Một số loại thép nửa sôi. Hình 2 - 12. Thiên tích của thổi thép nửa sôi.

* Loại thép thiên về thép lắng:

Mức độ khử oxy hơi mạnh hơn thép sôi dùng cả FeMn, FeSi và Al để khử trong thùng chứa. Không dùng Al cho vào ống rót trung tâm hoặc chỉ dùng một ít để điều chỉnh tính oxy hoá của thép lỏng sau khi rót. Phía trên thổi có hình thành một số bọt khí nhưng không đủ để bù hết lõm co mà hình thành lõm co ở các mức độ khác nhau. Hệ số cắt đầu tuy có hơi cao nhưng thấp hơn thổi thép lắng nhiều, thích hợp để đúc dưới thép C trung bình (hình 2 - 11a).

* Loại thép thiên về thép sôi:

Khống chế khử oxy không hết chỉ dùng FeMn hoặc SiMn để khử oxy trong thùng rót, sau đó cho Al vào ống rót trung gian để điều chỉnh quá trình rót

đúc. Kết cấu tương tự như thép sôi, sôi không tốt, không có lõm co tập trung đầu thổi hơi nhô lên, lớp bề mặt đều có bọt khí suốt từ dưới lên trên, hơi mỏng. Loại thép này sản xuất tương đối nhiều ở Mỹ, tuyệt đại đa số đúc trên, và dùng lửa đốt của khí ga thanh lý đảm bảo cho chất lượng bề mặt thổi tốt, đối với thép C thấp và cực thấp thay cho thép sôi hiệu quả kinh tế khá tốt (hình 2-11d).

* Loại trung gian (hình 2 - 11b và 2 - 11c):

Đây là loại thép khử oxy cân bằng có kết cấu đặc trưng nhất. Bọt khí cơ bản đã khử hết, lõm co tập trung do nước thép co ngót, đầu thổi hơi nhô lên một chút. Phía trên tính theo chiều cao thổi khoảng 20% có phân bố những bọt khí tổ ong hoặc bọt khí dưới lớp vỏ. Loại thép này có hệ số cất đầu thổi thấp nhất, nhưng tương đối khó khống chế mức độ khử oxy. Thiên tích thổi thép nửa sôi như hình 2 - 12.

* Các loại khác và hướng phát triển trong tương lai:

Trên thực tế, phần lớn những loại thổi thép kể trên đều có hệ số cất đầu thổi thấp hơn thép lắng, thiên tích ít hơn thép sôi, kể cận giữa 2 loại thép này nên đều gọi là thép bán sôi. Hiện nay đang nghiên cứu một loại thổi thép bán sôi mà bên ngoài sôi trong lắng hoặc ngoài lắng trong sôi.

Loại kết cấu của thổi thép mà ngoài sôi trong lắng cơ bản giống thổi thép sôi, thích hợp với các loại thép C thấp. Đúc theo công nghệ đúc thép sôi, cuối thời kỳ rót đúc thì cho Al hoặc Al hạt vào ống rót trung tâm (đúc dưới) hoặc vào đầu thổi (đúc trên) để cưỡng chế khử oxy, ức chế sự sôi trong khuôn để thu được thổi thép có lớp vỏ ngoài như thổi thép sôi còn phía trong thiên tích rất ít, cải thiện đáng kể chất lượng thổi thép mà hệ số cất đầu ít hơn thép lắng.

Loại thép mà ngoài lắng trong sôi là khử oxy như nửa sôi, trong quá trình rót đúc cho vào chất tạo khí (không khí, vẩy sắt...) thúc đẩy sự sôi để thu được thổi thép bên trong như thép sôi, ngoài như thép lắng.

3.4.3. Khống chế kết cấu thổi thép nửa sôi:

* Phán đoán và điều chỉnh mức độ oxy hoá:

Khử oxy của nước thép không đủ thì đỉnh đầu thổi sẽ nhô lên, chiều rộng và chiều cao vùng bọt khí tổ ong đều tăng, lớp vỏ ngoài mỏng. Khử oxy quá thì đỉnh đầu thổi lõm xuống, đầu thổi xuất hiện một lõm co tương

đổi sâu. Hai trường hợp trên đều dẫn đến suất thu hồi giảm. Trước đây khi đúc thép sôi thì luôn luôn căn cứ vào sau khi rót xong thời thứ nhất hay đĩa thứ nhất xem thời gian hoa lửa bắn lên hoặc hình dạng đầu thời sau khi đông đặc thế nào để phán đoán mức độ oxy hoá. Khi cần có thể cho Al điều chỉnh. Gần đây ứng dụng phương pháp pin nồng độ trực tiếp đo hàm lượng oxy, như vậy trình độ sản xuất thép nửa sôi được nâng cao. Căn cứ vào điều kiện cụ thể của nhà máy và đặc điểm của nước thép mà có 3 phương pháp khống chế:

- Xác định hàm lượng oxy trong lò để dự báo lượng chất khử oxy cần dùng cho vào thùng chứa.

- Xác định hàm lượng oxy trong thùng chứa để khống chế chất khử oxy cho bổ sung (khi cần có thiết bị khuấy trộn) hoặc dự báo lượng Al cho bù vào khuôn.

- Xác định hàm lượng oxy trong khuôn để dự báo và khống chế lượng và thời gian cho Al bổ sung vào các thời sau khi rót xong.

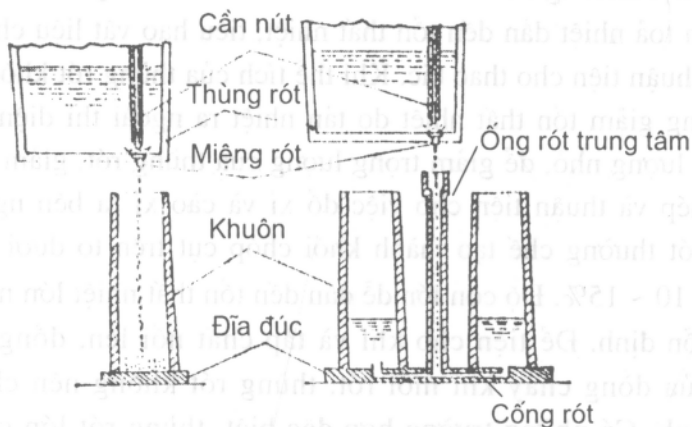
* Nhiệt độ và tốc độ đúc:

Nên dùng biện pháp rót nhanh ở nhiệt độ thấp, có thể khống chế được phản ứng $C - O$ trong khuôn, giảm nhẹ ảnh hưởng của khử khí oxy và thành phần khí, ... Đối với kết cấu của thời, giảm thiểu bọt khí lộ hẳn ra ngoài thành phế phẩm, khử bỏ sọc và giảm thiểu xỉ nổi cuộn vào trong thép. Nhiệt độ đúc thấp tức là điều kiện để đúc nhanh. Trong điều kiện nước thép dâng lên trong khuôn thuận lợi nên tận dụng giảm nhiệt độ đúc, như vậy có thể tăng chiều dày lớp vỏ và tăng tốc độ kết tinh của thời, giảm nứt trên bề mặt và thiên tích bên trong.

Khi cán cũng cần có yêu cầu đặc biệt, do lớp vỏ không dày như thép sôi, tốt nhất chất nóng vào lò nung để giảm thời gian oxy hoá bề mặt thời thép, tránh đợi thời gian cán quá dài. Nên gia nhiệt trong lò có môi trường khí hoàn nguyên, đặt đầu nhỏ ngược xuống theo chiều nung để tránh nung chảy quá nhiều lớp vỏ làm lộ hẳn lớp bọt khí tổ ong ra ngoài. Đồng thời lượng cán đầu cần tăng, có lợi cho hàn liền các bọt khí và lõm co lại với nhau.

IV. THIẾT BỊ ĐÚC KHUÔN

Thiết bị đúc khuôn thường chia ra đúc trên và đúc dưới, đúc thép lỏng và thép sôi. Đúc trên là rót vào từng thỏi từ đầu thỏi, đúc dưới là rót vào ống rót trung tâm rồi nước thép từ ống này chảy xuống đến đĩa đặt các thỏi theo các cổng rót dâng lên từng thỏi từ dưới. Như vậy rót dưới, một lần rót có thể rót được nhiều thỏi, năng suất và chất lượng bề mặt thỏi tốt hơn nhiều do mặt nước thép dâng lên bình ổn không bắn toé như rót từ trên. Khí, tạp chất và xỉ đều có điều kiện nổi lên tốt hơn, che chắn chống tái oxy hóa cũng thuận tiện... nên dù thiết bị trên đĩa đúc, ống rót trung tâm phức tạp hơn, tiêu tốn thêm vật liệu chịu lửa và lượng thép ở ống rót và cổng rót, giảm suất thu hồi kim loại nhưng vẫn sử dụng nhiều hơn, thậm chí có khi chỉ đúc một thỏi cần chất lượng bề mặt tốt người ta vẫn sử dụng đúc dưới (hình 2 – 13).



Hình 2 – 13. Đúc trên và đúc dưới.

4.1. Thùng rót hay thùng chứa

4.1.1. Tác dụng của thùng rót:

Thùng rót hay còn gọi là thùng chứa, ngoài tác dụng là chứa đựng nước thép và vận chuyển nước thép đến nơi đúc ra, còn làm nhiệm vụ cuối cùng tiến thêm một bước nữa là khử oxy, khử S, đồng đều nhiệt độ, thành phần nước thép, lắng nước thép một thời gian để khí, tạp chất và xỉ nổi lên tách ra khỏi nước thép, làm sạch cải thiện đáng kể chất lượng thép. Cũng

chính lợi dụng thời gian nước thép lắng trong thùng dài hoặc ngắn, kích thước lỗ rót qua hệ thống rót mà điều chỉnh nhiệt độ và tốc độ rót đúc hợp lý. Nhiều năm gần đây các phương pháp tinh luyện ngoài lò phát triển một cách mạnh mẽ thì thùng rót luôn là một thiết bị (lò luyện) quan trọng cho việc tinh luyện.

4.1.2. Hình dạng và cấu tạo của thùng rót:

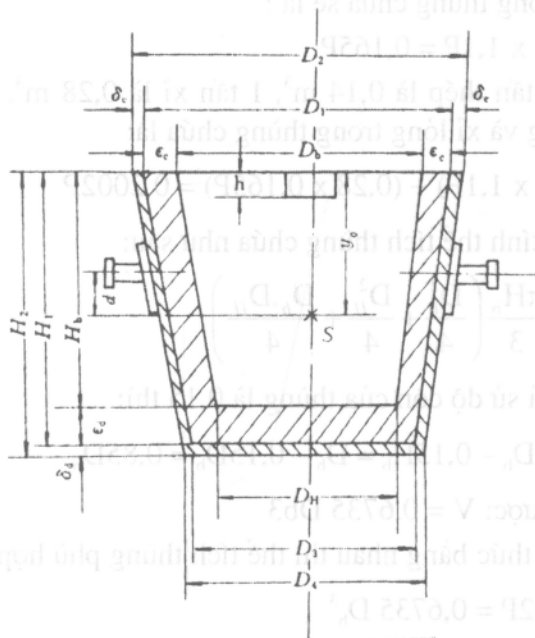
Dung tích của thùng chứa khác nhau chủ yếu được xác định bởi sản lượng của lò thép và năng lực nâng của cần trục. Một thùng rót đạt tiêu chuẩn là ngoài chứa được toàn bộ lượng nước thép trong lò luyện và xỉ lỏng cần thiết ra, còn phải tính đến lượng dư quá tải khoảng 10% nữa để thích hợp cho sự ba động của trọng lượng liệu lò. Đối với thùng tinh luyện như chân không, thổi khí trơ, phun bột... thì còn phải chứa được toàn bộ xỉ cho một lò luyện và khoảng không gian cho thao tác, thường cách từ mặt xỉ đến thành miệng một khoảng 500 ~ 1300 mm. Tất nhiên, thùng rót không thể quá lớn để tránh toả nhiệt dẫn đến tổn thất nhiệt, tiêu hao vật liệu chịu lửa nhiều và không thuận tiện cho thao tác. Khi thể tích của thùng rót không thay đổi nên nên tận dụng giảm tổn thất nhiệt do tản nhiệt ra ngoài thì diện tích mặt trong nên tận dụng nhỏ, để giảm trọng lượng của thùng rót, giảm áp lực tĩnh của nước thép và thuận tiện cho việc đổ xỉ và cào xỉ ra bên ngoài. Bên ngoài thùng rót thường chế tạo thành khối chóp cụt trên to dưới nhỏ có độ côn khoảng 10 ~ 15%. Độ côn lớn dễ dẫn đến tổn thất nhiệt lớn mà trọng tâm rất không ổn định. Để tiện cho khí và tạp chất nổi lên, đồng thời giảm lực xung của dòng chảy khi mới rót, thùng rót không nên chế tạo vừa cao vừa mảnh. Có những trường hợp đặc biệt, thùng rót lớn chứa hàng trăm tấn thép. Để tăng áp lực tĩnh của nước thép, có lúc người ta chế tạo thùng tiết diện là hình thoi.

Vỏ ngoài thùng rót dùng thép tấm hàn hoặc tán đinh rivê mà thành, hàn nhẹ hơn tán đinh rivê tới 15 ~ 20% nên tiết kiệm được rất nhiều vật liệu thép. Thường chiều dày thép tấm của tường và đáy thùng dao động trong phạm vi 14 ~ 30 mm và 20 ~ 40 mm. Mặt đáy của thùng nhỏ hơn 30 tấn thường là mặt phẳng, còn lớn hơn 30 tấn thường là mặt cong. Để tiện cho việc thoát nước khi sấy lớp áo và quá trình sử dụng, phía dưới của vỏ thùng khoan một số lỗ thoát khí có đường kính nhỏ hơn 10 mm. Phải gia cố vỏ ngoài bằng một số đai và gân

chống lực vận nhất là vành đai ghép tại trục. Đường tâm tại trục cần cao hơn trọng tâm của thùng rót khoảng 350 ~ 400 mm để đảm bảo tính ổn định khi cầu nâng hạ vận chuyển và rót đúc.

Thùng lớn cần có miệng tràn xỉ, đáy miệng tràn thấp hơn miệng khoảng 100 ~ 200 mm, tất nhiên vị trí không được trùng với tai trục. Còn đối với thùng nhỏ thì căn cứ vào tình hình cụ thể mà quyết định có hay không. Đáy thùng có một lỗ rót nằm ở bên phải của hướng đúc để lắp hệ thống gạch rót. Nếu như lắp gạch rót từ ngoài vào thì vỏ đáy còn phải có tấm ép khoan ốc để vận chặt tránh gạch rót long ra. Đáy có 3 chân để đặt xuống đất cho phẳng và bảo vệ cơ cấu lắp bàn trượt... Hiện nay thùng rót có 2 loại cơ cấu rót, một là cần nút và một là bàn trượt. Trường hợp thùng rót quá nhỏ dưới 1 ~ 2 tấn có khi người ta phải rót từ trên miệng. Ngoài ra, để khi cầu di chuyển và lúc đúc đảm bảo không để lắc thùng còn lắp thêm chốt để cố định lại.

4.1.3. Kích thước chính của thùng rót:



Hình 2 – 14. Kích thước chính của thùng rót.

Kích thước chính của thùng rót biểu thị như hình 2 – 14. Xuất phát từ góc độ công nghệ, kích thước mẫu chốt của thùng chứa là tỷ số giữa

chiều sâu và kích thước thùng chứa. Muốn khử bỏ thuận lợi khí và tạp chất phi kim nổi lên và giảm áp lực tĩnh của kim loại lỏng thì rõ ràng là đường kính lớn giảm chiều cao là tốt, nhưng như thế ảnh hưởng ngay đến diện tích làm việc hữu ích của nhà xưởng, tăng tính phức tạp của kết cấu, tản nhiệt lớn, còn đường kính nhỏ thì ngược lại, đặc biệt là áp lực tĩnh cột kim loại lỏng tăng, rút dễ bản toé ảnh hưởng xấu đến chất lượng bề mặt của thỏi.

$$\frac{H_b}{D_b} = 1,0 \div 1,2 \text{ hoặc } H_b = D_b$$

Tính kích thước chính của thùng rót như sau:

Giả thiết nước thép mới ra lò là P, tính đến quá tải 10% như vậy trọng lượng nước thép cần tính là:

$$P + 0,1P = 1,1P \quad (2 - 1)$$

Thường trọng lượng của xỉ bằng 3 - 7% trọng lượng nước thép, nhưng khi thiết kế thường hay lấy bằng con số tương đối lớn khoảng 15% như vậy trọng lượng xỉ trong thùng chứa sẽ là :

$$0,15 \times 1,1P = 0,165P \quad (2 - 2)$$

Thể tích 1 tấn thép là $0,14 \text{ m}^3$, 1 tấn xỉ là $0,28 \text{ m}^3$. Như vậy tổng thể tích của thép lỏng và xỉ lỏng trong thùng chứa là:

$$(0,14 \times 1,1P) + (0,28 \times 0,165P) = 0,2002P \quad (2 - 3)$$

Công thức tính thể tích thùng chứa như sau:

$$V = \frac{\pi H_b}{3} \left(\frac{D_b^2}{4} + \frac{D_{II}^2}{4} + \frac{D_b \cdot D_{II}}{4} \right) \quad (2 - 4)$$

$H_b = D_b$, giả sử độ côn của thùng là 0,15 thì:

$$D_{II} = D_b - 0,15H_b = D_b - 0,15D_b = 0,85D_b$$

$$\text{Đơn giản được: } V = 0,6735 D_b^3 \quad (2 - 5)$$

Khi 2 đẳng thức bằng nhau thì thể tích thùng phù hợp yêu cầu, tức là:

$$0,2002P = 0,6735 D_b^3$$

$$\rightarrow D_b = 0,6674P^{1/3}$$

$$H_b = 0,6674P^{1/3}$$

$$D_{II} = 0,5873P^{1/3}$$

Giả thiết chiều dày của lớp gạch áo xung quanh thùng là d_l và lớp gạch đáy là d_d thì:

$$d_l = 0,07D_h$$

$$d_d = 0,10D_h$$

Chiều dày tấm thép vỏ ngoài xung quanh là δ_l và đáy là δ_d thì:

$$\delta_l = 0,010D_h$$

$$\delta_d = 0,012D_h$$

Hiện nay các nhà máy luyện thép thường dùng kích thước của thùng rót, bảng 2 – 2.

Bảng 2-2. Quy cách và các tham số kỹ thuật chủ yếu của thùng rớt (Trung Quốc).

Số TT	Ký hiệu	Lượng chứa thép (t)	Dung tích có ích (m ³)	Lượng chứa xỉ (t)	Trong lượng phần kết cấu thép (t)	Trong lượng ao (t)	Tổng trọng lượng (t)	Cự ly giữa 2 móc (mm)	Trọng lượng móc (kg)	Chiều cao (mm)	Đường kính ngoài (mm)	Tam tại trục đến miệng thùng rớt (mm)	Đường kính tại trục (mm)
1	LG-310-1	310	46,3	7	40,33	36,264	393,6	5300	-	5720	4516	1800	670
2		275	41,2	6,18	32,785	36	350,5	5000	-	5005	4280	1750	470
3		205	30,2	3,18	27,955	30	266	4500	-	4665	3852	1580	430
4		135	20,23	2,56	20,085	21,3	179,0	4150	-	3923	3450	1350	390
5		105	16,09	3,53	14,287	13,4	136,27	3620	-	3725	3124	1350	305
6		90	13,44	4,04	13,25	12,92	120,21	3620	-	3260	3115	1110	305
7		60	9	2,1	7,82	8,88	78,8	3050	-	3075	2657	1040	230
8		45	7,2	1,68	7,363	7,1	61,143	3050	-	2660	2485	950	230
9		35	5,6	2,1	9,115	5,77	51,98	2740	3011	2600	2298	900	190
10		25	4	1,5	8,274	4,489	39,263	2550	2982	2390	2110	850	165
11		20	3,2	1,2	5,579	3,735	30,514	2350	1312	2150	1985	800	150
12		15	2,4	0,9	3,839	3,184	22,923	2200	1237	1950	1855	750	150
13		10	1,6	0,6	2,471	2,274	15,347	1920	715	1750	1629	675	120
14		6	0,97	0,399	1,512	1,286	2,200	1670	285	1400	1408	700	100
15		3	0,498	0,238	1,197	0,792	4,958	1344	160	1188	1132	570	85
	LG-60-1												
	LG-45-1												
	LG-35-1												
	LG-25-1												
	LG-20-1												
	LG-15-1												
	LG-10-1												
	LG-6-1												
	LG-3-1												

4.1.4. Áo và xây thùng rót:

* Áo thùng rót:

Áo thùng rót thường có 2 lớp trong và ngoài, lớp ngoài là lớp không làm việc, chủ yếu là để cách nhiệt nên có tên là lớp giữ nhiệt, lớp trong là lớp làm việc. Nói chung có nhiều loại gạch xây lớp làm việc của thùng rót nhưng đều có những yêu cầu sau:

- Chịu được nóng nguội đột ngột, chống va đập và chống nứt tối.
- Có thể ổn định hoá học chống được sự tấn thực của thép lỏng.

Cho nên cần nâng cao tuổi thọ sử dụng của gạch. Gạch cao nhôm do chứa Al_2O_3 cao ($\geq 48\%$) nên độ chịu lửa cao hơn gạch samot, chống tấn thực của xi cũng tốt hơn. Nên dùng gạch cao nhôm, áo thùng bền hơn dùng gạch samot. Dùng áo lò bằng gạch kiềm tính, độ chịu lửa cao, chống tấn thực xi tốt nhưng dễ giảm độ kiềm của xi. Ngoài ra tính ổn định nhiệt kém, độ dẫn nhiệt cao nên áo lò dễ bị tản nhiệt, hạ nhiệt độ nước thép tương đối nhanh, dễ kết bấu quanh vành đai xi, khó xử lý cho nên nếu dùng xây áo thùng rót lớn rất bị hạn chế. Theo kinh nghiệm thì dùng lớp công tác của thùng rót bằng đầm cả khối là biện pháp nâng cao tuổi thọ sử dụng có hiệu quả và nhất là thùng rót tinh luyện ngoài lò.

* Xây thùng rót:

Thông thường xây thùng rót nhỏ thì trên dưới đều bằng nhau, còn đối với thùng rót lớn vì thời gian nước thép dừng lại ở phần dưới lâu hơn nên bị tấn thực nhiều hơn, do vậy xây thành bậc thang mỏng dần lên phía trên để tiết kiệm vật liệu chịu lửa và giảm nhẹ trọng lượng thùng hoặc để mở rộng thể tích chứa, có thể một phía xây bậc thang đối diện với dòng thép khi ra thép chảy xối xả và đập vào. Các cách xây thùng rót hiện nay đang dùng là: xây gạch, đầm, rung lắc và phun phủ... Cách xây gạch là phổ biến nhất. Trước khi xây cần kiểm tra các lỗ thoát khí ở vỏ có bị tắc không, vỏ thùng tại thùng có chắc không. Nếu không thì không thể xây ngay được. Sau đó thì theo đúng qui trình chuẩn bị vữa xây: thành phần, tỷ lệ độ hạt, điều chỉnh độ lỏng của vữa. Độ hạt của vữa phải trộn đều khoảng 0,5 ~ 0,8 mm, quá to dễ bị lắng đọng còn quá nhỏ dễ bị quá nhớt. Liệu làm vữa không nên để ẩm bị vón tảng khó tách ra, vón cục thì độ dính kết sẽ kém. Ngoài ra, vữa cần sạch, không để lẫn tạp chất bẩn.

Lớp giữ nhiệt tuy không trực tiếp tiếp xúc với xỉ và thép lỏng nhưng khi xây cũng không nên coi thường. Nó chính là nền của lớp làm việc nên chất lượng xây ảnh hưởng trực tiếp ngay đến chất lượng của lớp làm việc.

* Kích thước ngoại hình:

Chuẩn xác không khuyết góc và cạnh để đảm bảo chất lượng xây. Tác dụng chính của lớp ngoài là giữ nhiệt, khi lớp làm việc bị tẩm thực đến quá mỏng vẫn có thể tránh được nước thép chọc thủng qua lớp vỏ ngoài. Để kéo dài tuổi thọ sử dụng của lớp vỏ thép, lớp này thường xây bằng gạch samot. Hiện nay, để kéo dài tuổi thọ sử dụng của lớp cách nhiệt dày tới 2 ~ 4 mm, người ta đã thay bằng đầm lớp bê tông chịu lửa, toàn khối không có rãnh, thi công thuận tiện, hiệu quả cao. Tất nhiên thay bằng lớp bê tông chịu lửa thì khả năng chịu nhiệt độ không cao bằng nên thép lỏng tiếp xúc dễ đâm thủng hơn gạch chịu lửa.

Lớp làm việc là lớp tiếp xúc trực tiếp với xỉ lỏng và thép lỏng, chịu tẩm thực hóa học ở nhiệt độ cao của xỉ và bào mòn cơ học, cũng như chịu nóng lạnh đột ngột khi đổ thép vào cũng như khi ra hết thép. Cho nên cần thay hoặc vá khi mòn hỏng hoặc mòn đến một mức độ nào đó. Gạch xây lớp làm việc thường là gạch samot, gạch cao nhôm, gạch nhôm manhê cacbon, gạch manhê cacbon và gạch kiểm tính (gạch manhê hoặc gạch đolômi)... Nhưng dùng tương đối phổ biến vẫn là gạch cao nhôm, gạch nhôm manhê cacbon. Còn gạch manhê cacbon thường dùng cho thùng rót tinh luyện ngoài lò. Ngoài ra còn có đầm vật liệu chịu lửa toàn khối lớp làm việc. Samot là nguồn nguyên liệu làm gạch chịu lửa phong phú, giá thành thấp, mà tính dẫn nhiệt kém nên tính năng giữ nhiệt tốt, nhưng độ chịu nhiệt thấp khả năng chống tẩm thực của xỉ kém, nhiệt độ biến mềm có tải trọng không cao. Để bù cho những nhược điểm này của gạch samot, nhiều năm gần đây người ta đã dùng khá rộng rãi loại gạch samot chung dầu cốc hoặc nhựa đường (cán của chung cất dầu lửa), thời gian chung khô dầu tính theo thời gian chung thấm gạch samot là được. Trước khi sử dụng nên quét một lớp cán dầu để làm nhẵn bề mặt hoặc om ở nhiệt độ khoảng 700°C để nhẵn bề mặt. Gạch samot chung trong dầu giảm độ xốp xuống rất nhiều như vậy độ bền tăng lên, nhiệt độ biến mềm có tải trọng cũng nâng lên rõ rệt. Gạch samot chung dầu do có cacbon điền đầy các lỗ xốp nên tổ chức đặc chắc, kết cấu vững chắc, độ bền và tính chống tẩm thực của xỉ tăng lên rõ rệt.

Xây lớp giữ nhiệt từ đáy trở lên, trước tiên phủ một lớp vữa chịu nhiệt ở đáy là nước thủy tinh trộn với bột chịu lửa (tỷ lệ bột/nước thủy tinh = 3/1). Lớp vữa này mục đích là để gắn chặt gạch xây với vỏ và làm phẳng bề mặt, đặt gạch xây lên không bị lồi lõm gồ ghề, sau đó lớp một phải xây phẳng và lớp trên dưới không bị trùng mạch. Dù đặt thùng không thật thẳng nhưng lớp gạch xây nhất định phải thẳng góc với trục tâm của thùng. Xây lớp giữ nhiệt bao quanh tường phải dính chặt với vỏ thùng, dùng vữa điền vào làm thật phẳng lớp bề mặt gạch xây. Nếu là xây không phải là thùng mới thì phải kiểm tra thật cẩn thận lớp giữ nhiệt này không được long, lỏng, rơi và hỏng; nếu không phải vá tu sửa lại thật tốt để đảm bảo lớp giữ nhiệt làm việc bình thường.

Lớp làm việc vì trực tiếp tiếp xúc với xỉ và kim loại lỏng cho nên việc xây tốt hay xấu có liên quan rất lớn đến chất lượng và tuổi thọ của thùng rót. Xây lớp ở đáy cần ngang bằng sổ thẳng, các mạch gạch không được trùng khớp nhau, cả với lớp gạch giữ nhiệt, lớp vữa phủ đều và kín là được. Để thuận tiện cho thép và xỉ chảy hết nên chọn những viên gạch xây đáy hoàn chỉnh không nứt vỡ để xây được phẳng và chặt. Để tránh rỉ nước thép, có nhà máy đầm một lớp sạn manhezit với nước clorua, vữa để xây lớp làm việc ở đáy có thể dùng thêm nước điều chỉnh cho loãng để xây chặt mạch gạch hơn, chứ không nên dùng quá nhiều nước thủy tinh để vón làm mạch gạch to, hơn nữa độ chịu lửa của vữa nhiều nước thủy tinh thấp, do vậy nên dùng thêm nước để làm loãng thì hơn. Xây lớp công tác ở tường bên có 2 cách chủ yếu, một là dùng gạch vòng cung xây theo hình xoắn ốc, cách này xây nhanh, điều kiện lao động tốt, tuổi thọ cũng tương đối cao. Một cách nữa là dùng gạch tiêu chuẩn xây quanh từng hàng một, tất nhiên xây cách này không được để trùng mạch dọc, từng hàng từng viên phải thẳng chắc chắn, mạch gạch phù hợp yêu cầu. Dù xây theo cách nào đi chăng nữa, điều kiện làm việc của lớp đáy vẫn khắc nghiệt hơn, chịu thời gian tiếp xúc với nước thép và xỉ lâu hơn, chịu áp lực tĩnh lớn hơn, khi làm sạch xỉ và thép phải chịu lực cơ giới phá hoại nghiêm trọng hơn cho nên lớp đáy phải dày hơn. Ngoài ra, các viên gạch đều phải ngàm chặt vào nhau tránh long rơi ra. Trên cùng nên phủ một lớp vữa đặc để tiện xử lý thép dính ở mép thùng, vữa ở các rãnh cần gạt sạch, bảo đảm mặt gạch sạch sẽ tiện cho việc sấy khô.

Phải nhớ rằng số lượng và chiều rộng của mạch gạch xây là một nhân tố quan trọng quyết định tuổi thọ sử dụng của thùng rót. Thông thường yêu cầu chiều rộng của mạch không được quá 2 mm nên độ hạt của vữa không được quá 1 mm và vữa cũng không nên quá khô. Nhưng mạch gạch cũng không nên quá nhỏ, nếu không chế dưới 1 mm thì tuổi thọ cũng không cao hơn mà khi gạch ở nhiệt độ cao giãn nở không đủ chỗ chèn ép lẫn nhau dễ bị vỡ, đồng thời mạch gạch quá nhỏ vữa không thể điền kín được. Mạch gạch ở đáy nhỏ một chút thì tốt. Nếu đáy không có mạch liền khối khi kéo tăng thép dính đáy lên sẽ không vì có rãnh mà phá hoại khối gạch xây và làm sạch cũng dễ dàng. Thực tế sản xuất đã minh chứng rằng mạch đứng thường bị chảy hổng nhanh hơn mạch ngang vì trong quá trình đúc rót nước thép tụt xuống dần trùng với hướng của mạch mà làm cho mạch bị chảy hổng tương đối nhiều hơn. Bởi vậy cho nên khi xây làm thế nào để thu nhỏ chiều rộng của mạch đứng quan trọng hơn mạch nằm ngang và tuyệt đối không để trùng mạch đứng 2 lớp với nhau. Các thợ đúc lão luyện trong các xưởng sản xuất thường xem tình trạng chảy hổng của mạch gạch mà phán đoán mạch gạch và vữa chịu lửa có đạt yêu cầu hay không để tiện cải tiến và nâng cao trình độ xây. Sau khi thùng rót sử dụng được vài lần rồi mà phát hiện vữa ở mạch lỗi ra chứng tỏ hiện tượng chảy hổng của vữa ít hơn gạch, chất lượng vữa tương đối tốt, còn nếu góc cạnh của viên gạch biến thành tròn, hình thành các rãnh, thì đó là hiện tượng chảy hổng của vữa nhanh hơn gạch, chất lượng vữa kém hoặc vữa không điền kín mạch gạch cần tìm cách khắc phục.

4.1.5. Sấy thùng rót sau khi xây:

Áo thùng xây xong còn ngậm khá nhiều nước, nhất là vật liệu chịu lửa để lâu ngoài trời thì ngậm nước lại càng nhiều, vữa xây cũng thế; do vậy nếu không sấy khô, khi dựng thép lồng và trong quá trình đúc, nước bị nung nóng thành khí dễ sinh ra sự cố nổ hoặc phun trào nước thép. Ngoài ra, thể khí ở nhiệt độ cao cũng có thể hòa tan vào thép. Khi đông đặc lại thoát ra thành bọt khí gây ra những khuyết tật như dấu thoi sùi lên hoặc bọt khí dưới lớp vữa. Thông qua sấy có thể khử bỏ hết nước trong áo thùng, đồng thời nâng cao nhiệt độ lớp áo có thể giảm nhẹ được va đập nhiệt khi ra thép đối với lớp áo và tránh được hiện tượng giảm nhiệt độ nhanh của nước thép trong thùng rót. Gia nhiệt sấy giúp cho vữa trong các khe gạch được thiêu kết tương đối nhanh, làm cho toàn khối gạch xây có một độ bền nhất định, nâng

cao khả năng chịu bào quét chịu ăn mòn của thùng thép. Cho nên thùng rót sau khi xây xong nhất định phải sấy tốt. Ngoài ra, thùng rót mới xây xong phải lập tức sấy ngay để tránh thời gian chờ sấy quá lâu không kịp thời dẫn đến tình trạng lớp áo bị "bột hóa". Nhiên liệu sấy thùng rót có thể là dầu (dầu nặng, dầu mazut), khí than (lò cốc) hoặc khí thiên nhiên, than cốc, than gầy, than gỗ... Ưu khuyết điểm của các nhiên liệu đó như sau:

*** Thử lỏng:**

Dầu nặng có nhiệt trị lớn, hiệu quả sấy tốt, thời gian sấy ngắn. Nhưng lại phải đầu tư thêm bồn chứa dầu, thiết bị phun dầu, phải chú ý an toàn khi sử dụng, khối nhiều, ô nhiễm nghiêm trọng.

Dầu mazut có nhiệt trị còn cao hơn dầu nặng, hiệu quả sấy tốt, thời gian ngắn, thao tác và sử dụng đơn giản. Nhưng phải đầu tư thêm thiết bị chứa và phun dầu, sử dụng cần chú ý an toàn, giá thành cao, không thích hợp đối với vật liệu chịu lửa, chịu nóng lạnh đột ngột kém.

*** Thử khí:**

Khí than bao gồm cả khí lò cốc, giá thành thấp, thao tác và sử dụng tiện lợi, tương đối sạch, thích hợp đối với nhu cầu sử dụng dài, không thích hợp sấy thùng chứa bằng bê tông chịu lửa quá lớn. Nhiệt trị thấp hơn dầu nhiều, thời gian sấy dài, trong quá trình sấy phải chú ý an toàn. Khí thiên nhiên hay khí dầu có nhiệt trị cao hơn khí than, giá thành thấp, sử dụng thuận tiện.

*** Thử rắn:**

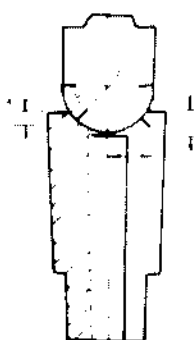
Than có yêu cầu về công nghệ tương đối đơn giản, sử dụng đều thuận lợi thích hợp với sấy thùng nhỏ, nhưng chất lượng sấy không ổn định, dễ làm cho nơi kết sát lửa bị nứt.

Sấy thùng phải căn cứ vào tính chất của gạch và đặt ra một qui trình sấy hợp lý. Nguyên tắc để đánh giá sấy tốt là không có hơi nước bốc lên, phải sấy bằng ngọn lửa nhỏ gia nhiệt từ từ để tránh do tính nóng nguội đột ngột kém của vật liệu mà dẫn đến nứt. Sau khi nhiệt độ áo thùng phía trong lớn hơn 300°C thì có thể cho to ngọn lửa sấy lên. Thời gian sấy phải căn cứ vào dung tích thùng chứa lớn nhỏ mà quyết định. Thùng tiểu tu sấy 8 giờ, đại tu sấy 16 giờ. Nhiệt độ bề mặt lớp làm việc phải trên 600°C. Lớp vĩnh cửu đầm bằng bê tông chịu nhiệt thì phải để sấy khô tự nhiên 24 giờ, rồi mới sấy lửa 24 giờ, sau đó mới xây lớp làm việc.

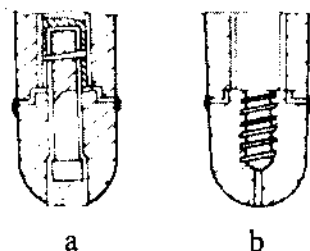
Cách kiểm tra sấy tốt hay xấu là đầu tiên quan sát xem phía trên và các lỗ thoát khí có còn hơi nước không. Khi không còn hơi nước thoát ra thì quan sát màu sắc của lớp áo, tức là nếu gạch samot thì từ màu vàng ban đầu chuyển sang màu nâu đen, gạch chưa thiêu kết từ màu tro thẫm chuyển sang màu trắng, áo lò là gạch chung cất dầu thì đều biến thành màu trắng hoặc ít nhất có 1/3 lớp công tác đỏ hồng, sờ tay vào vỏ thùng có cảm giác bỏng tay, như vậy là sấy lò xong.

4.1.6. Hệ thống khống chế rót:

* Hệ thống khống chế rót bằng cần nút:



Hình 2 – 15. Vị trí chính xác khớp giữa đầu cần nút và miệng rót.



Hình 2 – 16. Cách lắp gạch đầu cần nút vào thanh lõi.

a– Kiểu lồng chốt b– Kiểu vặn ốc

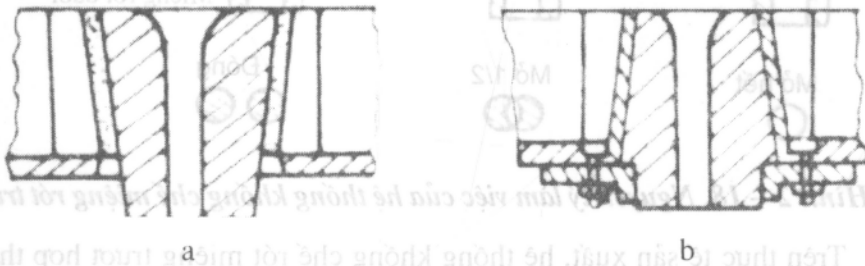
Bao gồm 3 bộ phận: cơ cấu nâng hạ, cần nút và miệng rót.

– Bộ phận cơ khí nâng hạ (phần lớn chỉ dùng cho thùng lớn).

– Bộ phận cần nút gồm 4 bộ phận hợp thành: thanh lõi, gạch ống lồng vào nhau, gạch đầu cần nút và êcu lớn xiết chặt. Thanh lõi bằng thép tròn, phải thẳng, 2 đầu đều ren răng ốc có đường kính 30 ~ 60 mm. Phía ngoài thanh lõi có lồng các viên gạch ống vào nhau để bảo vệ thanh lõi khỏi bị xỉ và nước thép làm mềm hoặc nóng chảy dần. Gạch ống phải đảm bảo không bị xỉ và thép tẩm thực, chịu được lực va đập và áp lực của nước thép nhiệt độ cao. Thường dùng là gạch samot, cũng có thể dùng gạch cao nhôm nhưng đắt và tính ổn định nhiệt kém nên ít dùng. Gạch đầu cần nút là rất quan trọng. Cùng với gạch miệng rót hình thành cơ cấu đóng mở, khống chế

dòng rót và thời gian đúc. Để đảm bảo khít chặt, gạch đầu cần nút và gạch miệng rót cần phải ngậm vào nhau một độ sâu thích hợp, quá sâu dễ làm cho nước thép xung quanh đông cứng và dính chặt lại, không kéo cần nút lên được; còn quá nông thì ép chặt không đủ và dễ chảy thép ra ngoài như hình 2—15. Gạch đầu cần nút có thể là samot, cao nhôm hoặc samot cacbon. Có 2 cách lắp viên gạch đầu cần nút với thanh lõi như hình 2—16.

Lắp viên gạch miệng rót cũng có 2 cách, lắp từ ngoài và lắp từ trong (hình 2—17). Thường lắp từ trong là đối với thùng nhỏ và vừa, còn lắp từ ngoài là cho thùng lớn. Nhưng dù lắp từ trong hay từ ngoài thì lỗ rót vẫn phải là hình loa kèn để ép chặt được với gạch đầu cần nút để tránh chảy thép ra ngoài. Miệng rót phía trên là hình loa kèn nhưng bên dưới nhất định phải có một đoạn thẳng để dòng rót chảy ra khỏi miệng chum và không bị phản tán. Chiều dài đoạn thẳng này bằng 4 lần đường kính miệng rót, quá dài thì không tốt và dễ bị kết bấu trong đường ống. Đường kính miệng rót (thường là 50—60 mm) phụ thuộc vào tốc độ rót, dung tích thùng chứa, trọng lượng thổi, loại thép, đúc trên hay đúc dưới... Tất nhiên, đối với loại thép có tính nhớt cao như thép không gỉ, thép chứa Al cao chẳng hạn thì nên cho đường kính to khoảng 65—70 mm. Để tránh sự cố dính miệng rót với đầu cần nút, người ta thường dùng 2 loại vật liệu khác nhau.



Hình 2—17. Cách lắp viên gạch miệng rót.

a—Lắp từ trong

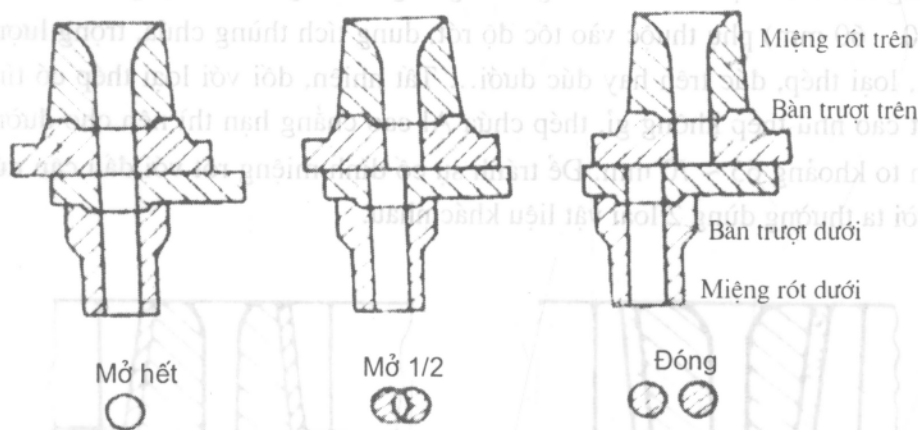
b—Lắp từ ngoài

* Hệ thống không chế rót miệng trượt (xô lệch nhau):

Đây là hệ thống không chế rót kiểu mới, xuất hiện từ những năm 50 của thế kỷ trước, hiện giờ đã được ứng dụng rất rộng rãi. So sánh sử dụng với kiểu cần nút, phương pháp này điều chỉnh dòng rót đơn giản và thuận tiện

hơn, lắp từ ngoài nên cải thiện điều kiện lao động rất nhiều, đồng thời giảm nhẹ khối lượng công việc khi làm sạch vành đai xỉ bám trong thùng, không những tránh được áo thùng bị nóng lạnh đột ngột sinh ra nứt và nâng cao tuổi thọ mà còn tăng nhanh thời gian chu chuyển của thùng chứa và giảm tiêu hao nhiên liệu. Cho nên dùng miệng trượt thay cần nút có thể giảm tiêu hao gạch chịu lửa, giảm giá thành sản xuất, hoàn toàn tránh được các sự cố của hệ thống cần nút thường gặp. Ngoài ra, hệ thống miệng trượt không chịu ảnh hưởng của nhiệt độ nước thép và thời gian lắng thép, thuận lợi cho hợp kim hóa trong thùng, khuấy trộn điện từ, xử lý chân không, thổi khí Ar, phun bột khử... tạo điều kiện cho tinh luyện ngoài lò và thực hiện khống chế tự động, nâng cao chất lượng thép.

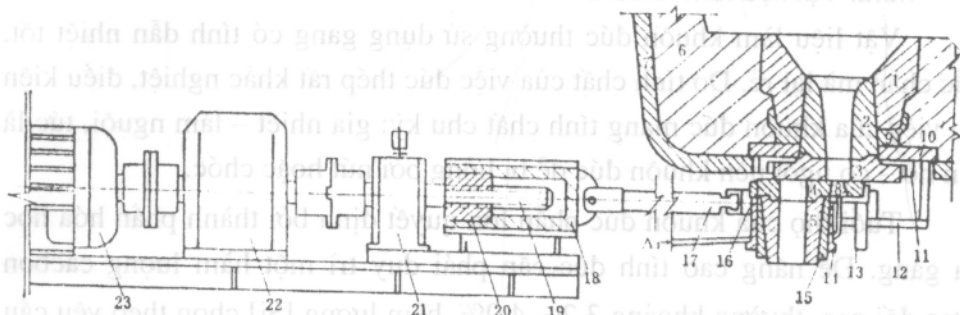
Hệ thống khống chế miệng trượt gồm: miệng rót trên, tấm trượt trên, tấm trượt dưới, miệng rót dưới hợp thành như hình 2 – 18.



Hình 2 – 18. Nguyên lý làm việc của hệ thống khống chế miệng rót trượt.

Trên thực tế sản xuất, hệ thống khống chế rót miệng trượt hợp thành gồm 4 bộ phận: cơ cấu trượt, cơ cấu truyền động, các phần gạch chịu lửa và cơ cấu điều chỉnh. Tác dụng chủ yếu của cơ cấu trượt là đưa miệng rót dưới và tấm trượt dưới di chuyển đi lại để đạt mục đích điều chỉnh tốc độ rót (mức độ đóng mở miệng rót). Nhiệm vụ của cơ cấu truyền động là dùng ngoại lực (cơ khí, thủy lực hoặc bằng tay) tác dụng vào cơ cấu trượt, một trong những cơ cấu đó như hình 2 – 19. Bộ phận vật liệu chịu lửa là đường chảy của nước

thép khi đúc. Chất lượng của vật liệu chịu lửa là mẫu chốt của hệ thống khống chế này. Phải có đủ độ bền ở nhiệt độ cao, chịu được áp lực tĩnh của cột nước thép, bề mặt trượt phải rất trơn bóng và độ nhám không quá 0,1 mm để tiếp xúc kín, trượt thuận lợi và không bị bào mòn găm vào thép. Ngoài ra còn phải chịu va đập bào quét của dòng thép, chịu tải thực và tính ổn định nhiệt cao. Vật liệu chịu lửa dùng ở đây thường là coranhdùng có thêm Cr_2O_3 , cao nhôm hoặc zircon thạch anh.



Hình 2 – 19. Cơ cấu truyền động cơ khí.

- | | | |
|----------------------|------------------------------|------------------|
| 1- Gạch bộ | 9- Vành gạch bộ | 17- Trục truyền |
| 2- Miệng rót trên | 10- Tấm lót đáy | 18- Khối trượt |
| 3- Tấm trượt trên | 11- Khung giữ bàn trượt trên | 19- Thanh giằng |
| 4- Tấm trượt dưới | 12- Đường trượt | 20- Êcu |
| 5- Miệng rót dưới | 13- Bu lông cân bằng | 21- Gối đỡ |
| 6- Thùng rót | 14- Vành ê cu lớn | 22- Hộp giảm tốc |
| 7- Vỏ thùng | 15- Khung giữ miệng rót dưới | 23- Mô tơ điện |
| 8- Gạch nút thấu khí | 16- Móc kéo đẩy | |

4.2. Khuôn đúc

Khuôn đúc là công cụ tạo hình cho nước thép đông đặc khi rót nước thép vào tạo thành thời thép. Trong sản xuất, khuôn đúc là phần hao tổn có tính thay đổi, có ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng thép và là một chỉ tiêu hạch toán kinh tế. Cho nên thiết kế cần chính xác, sử dụng và duy tu bảo dưỡng chuẩn xác có ý nghĩa rất quan trọng.

4.2.1. Nguyên tắc thiết kế khuôn đúc:

- Cần bảo đảm kết cấu bên trong của thỏi và chất lượng bề mặt thỏi tốt.
- Trong quá trình đúc có thể thuận lợi cho khí thoát và tạp chất phi kim nổi lên.
- Tiêu hao cho gia công thỏi thép ít, năng suất cao, suất thu hồi lớn.
- Kết cấu đơn giản, sử dụng bền và tu sửa thuận tiện.

4.2.2. Vật liệu làm khuôn:

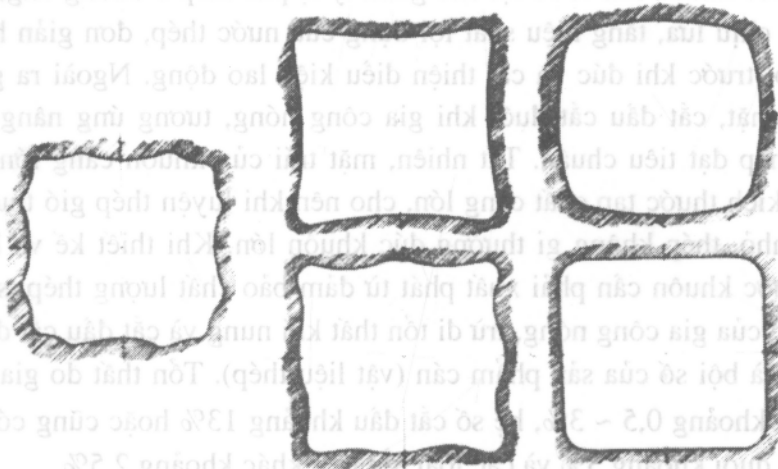
Vật liệu làm khuôn đúc thường sử dụng gang có tính dẫn nhiệt tốt, chắc chắn mà lại rẻ. Do tính chất của việc đúc thép rất khắc nghiệt, điều kiện làm việc của khuôn đúc mang tính chất chu kỳ: gia nhiệt – làm nguội, tức là giãn nở – co ngót nên khuôn đúc dễ bị hỏng bởi nứt hoặc chóc.

Tuổi thọ của khuôn đúc phần lớn quyết định bởi thành phần hóa học của gang. Để nâng cao tính đúc cần phải duy trì một hàm lượng cacbon tương đối cao, thường khoảng 3,2 ~ 4,0%, hàm lượng [Si] chọn theo yêu cầu của tổ chức, thường khoảng 1,2 ~ 2,2%. Hiện tượng chóc khuôn tăng theo hàm lượng Si tăng, nhưng nứt thì ngược lại. Căn cứ vào mức độ hư hỏng thực tế của khuôn trong quá trình sản xuất, khuôn nhỏ nứt nhiều hơn chóc cho nên dùng gang chứa Si cao, còn khuôn lớn thì nứt ít hơn chóc, vì vậy nên dùng gang chứa Si thấp. Hàm lượng Mn thường khoảng 0,6 ~ 0,9% do Mn nâng cao được khả năng chống giãn nở của khuôn, khi khuôn có hàm lượng Si cao thì muốn khắc phục hư hỏng do chóc gây nên, cần phải tăng hàm lượng Mn. Nhiều tài liệu nghiên cứu gần đây cho thấy Si thấp Mn cao (Si khoảng 1,2%, Mn khoảng 1,3 ~ 2,4%) có hiệu quả sử dụng khá tốt. Do khuôn làm việc ở nhiệt độ cao, hàm lượng P nên nhỏ hơn 0,15%, còn S để gây khuynh hướng nứt dài nên yêu cầu nhỏ hơn 0,10%. Cho vào gang đúc khuôn một lượng nguyên tố hợp kim nhất định như Cr, Ti, Mo, ... có thể nâng cao được tính ổn định của cacbit, thêm Ni có thể mịn hóa graphit trong gang để tránh bị chảy do nhiệt nước thép hoặc oxy hóa bởi không khí, hoặc thêm một lượng nhất định nguyên tố đất hiếm cũng có thể nâng cao được tính dẻo của khuôn, giảm khuynh hướng nứt nóng.

Tuổi thọ của khuôn hiện nay thường khoảng 60 ~ 120 lần sử dụng. Lượng tiêu hao khuôn khoảng 13 ~ 25 kg/tấn thép. Khuôn lớn do thời gian để nước thép kéo dài nên tuổi thọ thấp, đúc thép hợp kim nhất là thép silic cao, thép Mn cao, dễ phá hoại khuôn nhất. Thực tế sản xuất đã chứng minh khuôn bằng gang cầu tuổi thọ cao hơn khuôn bằng gang thường. Gần đây dùng gang giun làm vật liệu khuôn đúc cũng đang được sử dụng ngày một rộng rãi.

4.2.3. Kết cấu của khuôn thổi:

Do các phương pháp luyện thép, đúc thổi và gia công khác nhau cho nên hình dạng của khuôn cũng khác nhau. Song nhìn từ ngoài, khuôn thổi có các loại hình trên to dưới nhỏ, dưới nhỏ trên to, có đáy và không đáy, có mũ giữ nhiệt và không mũ giữ nhiệt... Nhìn từ hình dạng mặt cắt ngang có vuông, tròn, chữ nhật, đa giác... Cùng một hình dạng mặt cắt nhưng cạnh bên lại có thẳng, sóng, lồi, lõm... như hình 2 – 20.



Hình 2 – 20. Các dạng mặt cắt của khuôn.

Hiện nay, khuôn thổi được sử dụng nhiều nhất vẫn là hình vuông vì thuận lợi cho cán và rèn. Để tăng khả năng làm nguội của khuôn, mặt trong khuôn làm thành hình lõm, góc vê tròn để giảm hiện tượng ròn của tinh thể hình trụ và hạn chế nứt góc. Tất nhiên góc vê tròn quá lớn cũng không có lợi, thông thường bán kính vê tròn ở góc đối với khuôn vuông chỉ nên bằng

10% cạnh bên. Khi đúc thép hợp kim dễ hình thành tinh thể hình trụ thì có thể to lên khoảng 15 ~ 17%. Khuôn hình chữ nhật có tốc độ làm nguội nhanh hơn, thiên tích nhỏ cho nên khi cán thép tấm hoặc thép hình, người ta thường dùng khuôn hình chữ nhật (hay còn gọi là khuôn dẹt), tỷ lệ giữa cạnh dài và cạnh ngắn thường khoảng 1,25. Tỷ lệ lớn thuận lợi cho cán nhưng lại khó khăn cho tháo khuôn và chất lượng vì cự ly tâm rút đến cạnh dài mà ngắn thì dòng thép va đập vào lớp vỏ ngoài mạnh, cho nên tăng tỷ lệ đó không nên quá 2. Khuôn tròn có chu vi nhỏ, diện tích trao đổi nhiệt giảm, lớp vỏ ngoài mỏng, khuynh hướng dẫn đến nứt tăng. Khuôn đa giác giảm khuynh hướng nứt, có thể tăng nhanh tốc độ đúc nhưng chế tạo khuôn phức tạp, làm sạch mặt khuôn khó

*** Kích thước khuôn:**

Quyết định bởi trọng lượng khuôn. Căn cứ vào năng suất của luyện, điều kiện gia công của cán, loại thép mà xác định. Nói chung, với điều kiện năng lực của luyện, điều kiện của cán và loại thép cho phép thì nên chọn kích thước khuôn lớn vì có lợi cho giảm tỷ lệ phế thép ở đường ống, tiêu hao vật liệu chịu lửa, tăng hiệu suất lợi dụng của nước thép, đơn giản hóa khâu chuẩn bị trước khi đúc và cải thiện điều kiện lao động. Ngoài ra giảm tổn thất bề mặt, cắt đầu cắt đuôi khi gia công nóng, tương ứng nâng cao sản lượng thép đạt tiêu chuẩn. Tất nhiên, mặt trái của khuôn càng lớn là thiên tích và kích thước tạp chất càng lớn, cho nên khi luyện thép gió thường đúc khuôn nhỏ, thép không gỉ thường đúc khuôn lớn. Khi thiết kế và lựa chọn kích thước khuôn cần phải xuất phát từ đảm bảo chất lượng thép, sau đó là năng lực của gia công nóng, trừ đi tổn thất khi nung và cắt đầu cắt đuôi, còn lại phải là bội số của sản phẩm cán (vật liệu thép). Tổn thất do gia nhiệt bị oxy hóa khoảng 0,5 ~ 3%, hệ số cắt đầu khoảng 13% hoặc cũng có khi cao hơn, cắt đuôi khoảng 3% và các loại tổn thất khác khoảng 2,5%.

*** Trọng lượng khuôn:**

Trọng lượng khuôn và trọng lượng thỏi có một tỷ lệ nhất định. Theo kinh nghiệm, khi sản xuất thép chất lượng thì tỷ lệ trọng lượng khuôn/trọng lượng thỏi khoảng (1 ~ 1,5)/1. Thỏi nhỏ dùng giới hạn trên, thỏi lớn dùng giới hạn dưới.

*** Tỷ lệ chiều cao và chiều ngang (H/D):**

Đây cũng là một tham số chính của thiết kế khuôn. Tăng tỷ lệ này (mạnh, cao) thì nâng cao được khả năng của cán phá nhưng đối với đúc trên thì tăng nguy cơ phun tóe của dòng rót, làm thép dính vào thành khuôn, dẫn đến nguy cơ sẹo và bọt khí dưới lớp vỏ. Còn đúc dưới thì kéo dài thời gian đúc, bề mặt nguội và bị oxy hóa nghiêm trọng, mặt nước thép dâng lên khó khăn, dễ sinh ra hiện tượng lật lớp bề mặt và bị cuộn vào trong. Áp lực tĩnh của cột kim loại tăng lên sẽ gây khó khăn cho xếp và lôm co lần thứ hai. Tất nhiên, xét về một mặt nào đó khi H/D tăng, tức là diện tích bề mặt làm nguội của một thể tích nước thép tăng, tốc độ làm nguội nhanh, thiên tích giảm thiểu. Còn nếu như H/D giảm quá nhỏ (béo, lùn) thì lại làm cho thiên tích của thép nghiêm trọng, giảm năng suất của cán phá, trọng lượng của bộ phận mũ giữ nhiệt tương quan tăng lên. Bởi vậy tỷ số H/D phải hợp lý, thông thường H/D của thép cho cán là 2,5 ~ 4,0 và cho rèn là 2,0 ~ 3,0.

* Độ côn của thép:

Tức là chỉ sự chênh nhau giữa đầu rộng và đầu hẹp, biểu thị bằng %. Độ côn chủ yếu là để dễ tháo khuôn, thường chỉ khoảng 1 ~ 1,5% là được. Nhưng đối với thép lạng có mũ giữ nhiệt, để giảm tốc độ làm nguội ở phần đầu thỏi, độ côn nên tăng lên nhưng không thể tăng quá mức làm ảnh hưởng đến năng suất của cán phá. Phôi thép có phần đầu dễ gia nhiệt không thấu nên khi thiết kế phải chọn độ côn cho cán là 2 ~ 4% và cho rèn là 3 ~ 5%. Đối với một số thép hợp kim cao, độ nhót lớn thì độ côn có thể tăng lên đến 6 ~ 7%.

* Chiều dày của thành khuôn:

Nó liên quan đến lớp vỏ ngoài thỏi thép, tính vững chắc và tuổi thọ của khuôn. Cho đến nay vẫn chưa thể căn cứ vào cân bằng nhiệt để tiến hành tính toán chiều dày thành khuôn, mà vẫn chỉ dựa vào kinh nghiệm theo tỷ số giữa trọng lượng thỏi và trọng lượng khuôn, mặt cắt giữa thỏi và khuôn hoặc dựa vào công thức sau để tính:

$$\frac{D^2 - d^2}{d^2} = 0,8 \div 1,0 \quad (2 - 6)$$

Trong đó:

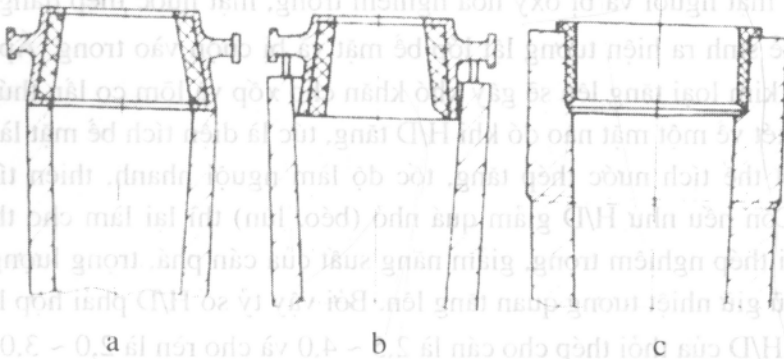
D— Đường kính ngoài thành khuôn ở đoạn mặt cắt giữa

d— Đường kính trong thành khuôn ở đoạn mặt cắt giữa

4.3. Mũ giữ nhiệt

4.3.1. Các loại mũ giữ nhiệt:

Có 3 loại (hình 2 – 21).



Hình 2 – 21. Các dạng mũ giữ nhiệt.

a – Cố định

b – Nổi

c – Cả khối

– Loại cố định thường được dùng trong sản xuất, được cố định trên đầu khuôn trước khi đúc (hình 2 – 21a).

– Loại nổi thường dùng để đúc thổi lớn. Khi sử dụng, đặt vào khuôn ở một độ cao nhất định theo yêu cầu. Sau khi đúc xong một thời gian thì rút dần lên, tùy thuộc vào lổm co nước thép chảy vào điền đầy. Đặc điểm là cùng một khuôn thổi có thể đúc nhiều thỏi thép có trọng lượng khác nhau (hình 2 – 21b).

– Loại cả khối (hình 2 – 22c) thì dễ lắp và tháo khuôn.

4.3.2. Các tham số chủ yếu của mũ giữ nhiệt:

* Thể tích:

Thường tổng thể tích co ngót của nước thép khoảng 5%. Để phát huy đầy đủ tác dụng của mũ giữ nhiệt, mũ giữ nhiệt cần phải có một thể tích chứa nhất định. Chọn thể tích chứa phải căn cứ vào loại thép, trọng lượng thổi, chất phát nhiệt, vật liệu làm áo, cách bảo vệ khi đúc, yêu cầu chất lượng thép... Thể tích chứa của mũ giữ nhiệt cho phép dao động trong một phạm vi nhất định, thông thường chiếm khoảng 12 ~ 20% tổng trọng lượng thổi.

*** Độ còn:**

Mục đích để tiện cho việc tháo mũ giữ nhiệt, giảm tổn thất nhiệt của bề mặt nước thép và hao tổn kim loại. Thông thường chọn độ còn khoảng 10 ~ 15%.

*** Chiều rộng của vai:**

Là hiệu giữa chiều dài bên trong ở đầu khuôn và chiều dài bên trong của mũ giữ nhiệt. Mục đích là để tránh kẹt thời đối với trường hợp đúc không dùng xỉ bảo vệ và lớp áo mũ giữ nhiệt không dùng tấm cách nhiệt. Thường chiều rộng của vai khoảng 20 ~ 50 mm. Nếu quá lớn sẽ cản trở nước thép dâng lên, lớp màng mỏng oxy hoá trên bề mặt nước thép dễ bị cuốn vào trong thổi, viên dưới chân mũ giữ nhiệt cũng dễ bị nước thép nóng chảy; tất cả đều ảnh hưởng xấu đến chất lượng thổi. Tất nhiên không thể quá nhỏ, lắp dễ bị lệch, dễ sinh ra nứt ngang ...

*** Bán kính góc chuyển tiếp:**

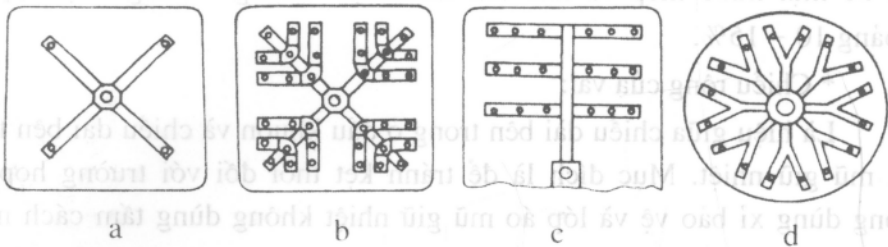
Để thuận lợi cho việc tháo dỡ khuôn, thích ứng giữa mũ và miệng trên của thổi, nên dùng bán kính góc chuyển tiếp lớn, mặt cắt miệng mũ giữ nhiệt càng tiếp cận hình tròn càng tốt vì chu vi hình tròn ngắn nhất, diện tích tản nhiệt bé nhất, dẫn đến thời gian nước thép ở thể lỏng dài hơn và có lợi cho việc điền đầy cơ ngót. Bên ngoài mũ giữ nhiệt, để tiện cho việc tháo mũ, móc và vận chuyển nên có 2 tai trục đối xứng nhau. Vỏ ngoài thường đúc bằng gang, cũng có thể đúc trực tiếp một khối vật liệu chịu lửa hoặc một số mảnh ghép lại. Phần áo dùng vật liệu samot nhẹ hoặc vật liệu cách nhiệt (xốp) có tỷ lệ cát (SiO_2 khoảng 96 ~ 98%) là 83%, xỉ bông 5%, tro amiăng 1%, bông thủy tinh 7%, dầu thực vật 4%. Hoặc áo phát nhiệt gồm 2 lớp: lớp ngoài giữ nhiệt và lớp trong phát nhiệt. Chất phát nhiệt (Al, Si, Mn...) cộng với chất oxy hóa (vẩy sắt, quặng sắt hoặc NaNO_3 ,...) và chất dính kết, lớp giữ nhiệt gồm cát sông và vật liệu samot.

4.4. Đĩa đúc và ống rót trung tâm

4.4.1. Đĩa đúc:

Được đúc bằng gang, phải chế tạo thật phẳng, chiều dày căn cứ vào trọng lượng thổi và số thổi đúc, dao động trong khoảng 100 ~ 250 mm, có 2 tai để tiện cho việc cấu mang đi. Mặt trên có các rãnh đúc với hình dạng và

cách bố trí nhiều kiểu như hình 2 – 22. Để lắp các viên gạch rãnh đục thuận lợi, rãnh nên rộng và sâu hơn một chút, lắp xong thì điền đầy cát vào.

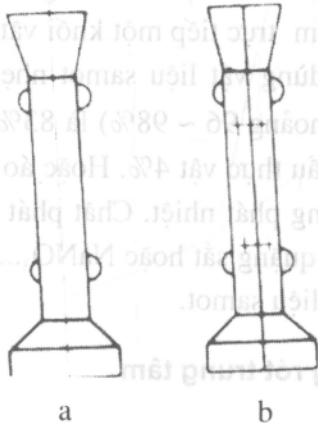


Hình 2 – 22. Bố trí rãnh gạch đục.

- a– Hình tia sáng
- b– Hình nhánh cây
- c– Hình thẳng góc
- d– Hình chữ Y

4.4.2. Ống rút trung tâm dùng cho đúc dưới:

Thường đúc bằng gang cả khối hoặc ghép 2 mảnh như hình 2 – 23, miệng nên làm thành hình loa để tiện lắp các viên gạch ống rút. Thường ống rút cao hơn khuôn, kể cả mũ là 300 ~ 800 mm. Đường kính trong lớn hơn viên gạch rút 30 ~ 45 mm (đối với ống rút kiểu ghép thì chỉ cần 10 ~ 15 mm là được). Trên ống rút có một viên gạch phễu làm bằng samot.



Hình 2 – 23. Vỏ ngoài ống rút trung tâm.

- a+ Liên khối
- b– 2 mảnh ghép lại

V. CÔNG NGHỆ ĐÚC KHUÔN.

5.1. Phương pháp đúc

Dựa vào cách rót nước thép vào khuôn khác nhau, mà chia ra 2 phương pháp đúc: đúc trên và đúc dưới. Đúc trên là nước thép qua lỗ rót của thùng chứa rót trực tiếp vào từ đầu khuôn thời. Hiện nay, để điều chỉnh đồng đều tốc độ đúc, người ta còn đặt trên đầu khuôn thời một phễu trung gian (hoặc thùng trung gian). Phễu trung gian thường chỉ rót cho một khuôn còn thùng trung gian có thể rót cho nhiều khuôn để rút ngắn thời gian rót của toàn mẻ thép. Phương pháp đúc dưới là nước thép qua lỗ rót chảy vào ống rót trung tâm, sau đó nước thép chảy xuống đĩa đúc theo gạch rãnh dâng lên từ dưới khuôn thời.

So sánh ưu khuyết điểm của 2 phương pháp đúc trên và đúc dưới, ta thấy đúc dưới:

- Có thể đồng thời đúc được nhiều thời, rút ngắn được thời gian đúc một mẻ thép.

- Không chế (điều chỉnh) tốc độ rót thuận lợi hơn nên dễ xử lý các trường hợp cụ thể như thích ứng với nhiệt độ nước thép và đặc tính của loại thép... Đồng thời, do nước thép dâng lên trong khuôn khá bình ổn nên chất lượng bề mặt thời tốt, khác với đúc trên do nước thép rơi xuống bắn tóe ra xung quanh mặt khuôn làm chất lượng mặt thời xấu và giảm tuổi thọ sử dụng của khuôn.

- Tất nhiên, lắp đặt chuẩn bị khuôn đúc dưới phức tạp hơn, không những hao tổn thêm vật liệu chịu lửa mà còn dễ tạo nên sự cố trong gạch đường rót như tắc vỡ chảy nước thép ra ngoài...

- Do đúc dưới mà có thép đường ống rót và rãnh rót nên giảm lượng thu hồi thời thép hay tăng lượng hồi liệu.

Hiện nay, đối với thép hợp kim, thép chuyên dùng, thép thông dụng thì đều dùng cả 2 phương pháp đúc trên, nhưng đúc dưới dùng nhiều hơn còn đúc trên thường thích hợp với sản xuất thời thép góc, thời lớn hoặc thời có hình dạng đặc biệt. Tuy nhiên, dùng phương pháp nào cần xem xét toàn diện như dung lượng lò luyện, trọng lượng thời lớn nhỏ, đặc tính của loại thép với tình trạng thiết bị và điều kiện tác nghiệp, để lựa chọn cho phù hợp.

Ngoài ra, thiết bị đúc còn khác nhau như đúc hồ, đúc trên mặt nền, đúc xe và đúc chuyển động có trình độ cơ khí hóa tương đối cao. Đúc hồ hoặc đúc trên mặt nền là đúc và tháo lắp khuôn đều cùng trong một nhà xưởng với lò luyện nên các khâu thao tác chồng chéo nhau, điều kiện lao động kém, tuy gọn và diện tích chiếm chỗ ít. Còn đúc xe thì tách riêng các công đoạn ra: đúc rót, lắp tháo khuôn nên điều kiện lao động được cải thiện rất nhiều. Mức độ cơ khí hóa của đúc chuyển động cao, giảm được sức lực nhưng để đúc thép hợp kim còn tồn tại nhiều vấn đề chưa giải quyết được.

5.2. Trọng tâm của thao tác đúc thổi

Đúc thổi là một khâu quan trọng của quá trình luyện thép, cho nên từng hạng mục thao tác của đúc thổi phải có một chuẩn mực và chặt chẽ. Trải qua thực tiễn sản xuất nhiều năm, người ta đã qui nạp thao tác đúc khuôn như sau:

(1) “Bằng phẳng”: yêu cầu đặt đĩa đúc phải thật bằng phẳng, có nghĩa là mặt thao tác của đĩa đúc, khuôn, mũ giữ nhiệt, ống rót trung tâm phải bằng, mặt gạch xây cần phẳng.

(2) “Sạch sẽ”: bề mặt làm việc của đĩa, khuôn, mũ, ống rót, phễu cho đến thùng rót cần làm sạch sẽ, toàn bộ hệ thống đúc phải làm sạch trước khi sử dụng.

(3) “Khô ráo”: Mũ, phễu rót, cần nút, bàn trượt, gạch rót... phải sấy khô; tất cả các vật liệu như gạch chịu lửa, chất phát nhiệt, xỉ bảo vệ, cát... trước khi dùng phải được sấy khô cẩn thận.

(4) “Chỉnh tề”: khối gạch xây cần chỉnh tề, không được nứt vỡ thiếu góc cạnh, lắp chỉnh tề không được sai lệch không khớp nhau.

(5) “Chính xác”: ống rót trung tâm và gạch rãnh rót các đường phân nhánh phải lắp chuẩn, không xô lệch, đặt khuôn đúng lỗ gạch, đường tâm của khuôn và mũ phải chuẩn, gạch rót và phễu rót phải đặt đúng vị trí...

(6) “Nghiêm chỉnh”: lắp các phần tiếp xúc như đầu cần nút và gạch rót, bàn trượt trên và dưới, khuôn và đĩa, mũ và khuôn phải nghiêm chỉnh.

(7) “Ổn định”: tốc độ đúc cần được thích đáng, bảo đảm nước thép dâng lên trong khuôn ổn định.

5.3. Công việc chuẩn bị trước khi đúc

Công việc chuẩn bị trước khi đúc là rất quan trọng, không thể sơ ý cấu thả. Nếu không sẽ ảnh hưởng xấu đến chất lượng và sản lượng hoặc gây ra những sự cố nghiêm trọng trong sản xuất. Công việc chuẩn bị trước khi đúc bao gồm: chuẩn bị thùng rót, chuẩn bị cho đúc trên hoặc đúc dưới.

5.3.1. Chuẩn bị thùng rót:

Đối với thùng rót cán nút, việc đầu tiên nhanh chóng đổ hết xỉ và thép còn trong thùng, nếu không hết còn dính ở đáy phải dùng oxy để đốt đi, nếu không ảnh hưởng đến thành phần hóa học và nhiệt độ của mé sau. Quanh viên gạch lót đáy phải sạch thép dính, nếu không rất khó cho việc tháo viên gạch rót cũ và lắp viên gạch rót mới vào. Kiểm tra kỹ đáy và tường xung quanh để quyết định tiếp tục dùng nữa hay phải dừng lại. Khi đã quyết định tiếp tục sử dụng thì phải nhanh chóng dùng không khí nén thổi gió làm nguội. Khi thùng đã nguội một chút thì tháo ngay cán nút cũ, viên gạch rót cũ và lắp viên gạch rót mới. Đồng thời làm sạch đáy thùng, miệng thùng và dư thép dư xỉ trong rãnh viên gạch rót đáy.

Lắp viên gạch rót mới phải bôi vữa và làm nóng. Vữa bôi quanh viên gạch rót chỉ là để sau này tháo bỏ thuận lợi, làm nóng có lợi cho việc sấy khô vữa. Vữa thường dùng là bột chịu lửa và nước. Phải kiểm tra kỹ chất lượng viên gạch rót, bảo đảm tiếp xúc tốt giữa đầu cán nút và viên gạch rót để tránh rỉ nước thép.

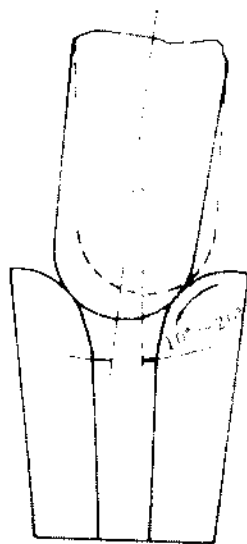
Thông thường viên gạch đầu nút và miệng loe của viên gạch rót cho tiếp xúc chặt xoay mấy vòng để giữa chúng có sự mài mòn tăng diện tích tiếp xúc từ đường tiếp xúc sang dải tiếp xúc. Có như vậy mới tránh được sự cố dò rỉ nước thép. Viên gạch mới phải lắp thẳng, quanh có lớp vữa đồng đều để dòng thép chảy thuận lợi. Ngoài ra, đầu loe của viên gạch rót phải phẳng với mặt viên gạch lót đáy không tạo thành vùng thủng ảnh hưởng xấu đến viên gạch đầu cán nút do chênh lệch nhiệt độ xung quanh mà sản sinh nứt vỡ gây sự cố rơi đầu nút hoặc dính chặt lại không nâng cán nút lên được, cũng có thể nước thép đọng lại trong vùng thủng này khó rót hết được. Sau khi lắp xong viên gạch rót còn có thể dùng vữa nước thủy tinh quét quanh viền đáy mạch gạch quanh viên gạch lót đáy, tất nhiên bên ngoài quanh viên gạch lót đáy và viên gạch rót cũng làm như vậy để dính chặt chúng lại với

n nhau. Trường hợp lắp viên gạch lót đáy từ ngoài vào thì phải xiết chặt chốt và đai giữ. Phải làm sạch vữa ở đáy thùng, gạch rút trước khi đưa vào sử dụng phải sấy khô.

Đối với thùng rút dùng bàn trượt thì cũng phải đổ sạch thép xỉ còn lại hoặc thổi khí oxy đốt sạch sau đó mới tháo hộp trượt kiểm tra đáy (bao gồm cả viên gạch lót đáy và viên gạch xếp). Kiểm tra kỹ thùng rút để quyết định có tiếp tục sử dụng nữa hay không hay là phải vá hoặc thay.

Lắp xong viên gạch rút, cầu cả thùng rút đến giàn đặt lò sấy, sấy khô, chuẩn bị và lắp hệ thống cần nút. Việc đầu tiên trước khi lắp cần nút là phải kiểm tra thật cẩn thận thanh cần gạch đầu nút và gạch ống. Thanh cần phải thẳng, đầu ren không bị chèn hỏng hoặc bị cháy nghiêm trọng, vận không khớp chặt được với viên gạch đầu cần nút, kích thước sai với qui cách thì không được phép dùng nữa. Gạch đầu cần hay gạch ống không bị hút ẩm, nứt, đường ren gạch đầu cần không hư hỏng sút mẻ, vận chặt được với thanh cần. Lắp thường đặt trên giá, sau khi nắn thẳng thanh cần, việc đầu tiên là dùng vữa phủ lên đường răng thanh cần rồi vận chặt viên gạch đầu cần vào, sau đó lồng các viên gạch ống khít lại với nhau. Chú ý khi vận viên gạch đầu cần không được quá chặt mà phải vận rồi lại nới ra vài lần khi giàn nở nhiệt để bị nứt dọc (loài gạch đầu cần không có răng thì phải chốt chặt sau đó lấy vữa là bột chịu lửa với nước muối cho lắp kín). Lắp xoay gạch ống cuộn một lớp đệm bằng giấy amiăng rồi mới dùng mũ ốc trên cổ định chặt cả thanh cần nút lại. Vữa phải mịn cùng loại với gạch cần nút, thường là loại samot, diễn đều vữa quanh mạch gạch, không để mạch lớn hơn 1 mm. Sau đó làm sạch toàn bộ bề mặt ngoài của cần rồi đưa xếp vào lò sấy ở nhiệt độ 150 ~ 200°C, nâng nhiệt từ từ sấy kéo dài trên 24 giờ. Xếp vào và lấy ra phải nhẹ tay, tránh va đập hư hỏng. Cần nút sấy tốt đưa lắp vào thùng rút qua hệ thống cơ khí nâng hạ cần nút. Qua thực tế sản xuất rất khó mà cần nút lắp thẳng được với viên gạch rút mà thường có một độ lệch khoảng 10 ~ 20" là được, như hình 2 - 24.

Ngoài ra lắp cần nút vào thùng cần kiểm tra cần nâng lên một độ cao bình thường khoảng 60 ~ 70 mm (khoảng 4 ngón tay), quá cao dễ bị không chặt, quá thấp khe hở nhỏ tốc độ rút nhỏ dòng rút dễ chảy tóe ra xung quanh, không chụm. Lắp xong cần nút nên sấy thùng, sấy thùng rút liên tục không ít hơn 30 phút, có nâng nhiệt độ thùng rút sấy xong lên được 600°C (hơi đỏ).



Hình 2 – 24. Sơ đồ lắp đầu cân nút với gạch rớt không khớp nhau.

Hiện nay, hệ thống điều chỉnh rớt bằng bàn trượt đã chứng minh có nhiều ưu điểm hơn hệ thống cân nút, nên được sử dụng ngày một rộng rãi. Thao tác lắp hệ thống bàn trượt là một công việc hết sức chi tiết và cẩn thận. Phải kiểm tra và chọn bàn trượt trên và bàn trượt dưới nhấn khít không nứt, không rạn và không một miếng vỡ nhỏ, vữa xây phải nhào hợp lý. Trước hết phải làm sạch không dính thép và xỉ quanh lỗ lắp. Sau đó mới bôi vữa quanh viên gạch bàn trượt trên một cách đủ để lắp vào khít chặt thẳng phẳng bảo đảm cho viên gạch trượt dưới tiếp xúc tốt, không chầy thép. Lắp viên trượt dưới xong phải kiểm tra có trơn và khít không. Lúc điều chỉnh bàn trượt nên bôi một lớp phấn chì (bột graphit) trên mặt viên trượt, sau đó mới vận chặt dần các ốc vít cố định. Phải luôn chú ý lỗ rớt trên và dưới trùng khít nhau.

5.3.2. Chuẩn bị cho đúc dưới:

Xây gạch cống rớt trong đĩa, xây khô, tận dụng lợi dụng nhiệt tích trong đĩa đúc để sấy. Đây là một công việc hết sức cẩn trọng vì dễ gây ra chầy thép, đưa tạp chất làm bẩn nước thép. Xây các viên gạch nối vào nhau phải phẳng, chặt, sạch và diễn chắc. Do vậy kiểm tra gạch có kích thước ngoài chuẩn xác, không cong vênh nứt vỡ. Đúc xong mé trước, sau khi tháo khuôn và thôi phải tranh thủ làm vệ sinh sạch cát và gạch vụn, xỉ thép bám

quanh... Vữa xây thường dùng bột graphit cộng nước thủy tinh trộn với nhau không quá đặc, cũng không quá loãng. Ép 2 viên gạch chặt vào nhau, vữa hơi ép ra bên ngoài nhưng không được vào trong làm bẩn thép. Xây viên gạch tâm trước rồi lần lượt xây các nhánh đối xứng nhau sau. Xây xong tốt nhất là dùng gạch chịu lửa thái ra nghiêng nhỏ < 2 mm hoặc cát điển chặt, cong vênh không quá 2%, khe gạch không quá 2 mm. Nếu là xây đĩa mới, phải sấy nóng đĩa trước khi xây lên trên 100°C.

*** Lắp ống rót trung tâm:**

Làm sạch vỏ ngoài ống rót, đặc biệt đáy không dính xỉ, thép hoặc bất cứ vật gì. Lồng các viên gạch ống rót vào trong, các viên gạch phải lồng khít vào nhau, đảm bảo thẳng đứng. Sau đó cầu đặt vào vị trí giữa viên gạch rót trung tâm, quá trình cầu đặt ống rót trung tâm không được va đập các viên gạch rót, đặt thẳng đứng và cách xung quanh đều nhau. Đặt xong, lấy cát điển chặt khe hở giữa gạch và thành ống. Cuối cùng đặt viên gạch phễu lên trên. Hệ thống này cũng phải đảm bảo khô, sạch, đường ống thép chảy phẳng đều.

Khi chờ đúc nên dây kín, tránh bụi bắn bay vào.

*** Đặt khuôn và mũ giữ nhiệt:**

Khuôn phải được kiểm tra cẩn thận, làm sạch phía trong. Sau khi khuôn vừa đúc mở trước tháo ra để nguội thì phải dùng không khí nén thổi sạch vật bám phía trong. Sau đó bôi khuôn thường dùng là dầu cốc không có nước (đun dần cốc ở 120 ~ 130°C trong vòng 5 ~ 6 giờ để lượng nước < 0,5% và chất bốc ở nhiệt độ trên 600°C phải < 15% thì mới dùng). Khi bôi, nhiệt độ khuôn là 60 ~ 90°C, bôi khuôn nên đều phía dưới, cách đáy 300 mm không cần bôi. Khuôn phải đặt đúng vị trí tâm lỗ rót, thẳng và không bị kênh. Sau cùng là lắp mũ giữ nhiệt đã được lắp đầy đủ các lớp áo trong, giữa thành khuôn và chân mũ phải bôi trơn một lớp hồ, thường là nước thủy tinh và bột gạch chịu lửa, không để lớp hồ này lồi vào trong làm bẩn thép.

Lắp xong toàn bộ hệ thống đúc, dùng vòi chân không hút sạch bên phía trong khuôn và rãnh đúc, sau đó đặt tấm thép lên trên các khuôn chờ đến khi đúc. Đối với đúc trên thì công việc và trình tự đơn giản hơn đúc dưới, các thao tác tương đồng như đúc dưới.

5.4. Công nghệ đúc thép lỏng

5.4.1. Lắng nước thép trong thùng chứa:

Lắng nước thép coi như là khâu cuối cùng của xử lý làm sạch nước thép. Khi nước thép lắng trong thùng chứa, hàng loạt những thay đổi hóa lý xảy ra trong nước thép. Trước tiên là trong khi ra thép, xỉ và nước thép khuấy trộn mãnh liệt, không chỉ đồng đều thành phần và nhiệt độ nước thép mà phản ứng giữa xỉ và kim loại cũng xảy ra mạnh mẽ làm cho nước thép tiếp tục được khử oxy, khử S ngay trong thùng chứa. Các sản phẩm khử lẫn những vật liệu chịu lửa vữa hồ trên máng ra thép trong thùng chứa do tẩm thực của nước thép, đồng thời nhiệt độ hạ thấp làm độ hòa tan khí giảm nên tất cả thoát lên. Do vậy, đây là một trình tự sản xuất quan trọng, cải thiện chất lượng thép mà không thể coi thường.

Thời gian lắng theo lý thuyết có thể tính theo công thức sau:

$$\tau = \frac{T_{ra} - T_{đúc} - \Delta T_{ra}}{K} \quad , \text{ phút} \quad (2-7)$$

Với: T_{ra} – Nhiệt độ ra thép, °C

$T_{đúc}$ – Nhiệt độ bắt đầu đúc, °C

ΔT_{ra} – Nhiệt độ giảm khi ra thép, °C

K – Tốc độ giảm nhiệt độ bình quân của nước thép trong thùng chứa, °C

Thực tế cần dựa vào đo đạc và phán đoán. Nhiệt độ ra thép cao, thời gian lắng dài, nhiệt độ bắt đầu đúc của nước thép yêu cầu cao thì thời gian lắng ngắn một chút. Thành phần nước thép liên quan đến tính lỏng, nếu tính lỏng của nước thép tốt có thể kéo dài thời gian lắng một chút, tạp chất phi kim nhiều nên kéo dài lắng một chút.

Tốc độ giảm nước thép trong thùng chứa rất khác nhau. Thí dụ, đo liên tục nước thép ở lần Cr15 trong thùng chứa 30 tấn có nhiệt độ ra thép là 1590°C thì tốc độ giảm nhiệt độ lúc đầu là 10°C/ph, sau đó giảm dần và 5 phút sau là 4°C/ph, sau đó 10 phút chỉ còn 1°C/ph. Nếu nhiệt độ ra thép càng cao, nhiệt độ giảm lúc đầu càng lớn cho nên, nếu tính theo lý thuyết thì lấy giá trị bình quân. Sấy nóng thùng chứa tới 600°C, tốc độ giảm nhiệt bình quân đối với thùng chứa 100 tấn là 1°C/ph, thùng 30 tấn là 2,5 ~ 3,5°C/ph,

còn thùng 15 tấn lên đến $3 \sim 5^{\circ}\text{C/ph}$. Cùng một dung tích thùng chứa, nếu chứa ít nước thép thì tốc độ giảm nhiệt độ sẽ cao hơn nếu chứa nhiều nước thép. Ngoài ra, lớp phủ trên mặt nước thép cũng như nhiệt độ sấy thùng cũng có ảnh hưởng đến tốc độ giảm nhiệt độ trong thùng chứa.

5.4.2. Rót đúc:

* Nhiệt độ đúc:

Xác định nhiệt độ đúc chính xác là cơ sở cho đúc thổi được thuận lợi. Có quan niệm cho rằng nhiệt độ đúc cao sẽ tốt hơn là thấp, nhưng không thể quá cao được vì nó sẽ đưa đến hàng loạt những bất lợi. Nhiệt độ cao, thép lỏng hấp thụ khí càng nhiều, phải rót chậm nên tái oxy hóa nhiều, phá hoại áo lò mạnh nên đưa tạp chất vào nhiều. Khí đó, sẽ tạo ra nhiều khuyết tật như lõm co, xốp, bọt khí dưới vò, tạp chất thiên tích, tinh thể hình trụ phát triển... .

Xác định nhiệt độ đúc cần căn cứ vào nhiệt độ nóng chảy, độ nhớt, phương pháp đúc, trọng lượng thổi, lượng nước thép đúc, số thổi và nhiệt độ khuôn, ... Nhiệt độ chảy của thép là nhân tố chủ yếu, liên quan đến thành phần hóa học như bảng 2 - 3.

Để đảm bảo tính lỏng của nước thép, nhiệt độ đúc thường cao hơn nhiệt độ nóng chảy $80 \sim 100^{\circ}\text{C}$. Như vậy có thể tính nhiệt độ đúc theo công thức sau:

$$T_{\text{đúc}} (^{\circ}\text{C}) = 1539 - \sum \Delta t_i \cdot n_i + (80 \sim 100) \quad (2 - 8)$$

Ở đây:

1539– Nhiệt độ nóng chảy của Fe.

Δt_i – Nhiệt độ giảm của nguyên tố i.

n_i – Nồng độ % của nguyên tố i.

(80 ~ 100)– Nhiệt độ dư để đảm bảo tính đúc.

Tất nhiên, nhiệt độ dư là dựa vào kinh nghiệm, theo trọng lượng, số lượng, phương pháp đúc... như trên đã trình bày.

Bảng 2 – 3. Ảnh hưởng của nguyên tố hóa học đến các thông số khi đúc.

Nguyên tố	Trọng lượng nguyên tử	Cứ 1% nguyên tố làm giảm nhiệt độ trong Fe: ΔT (°C)	Hệ số phân bố: $K = \frac{[\%i]_f}{[\%i]_l}$ trong Fe _s	Hệ số thiên tích 1-K	
				Fe _s	Fe _l
Al	26,98	5,1	0,92	0,08	—
B	10,82	100	0,11	0,89	(0,95)
C	12,01	90	0,20	0,80	0,70
Cr	53,91	1,8	0,95	0,05	0,15
Co	58,94	1,7	0,94	0,06	0,05
Cu	63,54	2,6	0,90	0,10	(0,30)
H	1,01	1300	0,27	0,73	0,55
Mn	54,94	1,7	0,90	0,10	0,25
Mo	95,95	1,5	0,86	0,14	(0,40)
Ni	58,71	2,9	0,83	0,17	0,05
N	14,00	90	0,25	0,75	0,52
O	16,00	65	0,02	0,98	(0,97)
P	30,98	28	0,13	0,87	0,94
Si	28,09	6,2	0,83	0,17	(0,5)
S	32,07	40	0,02	0,98	(0,95)
Ti	47,90	17	0,40	0,60	(0,7)
W	183,86	< 1	0,95	0,05	(0,5)
V	50,95	1,3	0,96	0,04	—

* Tốc độ đúc:

Biểu thị bằng trọng lượng nước thép rót vào khuôn trong một đơn vị thời gian (t/ph) hoặc chiều cao mặt nước thép dâng lên trong khuôn (mm/ph). Tập quán sản xuất thường dùng thời gian rót hết khuôn (lên đến mũ giữ nhiệt) - phút hoặc giây (s). Tốc độ đúc chủ yếu quyết định bởi thành phần hóa học nước thép đúc, trọng lượng khuôn và nhiệt độ đúc... Không chế tốc độ đúc bằng chọn kích thước viên gạch rót và điều chỉnh khe chảy bằng cần nút hoặc bàn trượt, tất nhiên còn phụ thuộc cả vào chiều cao cột thép trong thùng chứa. Tốc độ đúc có quan hệ với nhiệt độ đúc. Cùng một nhiệt độ đúc, cùng thiết bị đúc nếu tốc độ đúc

quá nhanh, nhiệt độ bình quân của nước thép trong khuôn cao dẫn đến lớp vỏ nguội nhanh của thời mỏng, thời gian đông đặc dài, thiên tích thành phần và tạp chất nghiêm trọng, lõm co lớn, lớp tinh thể hình trụ phát triển... Thỏi thép dễ xuất hiện nứt. Ngược lại, tốc độ đúc không thể quá chậm vì dễ tạo ra thỏi cụt hoặc đúc không lên, nhiều khuyết tật tạo ra trên lớp vỏ...

Hiện nay, tồn tại 2 trường phái còn tranh luận; đó là dùng nhiệt độ cao đúc chậm hay là nhiệt độ thấp đúc nhanh. Song yêu cầu cụ thể là: 1- Đúc lên được hết các thỏi, 2- Bảo đảm chất lượng của thỏi, 3 - Tận dụng kéo dài được tuổi thọ của khuôn. Tiêu chí của tốc độ đúc hợp lý ngoài việc phù hợp với thời gian qui định của đúc, mặt nước thép dâng lên trong khuôn tiếp xúc với không khí bị oxy hóa thành oxit, diện tích và chiều dày của lớp oxit này quyết định bởi thành phần nước thép, nhiệt độ và tốc độ đúc. Căn cứ vào diện tích và chiều dày lớp oxit phán đoán tình trạng dâng lên của nước thép để thay đổi tốc độ đúc. Quan sát mặt nước thép dâng lên, nếu thấy sùi, lõi bọt, bắn hoa, cuộn vỏ vào trong biểu thị nhiệt độ đúc quá cao và tốc độ đúc quá nhanh. Ngược lại, vỏ dày nứt vỡ lật vào trong nghiêm trọng biểu thị nhiệt độ đúc thấp hoặc tốc độ đúc chậm. Trong thực tế, tốc độ đúc là thay đổi, cần phải căn cứ vào tình hình cụ thể mà điều chỉnh. Đối với đúc thỏi thép lỏng có mũ giữ nhiệt, chia tốc độ đúc làm 2 phần: đúc phần thân và đúc phần mũ. Thường tốc độ rót có qui định bắt đầu rót, rót tiếp theo, rót dòng nhỏ, rót dòng mạnh, rót bù...

Bất luận dòng đúc thế nào đều phải khống chế sao cho dòng rót tròn chụm, không bắn tóe, rót liên tục, không được dừng. Rót những thỏi cuối phải hết sức tránh rót cả xỉ vào. Rót lên đến mũ giữ nhiệt cần rót chậm và được 2/3 mũ thì cho chất phát nhiệt lên đầu thỏi, đồng thời rót tiếp bổ xung điền đầy lõm co. Chất phát nhiệt thường dùng là Al, SiCa, FeSi, AlMn... trong đó Al là tốt nhất, thiếu có thể dùng SiCa thay thế. Chất oxy hóa để đốt cháy chất phát nhiệt thường dùng là NaNO_3 , quặng Mn hoặc quặng Fe. Chất trợ dung, để làm cho dung điểm của xỉ tạo thành hạ thấp, thường dùng là soda, huỳnh thạch hoặc thủy tinh.

5.4.3. Làm nguội và nhiệt luyện thép:

* Thời gian làm nguội thời thép:

Thường tính theo công thức kinh nghiệm:

$$\tau = 0,112R^2 \quad (2 - 9)$$

Trong đó:

τ - Thời gian đông đặc hoàn toàn, ph

R - Bán kính mặt cắt của thời, cm

Xác định được thời gian hoàn toàn kết tinh thì tháo khuôn và xử lý nguội. Để đảm bảo được chất lượng thời cần phải tăng chu chuyển sử dụng thiết bị - chính là tăng năng suất sản xuất của đúc thời.

* Chế độ làm nguội thời thép:

- *Nguội trong không khí*: Thời thép tháo khỏi khuôn xong để ngoài không khí cho nguội tự nhiên. Thích hợp với các loại thép cacbon thấp ($\%C \leq 0,25$), thép hợp kim thấp cacbon thấp, một số thép không gỉ austenit... như các mác thép 20, 20Mn2, 15Cr, 12CrMoV, 15NiMo, 1Cr18Ni9Ti, Cr18Ni12Mo3Ti... Những thời thép tiết diện không lớn vì quá trình nguội không có chuyển biến pha, không sản sinh ra ứng suất tổ chức và ứng suất nhiệt hoặc có ứng suất nhưng không lớn, tính dẻo tốt thì có thể làm nguội ngoài không khí.

- *Nguội cùng khuôn*: Tốc độ nguội của thời cùng khuôn nhỏ hơn nguội ngoài không khí. Thời dưới 1 tấn có tốc độ nguội khoảng 120 ~ 140°C/giờ, thời 1 ~ 1,5 tấn có tốc độ nguội 80 ~ 120°C/giờ. Đây là một loại nguội chậm, làm cho nhiệt độ thời giảm đến dưới điểm chuyển biến pha, khi tháo khuôn thường nhiệt độ thời thấp hơn 150°C. Các loại thép như ferit, peclit chứa $\%C < 0,3$ hoặc $\%C > 0,5$ thường phải làm nguội theo kiểu này.

- *Nguội hố*: Thời tháo khuôn được xếp đặt ngay dưới hố, rồi đập nắp lên cho tiến hành nguội chậm. Tốc độ nguội chỉ khoảng 20 ~ 30 °C/giờ. Nhiệt độ thời đặt vào hố phải lớn hơn 750°C và lấy ra khỏi hố không cao hơn 150°C. Mục đích khử điểm trắng và nứt. Thường dùng cho những thời thép peclit và nửa mactenxit có trọng lượng dưới 1 tấn.

- *Nguội trong buồng cách nhiệt*: Tốc độ nguội rất chậm, khoảng 3 ~ 7 °C/giờ. Nhiệt độ thời xếp vào buồng cách nhiệt cũng phải lớn hơn 750°C và

lấy ra nhỏ hơn 150°C. Thực chất đây là một dạng ủ trung gian giữa ủ nhiệt độ thấp và ủ hoàn toàn.

*** Nhiệt luyện thời thép:**

Mục đích khử thiên tích, nội ứng suất và giảm hàm lượng khí [H], ngoài ra còn có thể mịn hóa tinh thể, đồng đều tổ chức, giảm độ cứng trên bề mặt, nâng cao tính dẻo và hệ số dẫn nhiệt, có lợi cho các khâu tinh chỉnh và gia nhiệt sau đó.

Các phương pháp nhiệt luyện thời chủ yếu có:

- *Ủ khuếch tán:* Trong quá trình đông đặc xuất hiện thiên tích vùng và thiên tích dạng nhánh cây. Thiên tích nhánh cây ảnh hưởng rất xấu đến tính năng của thép sau khi gia công, nó tạo ra tổ chức kéo dài và tính năng theo các hướng khác nhau. Do vậy cần tiến hành ủ khuếch tán, giữ ở nhiệt độ cao nhất định, tổ chức thời phát sinh đồng đều hóa ở một mức độ nào đó. Vì vậy, ủ khuếch tán còn có tên là ủ đồng đều hóa. Nó khử được thiên tích nhánh cây, giảm hàm lượng [H], cải thiện sự phân bố lại thiên tích vùng và tạp chất phi kim.

- *Ủ thông thường:* Trong quá trình kết tinh xảy ra nội ứng suất khá lớn. Nội ứng suất này tăng lên theo hàm lượng nguyên tố hợp kim và thể tích trọng lượng thời. Đối với một số thép hợp kim cao như thép gió, thép Crôm cao sau khi tháo khuôn phải tiến hành ủ để khử nội ứng suất ngay; nếu không để ngoài tự nó nứt, thậm chí vỡ toác ra. Ngoài ra, có nhiều nguyên nhân xảy ra trong quá trình kết tinh làm cho bề mặt xuất hiện một số khuyết tật; nếu không kịp thời xử lý, khi đưa đi gia công áp lực sẽ tạo thành phế phẩm. Do đó phần lớn những thời như vậy, phải tiến hành ủ thông thường để khử ứng suất, cải thiện tổ chức, làm mềm bề mặt để dễ xử lý làm sạch.

- *Ủ nhiệt độ thấp:* Nhiệt độ ủ dưới nhiệt độ tới hạn nên quá trình ủ không sản sinh chuyển biến pha, giảm hoặc khử một phần ứng suất. Trên thực tế lại có ủ đưa vào nóng và ủ đưa vào nguội. Ủ đưa vào nóng chủ yếu là cho thời thép có khuynh hướng nứt rất lớn, nhiệt độ trên 750°C đã đưa vào lò. Ủ đưa vào nguội chủ yếu để khử nội ứng suất, mịn hóa tinh thể và mềm bề mặt.

5.4.4. Xử lý làm sạch bề mặt thổi:

Trên bề mặt thổi thường xuất hiện nứt, u sọc, dính tạp chất, lỗ khí, xước... Nếu không kịp thời xử lý sau khi gia công thì chúng nằm lại trên bề mặt, không những thế còn có thể mở rộng những khuyết tật đó và tạo thành phế phẩm hàng loạt vật liệu thép cán. Thường có các cách xử lý sau:

1) Mài bằng đá mài: Dùng đối với thép cứng, khuyết tật cạn, phân bố rộng như thép chữ I cacbon và hợp kim, thép gối trục, thép lò xo, thép gió, thép silic... Mài sạch u sọc, vết hàn, dính bẩn... trên bề mặt thổi.

2) Xử lý bằng đèn khò: Thường làm sạch những khuyết tật nhỏ trong phạm vi hẹp như vết nứt nhỏ, mép biên, u sọc...

3) Xử lý bằng ngọn lửa hàn: Thường đối với các thổi thép cacbon, thép hợp kim thấp còn nóng. Có hiệu suất cao nhưng tổn thất kim loại lớn.

4) Bào bóc lớp vỏ ngoài: Thường chỉ xử lý đối với thổi hình tròn có yêu cầu chất lượng bề mặt thổi rất nghiêm khắc. Xử lý khá triệt để nhưng tổn thất kim loại lớn, giá thành cao nên cơ bản đã bị đào thải.

5.5. Công nghệ đúc thép sôi

Chất lượng của thổi thép sôi có liên quan rất lớn với tình trạng sôi trong khuôn. Cho nên thao tác xử lý nhiệt độ đúc, tốc độ đúc để điều chỉnh cường độ sôi và bọt dầu là nội dung chính của công nghệ đúc thép sôi. Thép sôi thường dùng khuôn đúc trên nhỏ dưới to, không giữ nhiệt, tiết diện hình vuông hoặc hình chữ nhật. Phương pháp đúc có đúc trên và đúc dưới, nhưng thường dùng đúc dưới nhiều hơn.

5.5.1. Khống chế sự sôi trong khuôn:

* Trạng thái sôi trong khuôn:

Phán đoán chính xác trạng thái sôi trong khuôn là tiêu đề của khống chế sôi. Thường có 4 trạng thái sôi sau:

- *Tính oxy hóa yếu:* Hàm lượng C lớn hơn 0,2%, thường sôi yếu, lượng khí thải ít, mặt nước thép dâng lên trong khuôn tương đối phẳng lặng, tuần hoàn đối lưu không rõ rệt, nổi lên bọt lớn, mặt thép lỏng thường xuất hiện viên.

- *Tính oxy hóa thích hợp:* Thường hàm lượng C khoảng 0,14 ~ 0,20%, sôi đều, bọt khí nhiều và nhỏ, mặt nước thép dâng lên đều, khí thoát lên tạo

ra quanh mặt thép lỏng hơi cao, giữa lõm. Những bọt khí nhỏ thoát lên bị vỡ nên có tiếng “sôi”. Xi nổi, tập trung ở giữa vùng tuần hoàn đối lưu của nước thép tương đối rộng.

- *Tính oxy hóa mạnh*: Thường khi hàm lượng C nhỏ hơn 0,14%. Sôi mạnh, xung quanh mặt thép dâng cao hẳn lên, giữa lõm xuống. Sôi không đều, mặt nước thép chao đảo, xi nổi nên khó tập trung lại mà thường bị cuốn vào trong thép, vùng tuần hoàn đối lưu của nước thép hẹp.

- *Tính oxy hóa quá mạnh*: Khi hàm lượng C khoảng 0,06 ~ 0,07%, vì lượng khí thoát ra quá nhiều nên mặt nước thép trong khuôn dâng cả lên, không còn tuần hoàn đối lưu, nhìn như sôi yếu nhưng thực sự là sôi quá mạnh.

* Điều khiển sự sôi trong khuôn:

- *Dùng chất trợ sôi*: Khi hàm lượng C lớn hơn 0,2%, hàm lượng Mn nằm ở giới hạn trên của mác thép hoặc nhiệt độ đúc quá cao. Có thể thổi oxy, không khí nén hoặc cho vảy sắt, NaF , CaF_2 , Soda vào mặt nước thép trong khi đúc. Cũng có thể đoán biết trước thì cho vào khuôn trước khi rót.

- *Dùng dây Al*: Khi hàm lượng C nhỏ hơn 0,14%, sôi mạnh thì không ngừng nhúng dây Al vào dòng rót. Cho vừa phải để tránh không thành thép nửa sôi.

* Nhiệt độ đúc:

Khi [C] thấp thì hàm lượng [O] cao. Nếu nhiệt độ đúc lại cao thì lượng hòa tan [O] càng nhiều. Trên bề mặt hoạt tính, nhiều oxy bị hấp phụ trên bề mặt bọt khí CO làm cản trở [C] khuếch tán đến bề mặt bọt khí CO, tức là cản trở phản ứng giữa C và O. Cho nên đúc thép sôi cacbon thấp cần tránh để nhiệt độ đúc quá cao.

* Tốc độ đúc:

Để hạn chế áp lực tĩnh trong khuôn không tăng lên nhanh cần đúc từ từ (200 ~ 300 mm/ph). Nhưng trọng lượng khuôn lớn lại thường đúc nhanh vì lớp vỏ ngoài không chỉ phụ thuộc vào tốc độ đúc mà còn quyết định ở hàm lượng [C] và [O]. Chỉ cần đủ hàm lượng oxy thì có thể tăng nhanh tốc độ đúc mà cũng không làm mỏng lớp vỏ ngoài. Tốc độ đúc đã nâng lên đối với đúc dưới là > 700 mm/ph, đúc trên là 1,5 ~ 2,5 m/ph.

5.5.2. Thao tác đúc dưới:

Đúc dưới tốc độ chậm, khoảng 0,15 ~ 0,30 m/ph (nhiệt độ thấp và thời lớn chọn giới hạn trên, nhiệt độ cao và thời nhỏ chọn giới hạn dưới). Nguyên tắc khống chế là “2 nhanh, 2 chậm”. Bắt đầu nhanh để tránh thép đông đặc lỗ rớt. Khi rót cao đến ~ 100 mm thì chậm lại. Khi rót cao đến 1/5 ~ 1/4 thân thỏi, do đã có áp lực tĩnh nhất định, nên lại tăng nhanh tốc độ đúc. Khi rót lên đến mặt thì rót chậm lại, kịp cho khí thoát lên nhiều và có lớp vỏ dày, sau đó đẩy nắp và kéo dài rót chậm để bố xung với mục đích tránh xốp ở đầu.

5.5.3. Thao tác đúc trên:

Hiện nay, thỏi thép lớn thường dùng đúc trên và rót nhanh. Như vậy nâng cao được năng suất, không có ống rót trung tâm, gạch rãnh... nên giảm tiêu hao vật liệu chịu lửa, giảm nguồn gốc đưa tạp chất phi kim vào và tăng lượng thép thu hồi. Tất nhiên, áp lực tĩnh của nước thép sẽ tăng lên nhanh, sôi sẽ không tốt, bọt khí tổ ong sẽ gán lớp vỏ, mặt thép bị bắn tóe càng trầm trọng... Do đó, cần có biện pháp xử lý.

- Nhiệt độ ra thép nên khống chế ở giới hạn dưới, trên nhiệt độ chảy khoảng 50°C để giảm nhiệt độ rót và tránh được một phần bất lợi do đúc nhanh gây nên.

- Khống chế hàm lượng Mn ở giới hạn dưới.

- Khi rót thép có tính oxy hóa nên dùng biện pháp tự sôi. Thí dụ, khi rót thép chứa 0,18 ~ 0,25 %C, vì tính oxy hóa yếu nên dùng biện pháp thổi oxy và cho chất trợ sôi để cường hóa sôi.

5.5.4. Thao tác bịt đầu:

Rót xong cần phải bịt đầu thỏi, chính là để dừng sự sôi tiếp tục trong khuôn, đồng thời tăng thêm chiều dày lớp vỏ, giữ lại thể khí không cho thoát ra ngoài. Vì lúc rót xong thì lớp vỏ đã hình thành cơ bản nên kéo dài thời gian sôi trong khuôn không thể tăng thêm chiều dày lớp vỏ đặc chắc mà ngược lại ảnh hưởng đến mức độ phát triển của lớp bọt khí tổ ong. Thời gian sôi càng lâu, vùng bọt khí tổ ong càng rộng, đường kính bọt khí lần hai càng lớn, thiên tích càng nghiêm trọng. Kịp thời bịt đầu có thể làm cho bọt khí phân bố đều trong thỏi. Trong điều kiện lý tưởng, thể tích của các loại bọt khí vừa bằng thể tích của co ngót thể tích, giảm hệ số cắt đầu của thỏi thép sôi.

Có 3 phương pháp bịt đầu.

* Bịt đầu hóa học:

Rót xong, cho vào nước thép trên đầu khuôn một lượng chất khử oxy và khuấy trộn đều làm cho đầu thỏi nhanh chóng bị khử oxy, dùng sôi và đạt mục đích nhanh chóng bịt đầu đông đặc. Mấu chốt của bịt đầu hóa học là hình thành một cái nắp kim loại có chiều dày nhất định để bịt đầu và hình thành một cái đầu thỏi thép sôi hơi lồi hơn xung quanh.

Thường dùng Al và FeSi90 làm chất khử oxy của bịt đầu hóa học. Tỷ trọng của FeSi lớn hơn Al nên hiệu quả hấp thụ của nước thép cao hơn và ổn định hơn, nhưng làm cho hàm lượng Si trên đầu thỏi tăng lên (có thể tới 0,30%). Trong thỏi có nhiều tạp chất dạng muối silicat cho nên thép que hàn chỉ nên dùng Al.

* Bịt đầu bằng cơ học:

Chính là đập một nắp gang lên đầu sau khi rót xong, đây là một kiểu bịt đầu đã sử dụng khá lâu và rất có hiệu quả, không làm bẩn thép, giá thành hạ thấp. Do có nắp đập nên nước thép được đông đặc ngay một lớp giữ chặt đầu. Trọng lượng của nắp liên quan đến trọng lượng của thỏi. Thí dụ, thỏi nặng dưới 500 kg thì nắp khoảng 10 kg, nhưng thỏi nặng trên 7 tấn thì nắp có thể phải trên 500 kg. Nắp quá nhẹ thì không có tác dụng bịt đầu, dẫn đến nổi đầu hoặc đầu bị xù lên như “xúp lơ”. Thời gian đập nắp là mấu chốt để đảm bảo đủ độ dày lớp đông đặc trên đầu thỏi và giảm thiên tích, đập quá sớm thì nước thép dính chặt nắp lại nên cũng có thể lúc đó phản ứng oxy hóa cacbon đang tiến hành mãnh liệt mà đẩy nắp bật tung ra ngoài. Tất nhiên, đập nắp quá chậm để thời gian sôi lâu sẽ tăng mức độ thiên tích trong thỏi.

* Dùng khuôn đúc hình chai:

Rót lên cách miệng một độ cao nhất định hoặc trước đó khoảng 1,5 ~ 2 phút thì nút đầu chai lại, đồng thời giảm tốc độ rót cho đến độ cao qui định. Khi nút lại, trong khuôn không còn khả năng có không khí để bù oxy, mà khí CO thoát lên tạo thành môi trường hoàn nguyên ở đây, đồng thời tăng trở lực thoát khí làm cho sôi giảm, giảm thiên tích một cách rõ rệt. Đúc loại khuôn này áp dụng cho loại thép cacbon thấp có %C ≤ 0,1 thì hiệu quả rất tốt.

5.6. Công nghệ đúc thép nửa sôi

Do phạm vi hàm lượng oxy trong thép hẹp mà mẫu chốt của kết cấu thổi thép nửa sôi tốt hay xấu lại do mức độ khử oxy. Cho nên, công nghệ đúc phụ thuộc vào phương pháp khử oxy và phương pháp đúc.

5.6.1. Khử oxy:

Có 2 cách: khử trong thùng chứa, tức là cho FeMn, FeSi vào thùng chứa rồi điều chỉnh bằng Al trong khuôn đúc; cách này thiên về tình trạng thép lỏng. Còn một cách nữa là cho chất khử FeSi và Al vào khuôn, trong thùng chứa chỉ cho FeMn, làm cho phần trên và dưới thổi thép như nhau, hình thành một lớp đông đặc đủ dày.

Để khống chế được hàm lượng oxy cần phải tính được chuẩn xác và kịp thời lượng khử oxy và hàm lượng oxy trong thép trước khi đúc. Trước đây chỉ là dựa vào kinh nghiệm, căn cứ vào tình trạng sôi bắn hoa lửa của thổi đúc trước, đĩa đúc trước mà chỉnh lại cho thổi hoặc đĩa đúc sau. Hiện nay, do công nghệ đo trực tiếp hàm lượng oxy trong thép đã thành công nên nhanh chóng xác định được hàm lượng oxy trong thép, giúp cho công nghệ đúc thép nửa sôi thuận lợi rất nhiều. Ngoài ra, công nghệ xử lý chân không cũng có thể khống chế chuẩn xác được hàm lượng oxy trong thép.

Độ sạch của thổi thép nửa sôi có quan hệ rất lớn với chất khử oxy. Dùng Al thì độ sạch cao nhưng khó khống chế được mức độ khử oxy thích hợp. Dùng FeSi thì dễ khống chế được hàm lượng oxy nhưng tăng tạp chất trong thép nên nhiều xưởng họ đã kết hợp cả 2 phương pháp.

5.6.2. Đặc điểm của rót đúc:

Thường đúc thép nửa sôi thì dùng đúc trên là chính, dùng khuôn trên nhỏ dưới to, 2 đầu hở và đầu nút chai. Kiểu khuôn thứ nhất đơn giản tiện lợi, kiểu khuôn sau dễ khống chế được phản ứng oxy hóa cacbon, giảm hình thành bọt khí, chất lượng bề mặt thổi được cải thiện đáng kể.

Lớp vỏ ngoài của thổi thép nửa sôi tương đối mỏng nên cần tránh cán kéo dài, tốt nhất là gia nhiệt trong môi trường hoàn nguyên để lớp bọt khí tổ ong không bị lộ ra ngoài, nâng cao lượng cán để hàn liền bọt khí và xấp ở đầu.

5.7. Công nghệ đúc thổi nhỏ

Thông thường thổi dưới 1 tấn. Thậm chí thép cacbon dưới 2 tấn, thép hợp kim thấp dưới 1,5 tấn đều gọi là thổi nhỏ. Thích hợp với các xưởng quy mô sản xuất nhỏ, chuyên sản xuất các loại thép vằn, que hàn, thép lò xo, dụng cụ nông nghiệp... Đặc điểm đúc thổi nhỏ dù là thép lỏng đều dùng khuôn trên nhỏ dưới to và không mang mũ giữ nhiệt.

5.7.1. Đặc điểm kết cấu của thổi thép nhỏ:

* Thổi thép lỏng:

Kết cấu cơ bản như thổi thép lớn, gồm 3 vùng tinh thể, chóp đáy và lõm co ở đầu. Nhưng do tiết diện nhỏ, cường độ nguội lớn ảnh hưởng đến kết tinh theo chiều cắt ngang khá rõ rệt. Cho nên kích thước hạt tinh thể nhỏ mịn hơn, ngoài ra tỷ lệ cao/rộng lớn ($H/D = 7 \sim 13$) dẫn đến lõm co tương đối sâu và có thể có lõm co lần hai.

Đối với thổi thép nhỏ trên nhỏ dưới to, trong quá trình đông đặc có thể chia ra 3 giai đoạn: giai đoạn 1, nước thép rót vào khuôn lập tức hình thành lớp vỏ nguội nhanh; giai đoạn 2, sau khi hình thành lớp vỏ nguội nhanh thì truyền nhiệt của nước thép ra bên ngoài chậm lại, hình thành vùng tinh thể đẳng trục, lúc này do đội nước bị dãn trong khi đáy thì chịu nguội nhanh, nên phía trên hình thành lõm co lần thứ nhất; giai đoạn 3, nước thép ở giữa đông đặc sau cùng, không có nước thép bổ xung nên hình thành lõm co và xóp lần thứ hai.

* Thổi thép sôi:

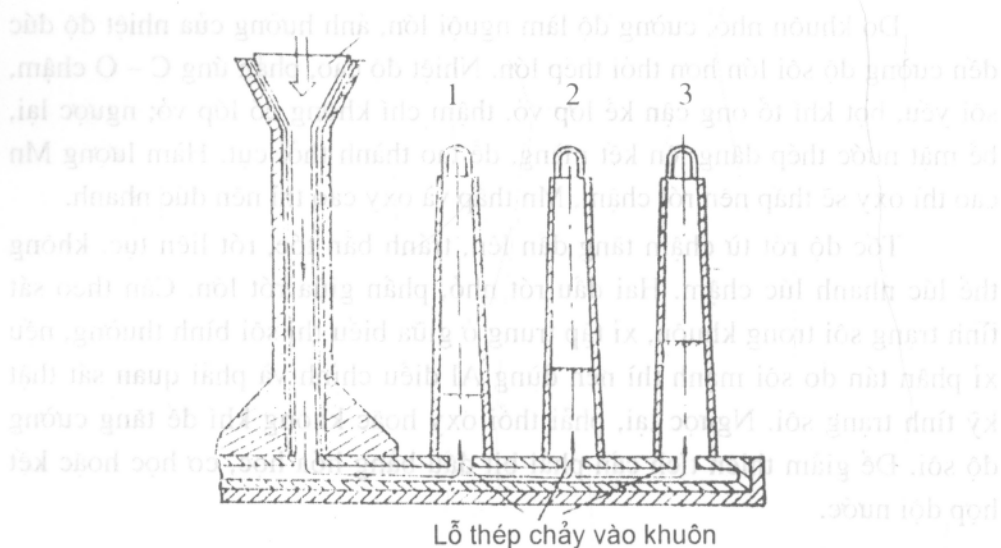
Tương tự như thổi thép lớn cũng có 5 vùng tinh thể, nhưng do cường độ làm nguội tương đối lớn nên vùng bọt khí lần thứ hai và ở giữa không có giới hạn rõ rệt. Để tránh khi cán nung nóng bị oxy hóa nên lớp vỏ ngoài cán một độ dày nhất định.

5.7.2. Công nghệ đúc thổi nhỏ:

* Trạng thái chuyển động của dòng thép trong quá trình rót đúc:

Thường đúc thổi nhỏ phải đúc nhiều khuôn cùng một lúc, dòng thép chảy trong cổng rót tương đối dài, mức độ uốn lượn khác nhau nên khác nhau về áp lực, dẫn đến nước thép dâng lên trong các khuôn khác nhau, hình 2 – 25. Áp lực đẩy vào các thổi đầu tiên là thổi số 3, sau đến thổi số 2,

cuối cùng là thổi số 1. Sau khi nước thép dâng lên đến một mức nhất định, do áp lực tĩnh của thổi số 3 tăng nên nước thép không dâng lên và thậm chí có hiện tượng dòng chảy ngược lại. Đối với thép sôi, do có tác dụng sôi mà chênh nhau về chiều cao mặt nước thép trong khuôn không rõ rệt như thổi thép lắng.



Hình 2 – 25. Khác nhau về chiều cao của mặt nước thép dâng lên trong khuôn.

Chính chiều dài của cổng rót và hiện tượng chảy ngược lại của dòng thép mà tạo thành một nhân tố quan trọng, cá biệt sinh ra thổi cụt và hai lần rót. Cho nên, ngoài khống chế thật tốt tốc độ và nhiệt độ đúc ra, cần tìm mọi cách để mặt nước thép trong các thổi dâng lên đều nhau. Nên giảm nhỏ đường kính miệng lên ở đầu rãnh đúc, bố trí hợp lý các rãnh của đĩa đúc, dùng rãnh gạch đúc kiểu tia sáng, tăng trọng lượng thổi, giảm số thổi đúc.

*** Đúc thổi thép lắng.**

Thổi nhỏ đúc dưới, số thổi nhiều, tản nhiệt nhanh, nhiệt độ đúc cao, có thể giảm thiểu thổi cụt. Do tiết diện thổi nhỏ, cường độ nguội lớn, không dễ sinh nứt nên tốc độ đúc có thể nhanh. Tất nhiên, nhiệt độ và tốc độ đúc phải phối hợp lẫn nhau. Nguyên tắc cơ bản là nhiệt độ thấp đúc nhanh, còn nhiệt độ cao đúc chậm. Chú ý phân biệt hiện tượng bắn lửa và hiện tượng sôi của thép sôi.

Ban đầu rót tốc độ chậm, sau tăng nhanh dần, lớn nhất là khi rót phần thân thỏi. Sau khi rót đến chiều cao nhất định thì giảm tốc độ rót bù, đồng thời dội nước bọt dầu để dầu thỏi nguội nhanh, dòng thép bù vào lỗm co ở đầu. Rót xong thỏi nào có bộ phận đông đặc nhiều thì lỗm co cũng sẽ ít.

* Đúc thép sôi:

Do khuôn nhỏ, cường độ làm nguội lớn, ảnh hưởng của nhiệt độ đúc đến cường độ sôi lớn hơn thỏi thép lớn. Nhiệt độ cao, phản ứng C – O chậm, sôi yếu, bọt khí tổ ong cận kề lớp vỏ, thậm chí không có lớp vỏ; ngược lại, bề mặt nước thép dâng lên kết màng, dễ tạo thành thỏi cụt. Hàm lượng Mn cao thì oxy sẽ thấp nên rót chậm. Mn thấp và oxy cao thì nên đúc nhanh.

Tốc độ rót từ chậm tăng dần lên, tránh bắn tóe, rót liên tục, không thể lúc nhanh lúc chậm. Hai đầu rót nhỏ, phần giữa rót lớn. Cần theo sát tình trạng sôi trong khuôn, xỉ tập trung ở giữa biểu thị sôi bình thường, nếu xỉ phân tán do sôi mạnh thì nên dùng Al điều chỉnh và phải quan sát thật kỹ tình trạng sôi. Ngược lại, phải thổi oxy hoặc không khí để tăng cường độ sôi. Để giảm thiên tích cần phải bọt dầu bằng hóa học, cơ học hoặc kết hợp dội nước.

Chương ba

CÔNG NGHỆ VÀ THIẾT BỊ ĐÚC LIÊN TỤC

I. NGUYÊN LÝ

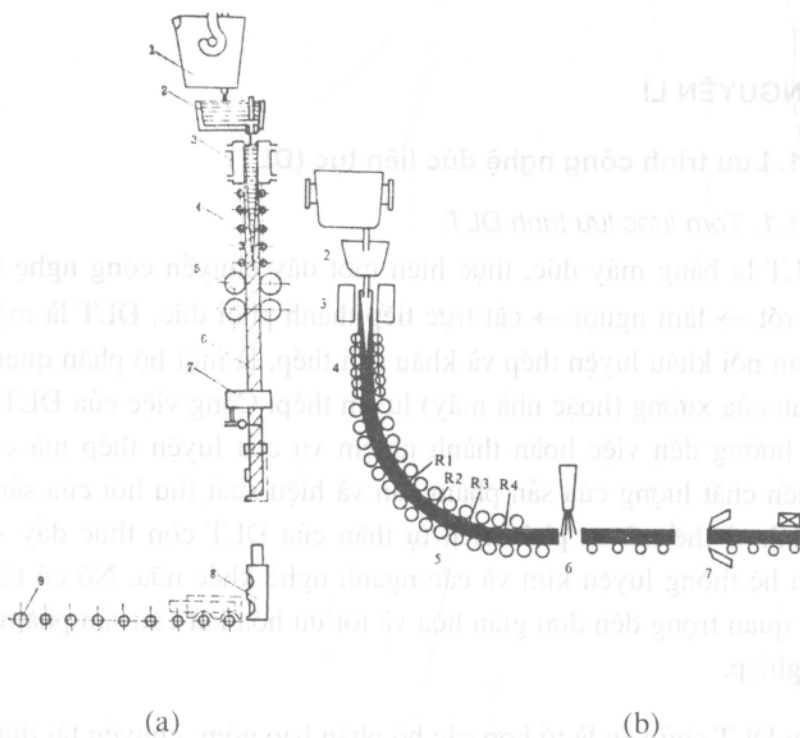
1.1. Lưu trình công nghệ đúc liên tục (ĐLT)

1.1.1. Tóm lược lưu trình ĐLT:

ĐLT là bằng máy đúc, thực hiện một dây chuyền công nghệ từ thép lỏng → rót → làm nguội → cắt trực tiếp thành phôi đúc. ĐLT là một khâu trung gian nối khâu luyện thép và khâu cán thép, là một bộ phận quan trọng hợp thành của xưởng (hoặc nhà máy) luyện thép. Công việc của ĐLT không chỉ ảnh hưởng đến việc hoàn thành nhiệm vụ của luyện thép mà còn ảnh hưởng đến chất lượng của sản phẩm cán và hiệu suất thu hồi của sản phẩm cán. Chính vì thế mà sự phát triển tự thân của ĐLT còn thúc đẩy sự phát triển của hệ thống luyện kim và các ngành nghề khác nữa. Nó có tác dụng xúc tiến quan trọng đến đơn giản hóa và tối ưu hóa kết cấu sản phẩm và kết cấu xí nghiệp.

Một máy ĐLT chủ yếu là tổ hợp các bộ phận bao gồm: chuyển tải thùng rót, thùng rót trung gian, xe đẩy thùng rót trung gian, bình kết tinh, cơ cấu rung bình kết tinh, cơ cấu vùng làm nguội thứ 2, cơ cấu kéo phôi (nắn thẳng), cơ cấu cắt và cơ cấu chuyển phôi đúc ra ngoài... Hình 3 – 1 là máy ĐLT kiểu đoạn thẳng và có nhiều bán kính cong. Khi đúc thép thì cơ cấu chuyển tải thùng rót chứa thép lỏng đến đầu máy đúc, từ miệng rót ở đáy thùng rót rót vào thùng rót trung gian. Mở cần nút (hoặc bàn trượt) nước thép chảy vào bình kết tinh có thể rung, cơ cấu nút đầu thời lại bịt phía dưới bình kết tinh nước thép từ từ dâng lên trong bình kết tinh. Sau khi nước thép xung quanh

thành bình kết tinh đã đông đặc thành một lớp vỏ phôi có đủ một chiều dày nhất định, khởi động cơ cấu kéo bộ phận bịt đầu phôi kéo theo phôi thép ở giữa còn là thể lỏng ra khỏi bình kết tinh kẹp giữa các trục dẫn, đồng thời phôi thép tiếp tục được làm nguội trong vùng làm nguội thứ 2. Cơ cấu bịt đầu thổi ra khỏi trục kéo tách khỏi phôi đúc và trước khi đến trục kéo, phôi thép đã đông đặc hoàn toàn. Ra khỏi trục kéo ở vị trí nằm ngang được máy cắt khí cắt ra từng đoạn theo chiều dài qui định, cơ cấu chuyển từng phôi đến địa điểm qui định. Đó là một quá trình công nghệ ĐLT.



Hình 3 – 1. Máy ĐLT kiểu đoạn thẳng (a) và nhiều bán kính cong (b).

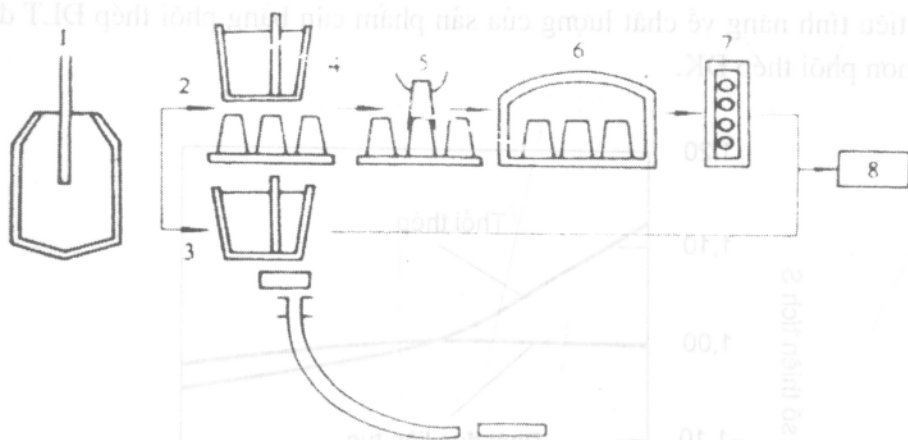
- | | |
|-------------------------|---------------------------------------|
| 1– Thùng rót | 5– Cơ cấu kéo nắn |
| 2– Thùng trung gian | 6– Cơ cấu cắt |
| 3– Bình kết tinh | 7– Cơ cấu vận chuyển và kiểm tra phôi |
| 4– Vùng làm nguội thứ 2 | |

1.1.2. So sánh 2 lưu trình công nghệ đúc khuôn (ĐK) và ĐLT:

Hình 3 – 2 so sánh 2 lưu trình công nghệ ĐK và ĐLT. Điều khác biệt của 2 lưu trình này là ĐK rót gián đoạn, đúc thành từng thỏi một, tháo khuôn xong thì đưa đi cán phá để cán thành phôi thép. Còn ĐLT là rót liên tục vào bình kết tinh đúc thành phôi thép dài vô hạn, qua máy cắt trực tiếp cắt liên tục thành từng phôi thép. Chính thế mà ĐLT có nhiều ưu điểm rất rõ rệt so với ĐK.

* Nâng cao suất thu hồi sản phẩm thép:

Nâng cao suất thu hồi sản phẩm thép là hiệu quả kinh tế đầu tiên của ĐLT. Thỏi thép qua cán phá phải cắt đầu, đuôi mất đi khoảng 10 ~ 20%, như vậy từ nước thép thành phôi thép thu hồi khoảng 80 ~ 85% còn ĐLT cắt đầu cắt đuôi chỉ 1 ~ 2%, nên từ nước thép đến phôi thép thu hồi khoảng 95 ~ 96%. ĐLT tiết kiệm được kim loại khoảng 10%, nâng cao suất thu hồi kim loại dẫn đến nâng cao suất thu hồi sản phẩm. Nhìn chung, suất thu hồi sản phẩm ĐK khoảng 80% còn ĐLT có thể đạt trên 95%. Theo tính toán thì tỷ lệ giữa ĐLT / ĐK cứ nâng cao 10% thì suất thu hồi sản phẩm tăng 0,8 ~ 1,5%.



Hình 3 – 2. So sánh đúc khuôn và đúc liên tục.

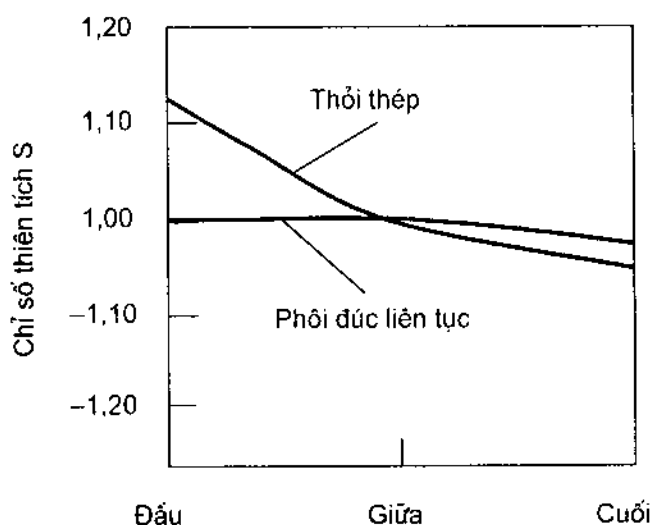
- | | | |
|-----------------|---------------|-----------------|
| 1– Lò luyện | 4– Rót đúc | 7– Cán phá |
| 2– Đúc khuôn | 5– Tháo khuôn | 8– Cán sản phẩm |
| 3– Đúc liên tục | 6– Nung phôi | |

*** Giảm tiêu hao năng lượng:**

Tiết kiệm năng lượng của ĐLT chủ yếu là do bỏ đi khâu cán phá (tạo phôi) và 2 phương diện gián tiếp nữa là nâng cao hiệu suất tạo phôi và thu hồi sản phẩm. Tổng hợp nhiều tài liệu nghiên cứu cho thấy bỏ được cán phá 1 tấn phôi thép tiết kiệm được 627 ~ 1046kJ, tương đương 21.4 ~ 35.7kg than tiêu chuẩn, nếu cộng thêm cả phần tiết kiệm năng lượng do nâng cao suất thu hồi sản phẩm mà mỗi tấn phôi thép tiết kiệm được khoảng 130kg than tiêu chuẩn. Tất nhiên, tùy thuộc vào đúc loại thép, tiết diện phôi, công nghệ cán mà hiệu quả về tiết kiệm năng lượng cụ thể của ĐLT khác nhau.

*** Tính đồng đều và chất lượng phôi đúc liên tục tốt hơn:**

Do thời gian đông đặc của ĐK dài hơn nên thiên tích rõ rệt hơn, đặc biệt là thành phần hóa học ở 2 đầu thỏi đúc khác biệt nhau rất lớn. Còn ĐLT tiết diện phôi nhỏ hơn, tốc độ nguội lại lớn, khoảng cách giữa các tinh thể hình trụ nhỏ nên mức độ thiên tích nhẹ hơn nhiều, đặc biệt là thành phần hóa học dọc theo chiều dài khá đồng đều. Hình 3 - 3 so sánh hàm lượng S dọc theo chiều dài phôi thỏi đúc. Cùng với sự phát triển toàn diện của công nghệ luyện thép, hàng loạt kỹ thuật mới đã được ứng dụng vào ĐLT. Đến nay, các chỉ tiêu tính năng về chất lượng của sản phẩm cán bằng phôi thép ĐLT đều tốt hơn phôi thép ĐK.



Hình 3 - 3. Sự phân bố S theo chiều dài thỏi và phôi.

*** ĐLT để thực hiện cơ khí hóa và tự động hóa:**

Trong quá trình luyện thép, khâu đúc thổi bằng khuôn (ĐK) là một công đoạn mà cường độ lao động, điều kiện lao động, môi trường lao động nặng nhọc nhất, vất vả và gian khổ nhất. Còn ĐLT thì bản thân của thiết bị và đặc điểm công nghệ để cơ khí hóa và tự động hóa. Những năm gần đây, cùng với sự phát triển của khoa học kỹ thuật, máy tính đã được ứng dụng rộng rãi vào việc khống chế quá trình ĐLT khiến cho tính ưu việt của ĐLT càng rõ rệt. ĐLT không những chỉ cải thiện điều kiện lao động, khối lượng lao động mà còn nâng cao năng suất lao động lên rất nhiều. Ngoài ra, diện tích chiếm đất của ĐLT nhỏ hơn ĐK, chu kỳ sản xuất nhanh, giá thành cho đến phôi thấp... đã làm cho ngành công nghiệp gang thép phát sinh có sự thay đổi lớn. ĐLT từng bước thay thế phân xưởng ĐK, lò nung và hệ thống máy cán phá, mở ra một triển vọng thay đổi lưu trình công nghệ từ luyện thép đến cán thép.

1.1.3. Những điều kiện cơ bản để ĐLT được bình thường:

ĐLT là một công nghệ đúc thép tiên tiến, nhưng để phát huy hết tính ưu việt của nó, duy trì sản xuất được bình thường cần phải có đầy đủ các điều kiện cơ bản sau:

*** Thiết bị phải hoàn hảo:**

Máy đúc (thiết bị) làm việc trong điều kiện nhiệt độ cao rất khắc nghiệt, phôi thép hình thành trong trạng thái động: rót, đông đặc, kéo do đó chất lượng phôi, năng suất máy phụ thuộc vào trạng thái làm việc của thiết bị, nói cách khác, thiết bị phải ở trạng thái hoàn hảo, ổn định, chắc chắn, vận hành suôn sẻ... Đó là điều kiện bảo đảm căn bản của máy đúc.

*** Công nghệ luyện thép phải hoàn thiện:**

Chất lượng nước thép (nhiệt độ, thành phần hóa học), kể cả lượng nước thép, thời gian ra thép... đều ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng phôi đúc, năng suất sản xuất của máy. Nên hoàn thiện công nghệ luyện thép là cơ sở làm việc bình thường của máy đúc.

*** Phương pháp quản lý sản xuất phải khoa học:**

ĐLT là tổ hợp nhiều công đoạn, thời gian tác nghiệp chặt chẽ nên phải giải quyết phối hợp nhịp nhàng từng công đoạn thật tốt. Đây là cả một phương pháp quản lý khoa học, phải có một hệ thống chỉ huy điều độ mạnh

mẽ, một mạng lưới tổ chức sản xuất có hiệu quả, xử lý tốt giữa luyện và đúc, giữa đúc và cán, cho đến bản thân các chi tiết của đúc, nói cách khác là đảm bảo tính ổn định và tính liên tục. Một điển hình quản lý có khoa học là xưởng thép của Tập đoàn Nippon (Nhật bản) luyện thép lò thổi 35 phút, khử khí RH 35 phút, ĐLT 35 phút, không cho phép sai lệch.

* Tổ chất của người sản xuất có trình độ cao:

Máy đúc hiện đại là một thiết bị tập hợp kỹ thuật cao: cơ khí, điện, đo đạc, khống chế tự động... Nước thép đông đặc lại là một quá trình phức tạp của truyền nhiệt và chuyển pha. Việc nắm vững được kỹ thuật sản xuất ĐLT phải có tri thức rộng, trình độ thao tác và quản lý cao. Do vậy nâng cao tổ chất của người sản xuất là điều kiện quan trọng của ĐLT.

* Đồng bộ phát triển các kỹ thuật có liên quan:

ĐLT là một hệ thống công trình phức tạp, để đảm bảo năng suất chất lượng và giá thành cần phải đồng bộ phát triển các kỹ thuật liên quan. Ở đây bao hàm: kỹ thuật xử lý tinh luyện nước thép, vật liệu chịu lửa, xỉ bảo vệ, khuấy trộn điện từ, khống chế tự động, đo kiểm, xử lý nước, thủy lực, giữ nhiệt, cấp nóng, hoàn thiện phôi đúc cho đến đúc cán trực tiếp...

1.1.4. Hiện trạng và quá trình phát triển của ĐLT:

Ngay từ giữa thế kỷ 19, Bessemer đã đề xuất ý tưởng rót đúc liên tục nước thép. Sau đó, có nhiều người đã nghiên cứu nhưng do giới hạn của trình độ khoa học lúc bấy giờ chưa thể ứng dụng vào sản xuất. Cho mãi đến năm 1933, người đặt nền móng cho máy đúc liên tục là S. Junghans đề xuất và phát triển cơ cấu rung bình kết tinh (BKT) mới có cơ sở cho ĐLT ứng dụng vào công nghiệp. Bắt đầu từ thập kỷ 30 của thế kỷ trước, máy ĐLT đã ứng dụng thành công vào sản xuất kim loại màu. Sau chiến tranh thế giới lần thứ 2 hàng loạt thiết bị thử nghiệm bán công nghiệp của các nước Liên Xô (cũ), Mỹ, Anh, Áo... ra đời nghiên cứu đúc phôi thép liên tục. Năm 1950 S. Junghans hợp tác với Công ty Mannesmans xây dựng chiếc máy đúc đầu tiên trên thế giới có thể đúc phôi liên tục 5 tấn nước thép.

Từ chiếc máy ĐLT đầu tiên này ra đời cho đến nay đã trải qua một quá trình phát triển hơn nửa thế kỷ. Đại thể là một quá trình (trong thế kỷ 20): thập kỷ 50 là thập kỷ bắt đầu vào ứng dụng công nghiệp, thập kỷ 60 là thập kỷ phát triển từng bước, thập kỷ 70 là thập kỷ phát triển mạnh mẽ, thập kỷ

80 là một thập kỷ hoàn toàn thành thực. Cho đến nay đã hoàn hảo và đang tiến vào một giai đoạn đột phá mới, đúc -- cán liên tục.

Hiện nay, trên thế giới tỷ lệ ĐLT bình quân khoảng 66%. Đặc biệt như Đan Mạch, Ireland chiếm 100%. Các nước Bắc Âu công nghiệp phát triển như Pháp, Đức, Italia, Áo, ... và Nhật trên 95%.

Ở Việt Nam, chiếc máy ĐLT được lắp đặt đầu tiên nhập của Ấn Độ là ở Nhà máy Luyện thép Biên Hòa năm 1996 cho lò điện hồ quang 19 tấn. Tiếp đó là Nhà máy Luyện thép Lưu Xá năm 1997 cho lò điện hồ quang 30 tấn. Nhà máy Luyện thép Đà Nẵng năm 2003 cho lò điện 20 tấn. Năm 2006, Nhà máy Thép Phú Mỹ đưa vào sản xuất máy ĐLT lớn nhất có công suất 500.000 tấn/năm cho lò điện hồ quang siêu công suất 70 tấn. Như vậy tỷ lệ ĐLT đã đạt trên 80%. Và tỷ lệ đó càng tiếp tục tăng vì các nhà máy luyện thép sẽ được xây dựng trong tương lai đều không thể không sử dụng ĐLT. Đến nay các máy ĐLT đều chỉ sản xuất các phôi vuông (120x120) ~ (130x130). Điều đó nói lên ĐLT đã có sức hấp dẫn và phát triển ở Việt Nam.

1.2. Nguyên lý của đúc phôi liên tục

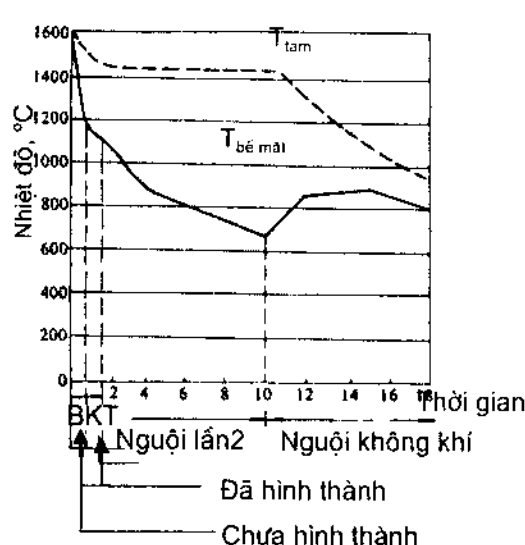
1.2.1. Quá trình làm nguội đông đặc của phôi ĐLT:

Yêu cầu của công nghệ ĐLT là phôi đến trước trục kéo hoặc máy cắt phải đông đặc xong hoàn toàn. Như vậy, lượng nhiệt phải đưa ra khỏi phạm vi làm nguội của máy đúc, tức là trước khi phôi đến trục kéo (hoặc nắn thẳng) hoặc máy cắt hợp thành do 4 phần sau:

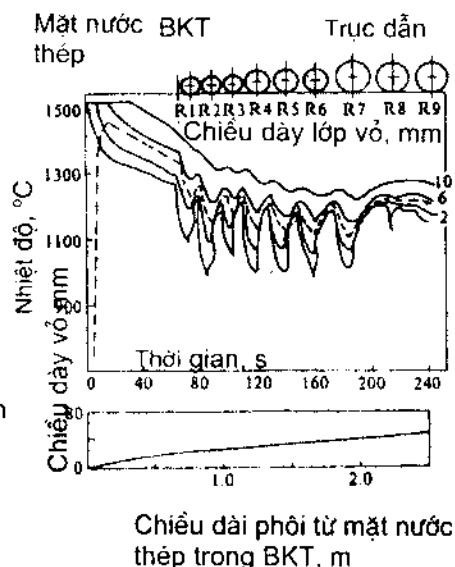
- Nhiệt tỏa ra từ độ quá nhiệt của nước thép đến nhiệt độ đường pha lỏng.
- Nhiệt tỏa ra để đông đặc phần nước thép trong bình kết tinh (làm nguội lần 1).
- Nhiệt tỏa ra để đông đặc và làm nguội phôi thép ở khu vực (làm nguội lần 2).
- Nhiệt tỏa ra để làm nguội nhiệt độ phôi thép đến trước khi cắt và ra khỏi máy đúc. Thí dụ, đối với thép cacbon thấp từ nhiệt độ đúc (~ 1540°C) đông đặc và làm nguội đến nhiệt độ phòng tỏa ra một lượng nhiệt là 1380 kJ/kg, trong đó có khoảng 550 ~ 650 kJ/kg là nhiệt lượng tỏa ra cho đến trước khi cắt của máy đúc.

Quá trình làm nguội để đông đặc phôi ĐLT dựa vào mô hình đường biểu diễn phân bố nhiệt độ của phôi thép hình 3 – 4 chia ra làm 4 giai đoạn:

* Nước thép nguội nhanh trong bình kết tinh (BKT) hình thành một lớp vỏ mỏng, vì lớp vỏ mỏng này ở nhiệt độ cao có tính dẻo chịu áp lực tĩnh của cột kim loại lỏng trong đáy ra đưa chất vào thành trong BKT nên lớp vỏ mỏng ban đầu tiếp xúc chặt với thành trong BKT, tốc độ nguội tương đối nhanh, nhiệt độ bề mặt nguội hạ thấp rõ rệt.



Hình 3 – 4. Thay đổi nhiệt độ của
phôi ĐLT (kết quả mô hình).



Hình 3 – 5. Sự thay đổi do trên bề mặt
phôi và trường nhiệt độ theo tính toán.
(Tốc độ đúc 0,63 ml/ph, phôi 2020x200 mm,
vị trí đo dưới bề mặt vỏ 4 mm)

* Lớp vỏ tiếp tục dày lên, thể tích co ngót sản sinh một khe hở giữa lớp vỏ và trong thành BKT làm cho tốc độ làm nguội phôi giảm xuống.

* Khi lớp vỏ đủ chiều dày, đủ độ bền để chống lại áp lực tĩnh của nước thép phía trong đảm bảo đúng kích thước hình dạng của phôi thì được kéo ra khỏi BKT, đến khu vực làm nguội thứ 2 và bị phun nước trực tiếp vào lớp vỏ nên được làm nguội mãnh liệt, ở giữa phôi tiếp tục đông đặc, nhưng do nhiệt độ bề mặt nguội hạ thấp nhanh hơn nên rõ ràng nhiệt độ bên ngoài vẫn thấp hơn nhiệt độ ở giữa.

* Ra khỏi khu vực làm nguội thứ 2 phôi thép được tiếp tục làm nguội bởi không khí một cách chậm rãi, nhiệt lượng ở trong truyền ra lớp ngoài làm cho lớp ngoài nóng lên, nhiệt độ bề mặt tăng trở lại. Tất nhiên, cùng với thời gian nhiệt độ phân bố trên toàn mặt cắt của phôi dần dần tiến tới đồng đều.

Trên thực tế sản xuất, sự biến đổi nhiệt độ của phôi thép cũng tương tự như hình 3 – 5 nhưng do quá trình hình thành khe hở trong BKT rất không ổn định, trục dẫn và dòng nước trong vùng làm nguội thứ 2 thay nhau tiếp xúc làm nguội bề mặt phôi đúc, thực tế thì nhiệt độ phôi đúc có ba động trong một phạm vi nhất định. Thực chất, sự đông đặc của phôi đúc liên tục là một quá trình truyền nhiệt, so sánh với sự đông đặc của thỏi đúc khuôn thì phức tạp hơn ở chỗ:

- Sự đông đặc của phôi đúc liên tục trong một quá trình phôi chuyển động, thể lỏng ven theo hồ kim loại lỏng ở giữa biến dần thành thể rắn trong vùng đông đặc. Độ bền và tính dẻo của tổng thể vùng trạng thái nhão của mặt biên lỏng – rắn đều rất nhỏ, khi mà lớp vỏ phải chịu lực tác dụng của ứng suất (ứng suất nhiệt, ứng suất kéo, ứng suất nắn thẳng...) rất dễ sinh ra những vết nứt.

- Khi phôi chuyển động từ trên xuống dưới, lớp vỏ không ngừng co ngót; nếu như làm nguội không đồng đều cũng dễ tạo thành sự phân bố nhiệt trên lớp vỏ không đều nhau mà hình thành một ứng suất nhiệt tương đối lớn.

- Thể lỏng trong hồ kim loại lỏng ở giữa nằm ở trạng thái chuyển động không ngừng có ảnh hưởng rất quan trọng đến kết cấu đông đặc của phôi, phân bố tạp chất, thiên tích thành phần hóa học và sự sinh trưởng đồng đều của lớp vỏ. Nhìn nhận trên phương diện luyện kim, kim loại có sự chuyển biến pha ($\delta \rightarrow \alpha$) trong quá trình làm nguội lớp vỏ, đặc biệt là vùng làm nguội thứ 2, phôi đúc lần lượt tiếp xúc với trục dẫn và dòng nước phun, nhiệt độ của lớp vỏ thay đổi lặp đi lặp lại làm cho tổ chức kim tương thay đổi, phôi đúc chịu tác dụng của nhiệt luyện tương ứng, như vậy ảnh hưởng đến sự thiên tích của nguyên tố hợp kim, tạp chất sunfit và nitorit lắng đọng trên đường tinh giới ảnh hưởng xấu đến chất lượng phôi thép. Do vậy không thể được sự truyền nhiệt trong quá trình đông đặc của phôi đúc liên tục, không những chỉ quan hệ đến năng suất sản xuất và tuổi thọ của máy đúc mà còn ảnh hưởng rất lớn đến cả chất lượng trên bề mặt và cả bên trong phôi

thép. Do vậy, việc nghiên cứu qui luật truyền nhiệt trong quá trình đông đặc của phôi đúc liên tục có ý nghĩa hết sức quan trọng đến việc khống chế một cách có hiệu quả quá trình sản xuất của đúc liên tục.

1.2.2. Sự hình thành lớp vỏ trong bình kết tinh:

Quá trình hình thành lớp vỏ ban đầu trong bình kết tinh tương đối phức tạp, bao gồm các quá trình sau:

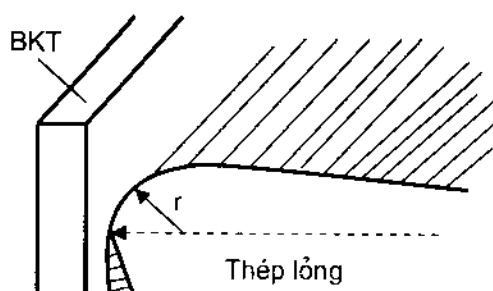
* Sự tiếp xúc của nước thép với thành bình kết tinh hình thành một mặt trăng khuyết (hình 3- 6) có bán kính là r được biểu thị là:

$$r = 5,43 \times 10^{-2} \sqrt{\frac{\sigma_M}{\rho_M}} \quad (3-1)$$

Trong đó:

σ_M – Sức căng mặt ngoài của nước thép, dyn/cm ($1 \text{ dyn} = 10^{-5} \text{ N}$)

ρ_M – Mật độ của nước thép, g/cm³



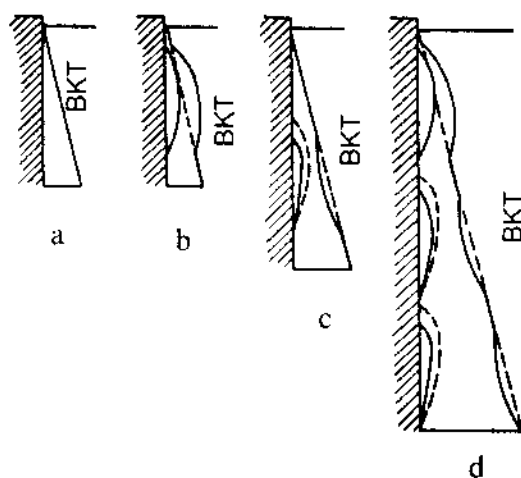
Hình 3 – 6. Sự hình thành mặt trăng khuyết giữa nước thép và thành BKT.

Do tốc độ làm nguội ở vùng chân mặt trăng khuyết có bán kính r rất nhanh (100°C/s) nên việc hình thành lớp vỏ ban đầu rất nhanh. Tính đàn hồi của màng mỏng trên mặt thép lỏng dưới tác dụng của sức căng mặt ngoài có thể chống lại được lực cắt. Cùng với sự chấn động của BKT, nước thép trên mặt trăng khuyết hình thành một lớp vỏ ở thể rắn (hình 3 – 7a). Khi mà tạp chất trong nước thép nổi lên đến mặt biên giới xỉ thép mà không bị xỉ bảo vệ giữ lại sẽ làm cho sức căng mặt ngoài của nước thép giảm: thí dụ, tạp chất Al_2O_3 sẽ làm cho sức căng mặt ngoài của nước thép giảm tới bằng 1/3 sức căng mặt ngoài lúc ban đầu, bán kính mặt trăng khuyết cũng giảm làm cho tính đàn hồi của màng mỏng trên mặt trăng khuyết mất đi, mặt trăng

khuyết bị nứt, tạo thành vùng thô nhám trên bề mặt lớp vỏ hoặc tạo thành một bề mặt có lẫn xỉ do oxyt nhôm bị dính chặt trên lớp vỏ ban đầu. Bởi vậy, dùng xỉ bảo vệ trong BKT có thể làm cho tạp chất bị thấm ướt mà bị giữ lại trên bề mặt biên giới xỉ – thép, khiến cho sức căng mặt ngoài của mặt thép lỏng tương đối lớn, duy trì được tính đàn hồi của màng mỏng trên mặt trăng khuyết.

* Lớp vỏ đông đặc còn ở nhiệt độ cao phát sinh sự chuyển biến pha, do lực co ngót sẽ kéo lớp vỏ vào mặt cong bên trong tách khỏi thành bình nhưng áp lực tĩnh của kim loại lỏng lại đẩy lớp vỏ lõi ra phía ngoài, lúc này lực co ngót của lớp vỏ và lực đẩy của kim loại lỏng nằm ở trạng thái cân bằng động (hình 3 – 7b).

* Cùng với lớp vỏ chạy xuống dưới, bề mặt lớp vỏ bắt đầu hồi nhiệt (nhiệt độ tăng) hình thành khe hở, độ bền của lớp vỏ hạ thấp, áp lực tĩnh của nước thép làm cho lớp vỏ biến dạng hình thành lớp nhăn hoặc hố lõm (hình 3 – 7c và 3 – 7d). Đồng thời do có sự tồn tại khe hở mà sự truyền nhiệt giảm, tốc độ đông đặc cũng giảm, dẫn đến lớp vỏ mỏng cục bộ biến thành thô nhám (hình 3 – 8). Chỗ này tính nhạy cảm của vết nứt tương đối lớn.



Hình 3 – 7. Giải đồ chỉ sự hình thành lớp vỏ.

a– Mới hình thành

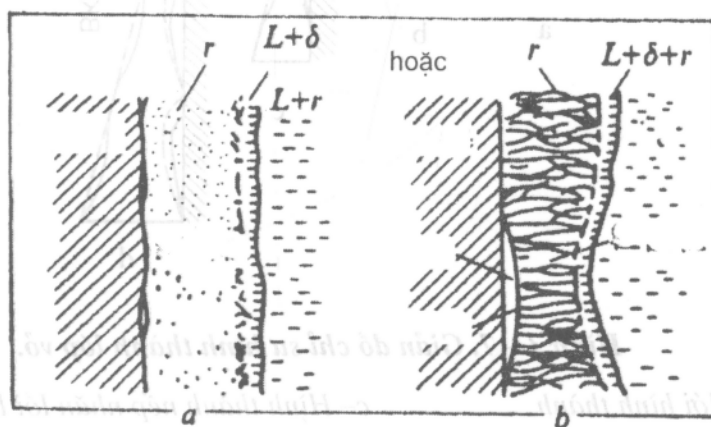
c– Hình thành nếp nhăn lõm lõm

b– Trạng thái cân bằng

d– Lớp vỏ ra khỏi BKT

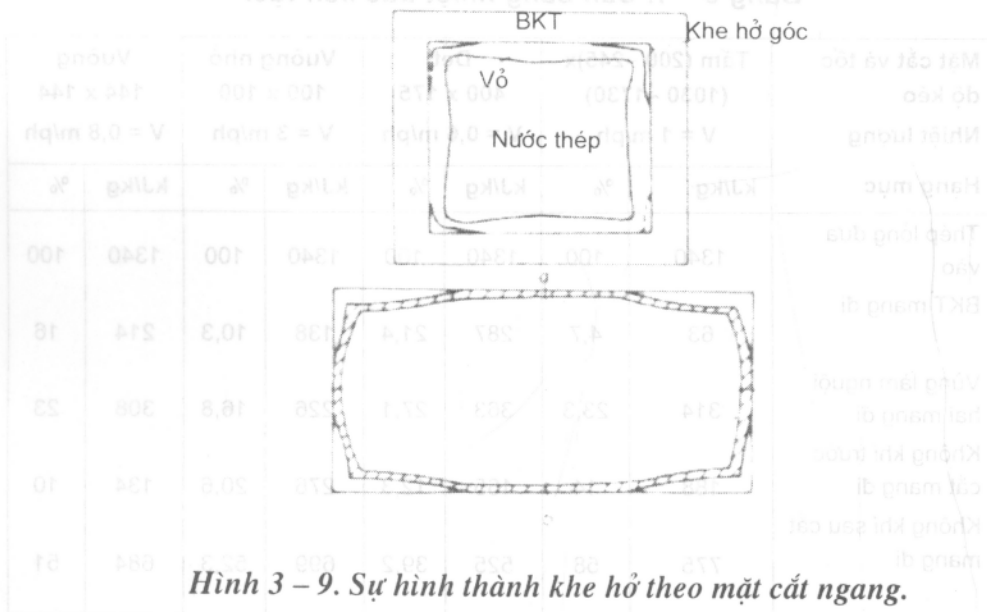
* Quá trình trên tiến hành lặp đi lặp lại cho đến khi ra khỏi BKT (hình 3 – 7d). Ở phần góc của BKT do có hướng truyền nhiệt nên lớp vỏ ở đó đông đặc nhanh nhất và co ngót sớm nhất, hình thành khe hở trước tiên, dẫn đến truyền nhiệt chậm lại thì đông đặc chậm lại. Cùng với việc lớp vỏ chuyển dịch xuống dưới, khe hở cũng phát triển từ góc vào giữa, nhưng do tác dụng của áp lực tĩnh của nước thép khiến cho chiều rộng của khe hở ở giữa hẹp hơn ở góc dẫn đến lớp vỏ ở góc mỏng nhất, chính đây là nơi nhạy cảm dễ sinh ra nứt và kéo thủng (xem hình 3 – 9).

Tóm lại, lớp vỏ được hình thành ban đầu trên mặt trăng khuyết trong BKT tiếp tục sinh trưởng khi chuyển động xuống dưới đã hợp thành một lớp nguội nhanh của tinh thể nhỏ mịn, đồng thời tinh thể hình trụ (nhánh cây) vừa hình thành đã bị bẻ gãy do sự chuyển dịch đối lưu của thép lỏng đẩy vào phía trong hố kim loại lỏng, có một phần lại bị nóng chảy và một phần rơi xuống đáy hố kim loại lỏng trở thành tâm mầm của tinh thể đẳng trục, hình thành vùng tinh thể đẳng trục ở giữa phôi thép. Ở vùng làm nguội lần hai, do phun nước làm nguội nhanh nên chênh nhiệt độ (gradient nhiệt độ) trong và ngoài khá lớn, nên hướng truyền nhiệt thẳng góc với mặt phôi là ngắn nhất tạo nên những lớp tinh thể hình trụ song song, đó là vùng tinh thể hình trụ. Vùng tinh thể hình trụ phát triển cho đến khi nối được với tinh thể đẳng trục trong hố kim loại lỏng. Như vậy tạo thành một kết cấu tinh thể của phôi thép có 3 vùng: nguội nhanh, tinh thể hình trụ và tinh thể đẳng trục ở giữa.



Hình 3 – 8. Sự hình thành tổ chức bề mặt phôi.

a– Tiếp xúc chặt giữa vỏ và thành BKT b– Khe hở hình thành giữa vỏ và BKT.



1.2.3. Cân bằng nhiệt trong quá trình đông đặc của phôi đúc liên tục:

Nghiên cứu về cân bằng nhiệt trong quá trình đông đặc của phôi đúc liên tục gợi ý cho ta rất nhiều về việc tăng cường và khống chế sự truyền nhiệt trong quá trình đúc liên tục. Bảng 3 – 1 và hình 3 – 10 cho biết về sự cân bằng nhiệt của quá trình đông đặc phôi thép.

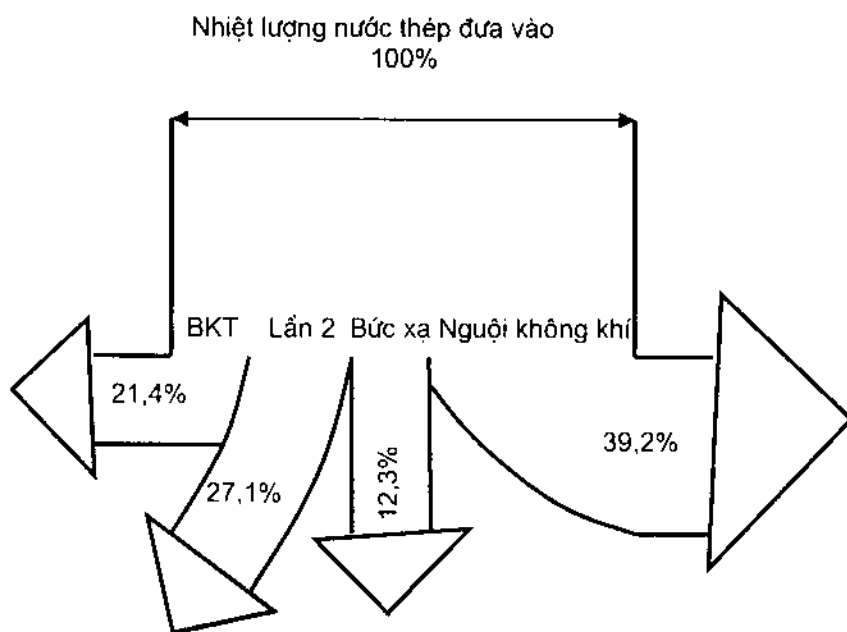
* Có 42 ~ 60% nhiệt lượng của kim loại cần phải truyền ra ngoài trong phạm vi của máy đúc (cho đến trước lúc cắt), tốc độ truyền ra ngoài của bộ phận nhiệt lượng này quyết định năng suất của máy đúc và chất lượng của phôi.

* Nhiệt lượng truyền ra ngoài của máy đúc chủ yếu dựa vào BKT và hệ thống làm nguội của vùng làm nguội lần hai, mà vùng làm nguội lần hai là nhiều nhất.

* Lượng nhiệt truyền ra ngoài trong một phút ở BKT, lúc cao điểm có thể tới 20% tổng lượng nhiệt cần truyền ra ngoài. Điều đó nói lên bảo đảm lượng làm nguội đầy đủ của BKT là vô cùng quan trọng, ảnh hưởng có tính quyết định đến sự hình thành lớp vỏ phôi đúc thời kỳ đầu.

Bảng 3 – 1. Cân bằng nhiệt đúc liên tục.

Mặt cắt và tốc độ kéo	Tấm (200 ~245)x (1030 ~1730) V = 1 m/ph		Dẹt 400 x 175 V = 0,6 m/ph		Vuông nhỏ 100 x 100 V = 3 m/ph		Vuông 144 x 144 V = 0,8 m/ph	
Nhiệt lượng								
Hạng mục	kJ/kg	%	kJ/kg	%	kJ/kg	%	kJ/kg	%
Thép lỏng đưa vào	1340	100	1340	100	1340	100	1340	100
BKT mang đi	63	4,7	287	21,4	138	10,3	214	16
Vùng làm nguội hai mang đi	314	23,3	363	27,1	226	16,8	308	23
Không khí trước cắt mang đi	188	14	165	12,3	276	20,6	134	10
Không khí sau cắt mang đi	775	58	525	39,2	699	52,3	684	51



Hình 3 – 10. Cân bằng nhiệt của phôi thép.

Lượng nhiệt mà kim loại truyền vào BKT để nước làm nguội mang đi được tính theo công thức sau:

$$Q = w.c.\Delta t \quad (3-2)$$

Trong đó:

Q – Nhiệt lượng qua BKT mang đi

w – Lưu lượng nước làm nguội

c – Nhiệt dung của nước

Δt – Độ chênh nhiệt độ nước làm nguội vào và ra BKT

Ngoài ra: $w = A.V.\rho$

Với: A – Tổng diện tích mặt cắt ngang của khe nước trong BKT

V – Tốc độ chảy của nước trong khe hở

ρ – Mật độ của nước

Từ công thức 3 – 2 ta có thể thấy: tăng lưu lượng nước làm nguội w, giảm nhiệt độ nước vào, tăng độ chênh nhiệt độ nước làm nguội Δt đều có thể tăng khả năng làm nguội của BKT không nhiều mà còn rất không kinh tế.

Sau khi đã hình thành khe hở giữa phôi đúc và BKT, có kéo dài BKT quá mức mong tăng bề mặt tiếp xúc để tăng khả năng làm nguội của BKT thì thực tế đã chứng minh hiệu quả không lớn.

Tóm lại, khả năng làm nguội của BKT tuy rất quan trọng, nhưng thực tế đã chứng minh khả năng làm nguội của BKT chịu rất nhiều nhân tố hạn chế như áp lực nước, diện tích hữu ích của bề mặt làm nguội... nên chỉ đạt đến một mức độ nhất định.

* Nhiệt lượng qua vùng làm nguội lần hai mang đi, chiếm tới 16 ~ 27% tổng nhiệt lượng tỏa ra. Nhiệt lượng tỏa ra ở khu vực làm nguội lần 2 tuyệt đại bộ phận là do nước làm nguội hấp thu, điều chỉnh lượng nước làm nguội dễ dàng và năng lực làm nguội của nước có thể thay đổi trong một phạm vi lớn. Sau khi hình thành lớp vỏ phôi, không chế cường độ làm nguội lần hai là điều mấu chốt để làm cho toàn bộ phôi đúc đông đặc hoàn toàn.

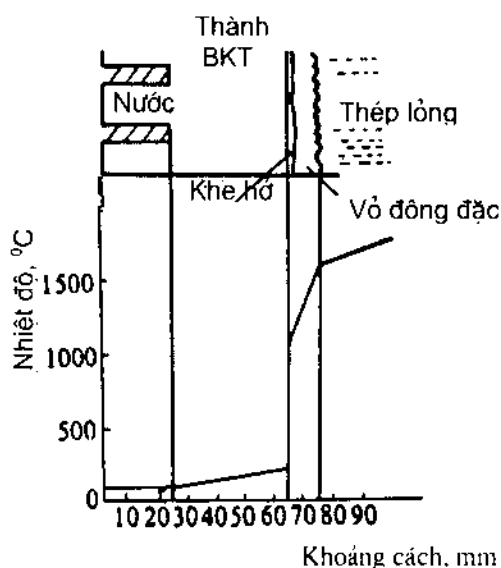
* Nhiệt lượng của phôi đúc tỏa ra trong vùng không khí bằng hai phương thức: bức xạ và đối lưu, chiếm tổng nhiệt lượng tỏa ra khoảng 50%. Nếu dùng được công nghệ cấp phôi nóng cho cán thì bộ phận nhiệt lượng này được lợi dụng một cách có hiệu quả, không những tiết kiệm được nguồn năng lượng rất lớn mà còn cải thiện được điều kiện lao động của phân xưởng đúc.

1.2.4. Truyền nhiệt của bình kết tinh (BKT):

Sự truyền nhiệt của BKT là một khâu quan trọng nhất trong quá trình đông đặc của phôi đúc liên tục, ảnh hưởng trực tiếp năng suất máy đúc và chất lượng bề mặt của phôi đúc. Truyền nhiệt của BKT phải đảm bảo với một tốc độ kéo qui định, phôi đúc ra khỏi BKT đã đông đặc được một lớp vỏ đủ độ dày và sinh trưởng đồng đều.

* Nhiệt lưu của BKT:

Nhiệt truyền ra của nước thép trong BKT có thể theo 2 hướng: hướng thẳng góc (hướng kéo phôi) và hướng nằm ngang. Nhiệt truyền ra theo hướng thẳng góc tương đối nhỏ, qua tính toán lý thuyết chỉ chiếm khoảng 3 ~ 6% tổng lượng nhiệt truyền ra của BKT. Nhiệt truyền ra xung quanh theo hướng nằm ngang có: (1) truyền nhiệt đối lưu của nước thép đến lớp vỏ, (2) truyền nhiệt dẫn truyền trong lớp vỏ đông đặc, (3) truyền nhiệt từ mặt lớp vỏ đông đặc đến mặt thành BKT, (4) truyền nhiệt dẫn truyền trong thành BKT, (5) truyền nhiệt đối lưu cưỡng bức của mặt thành BKT với nước làm nguội. Nhiệt lượng được nước làm nguội chảy với tốc độ cao trong khe nước mang đi (hình 3 - 11).



Hình 3 - 11. Sự phân bố nhiệt độ ở BKT.

Dùng tổng nhiệt trở để biểu thị lượng nhiệt của nước thép truyền cho nước làm nguội mang đi trong BKT như sau :

$$\frac{1}{h} = \frac{1}{h_1} + \frac{e_m}{\lambda_m} + \frac{1}{h_{12}} + \frac{e_{cu}}{\lambda_{cu}} + \frac{1}{h_{23}} \quad (3 - 3)$$

Trong đó:

h – Hệ số truyền nhiệt tổng

h_1 – Hệ số truyền nhiệt đối lưu của nước thép cho lớp vỏ, dự tính $h_1 = 1 \text{ W/cm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

e_m – Chiều dày của lớp vỏ, chênh nhiệt độ trong lớp vỏ có thể đạt tới 550°C/cm

λ_m – Hệ số dẫn nhiệt của thép

h_{12} – Hệ số truyền nhiệt giữa lớp vỏ và BKT. Nó quyết định bởi trạng thái tiếp xúc của lớp vỏ với thành đồng, nếu như hình thành khe hở thì nhiệt trở tăng lên rõ rệt, hệ số dẫn nhiệt trong khe hở $h_{12} = 0,2 \text{ W/cm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

e_{cu} – Chiều dày của thành BKT bằng đồng

λ_{cu} – Hệ số dẫn nhiệt của đồng

h_{23} – Hệ số truyền nhiệt của nước khi đối lưu cưỡng bức, khi tốc độ chảy của nước đạt 6 m/s thì hệ số truyền nhiệt cho nước làm nguội có thể biểu thị là:

$$Q = h (T_w - T_{co}) F \quad (3 - 4)$$

Trong đó:

T_w – Nhiệt độ nước thép

T_{co} – Nhiệt độ nước làm nguội

F – Diện tích mặt truyền nhiệt hữu ích của BKT

Từ công thức 3 - 3, ta thấy: nhiệt trở lớn nhất trong khe hở chiếm tới 70 – 90% tổng nhiệt trở, còn các nhiệt trở khác so với nó là rất nhỏ.

Về mặt lý thuyết, có thể nhận ra do các nhiệt trở trong công thức 3 - 3 có thể tính được h , từ đó tính được Q . Nhưng trên thực tế rất khó, để tiện ứng dụng, nhiệt lượng truyền ra của BKT thường biểu thị bằng phương trình sau:

- *Nhiệt lưu bình quân:*

Căn cứ vào cân bằng nhiệt, nhiệt lượng mà nước làm nguội mang đi Q nên bằng nhiệt lượng truyền ra của nước thép trong BKT (xem công thức 3 - 2). Cho nên nhiệt lưu bình quân của BKT:

$$\Phi = \frac{Q}{F} = \frac{w.c.\Delta t}{F} \quad (3 - 5)$$

Trong đó:

w – Lưu lượng nước làm nguội

c – Nhiệt dung của nước làm nguội

Δt – Độ chênh nhiệt độ nước vào và ra BKT

F – Diện tích truyền nhiệt hữu ích của BKT

- *Nhiệt lưu trong một khoảnh khắc nào đó (nhiệt lưu thực):*

Học giả Savage đo trong BKT có nước làm nguội đứng yên, nhiệt lưu có liên quan đến thời gian nước thép nằm yên trong BKT τ qua mối liên hệ:

$$\Phi_r = 2688 - 277\sqrt{\tau}$$

$$\text{Vì } \tau = \frac{L}{V} \text{ nên } \Phi_r = 2688 - 277\sqrt{\frac{L}{V}} \quad (\text{kW/m}^2) \quad (3 - 6)$$

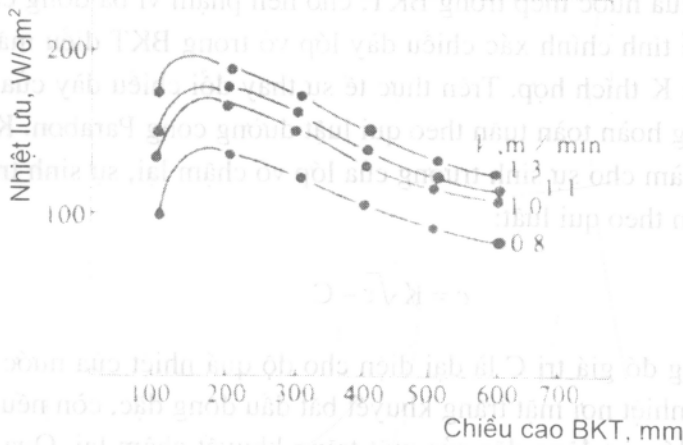
Trong đó:

L – Chiều dài có ích của BKT, m

V – Tốc độ kéo, m/ph

Căn cứ vào đo đạc thực tế, cường độ nhiệt lưu BKT phơi tấm thông thường là 126 ~ 168 J/cm².s. Còn phơi vuông là 210 ~ 252 J/cm².s. Trong khi đó, cường độ nhiệt lưu của lò hơi áp lực cao chỉ có 20 ~ 25 J/cm².s cho nên có thể thấy nhiệt lưu của BKT là rất lớn.

Lắp các can nhiệt theo chiều dài và chiều dày thành BKT, đo sự biến đổi nhiệt độ thành bình ta được sự thay đổi nhiệt lưu theo chiều dài BKT (hình 3 – 12). Nhiệt lưu ở mặt trăng khuyết của nước thép lớn nhất, giảm dần xuống dưới. Dưới mặt trăng khuyết khoảng 200 ~ 250 mm chiều dày lớp vỏ đã đạt đến mức có độ bền đủ chống lại áp lực tĩnh của hồ nước thép phía trong, khe hở bắt đầu tồn tại một cách ổn định. Sau khi hình thành khe hở, nhiệt trở tăng lên, nhiệt lưu giảm một cách rõ rệt.



Hình 3 – 12. Sự phân bố dòng nhiệt theo chiều cao của BKT.

* Quy luật sinh trưởng của lớp vỏ:

Nước làm nguội của BKT là điều cơ bản để đảm bảo thao tác công nghệ ổn định và chất lượng bề mặt phôi thép. Sự truyền ra của nhiệt lượng BKT tất yếu phải đảm bảo một độ dày an toàn của lớp vỏ ra khỏi BKT. Để xác định được độ dày đó có các biện pháp sau:

- *Đo thực nghiệm:*

Chọc thủng lớp vỏ phôi ra khỏi BKT, nước thép chảy hết ra, theo chiều dài của vỏ phôi rỗng còn lại cứ cách 100 mm của đứt đo chiều dày bình quân của lớp vỏ. Cũng có thể lợi dụng vỏ phôi rỗng do sự cố chảy thép để đo, vẽ được đường cong biểu diễn giữa chiều dày vỏ e và thời gian nước thép dừng lại trong BKT τ . Đường cong này chính là quy luật chỉ sự sinh trưởng của lớp vỏ trong BKT. Cũng có thể dùng phương trình sau biểu thị:

$$e = K\tau^n \quad (3 - 7)$$

Lấy logarit: $\lg(e) = \lg(K) + n.\lg(\tau)$

Vẽ đường biểu diễn $\lg(e) - \lg(\tau)$, khoảng cắt trên trục tung tìm được K , góc lệch của đường thẳng tìm được là n (n thường khoảng 0,5), tất nhiên $e = K\tau^{1/2}$. Đây chính là quy luật bình phương của đông đặc, K là hệ số đông đặc (mm/ph^{1/2}) biểu thị khả năng làm nguội của BKT, số trị K có ảnh hưởng rất quan trọng đến độ dày lớp vỏ. Có rất nhiều nhân tố ảnh hưởng đến sự

đông đặc của nước thép trong BKT, cho nên phạm vi ba động của số trị K là rất lớn. Để tính chính xác chiều dày lớp vỏ trong BKT điều mấu chốt là lựa chọn số trị K thích hợp. Trên thực tế sự thay đổi chiều dày của lớp vỏ trong BKT không hoàn toàn tuân theo qui luật đường cong Parabol. Khi nước thép quá nhiệt làm cho sự sinh trưởng của lớp vỏ chậm lại, sự sinh trưởng của lớp vỏ nên tuân theo qui luật:

$$e = K\sqrt{\tau} - C$$

Trong đó giá trị C là đại diện cho độ quá nhiệt của nước thép. Không có độ quá nhiệt nơi mặt trắng khuyết bắt đầu đông đặc, còn nếu độ quá nhiệt tương đối lớn sự đông đặc của mặt trắng khuyết chậm lại. Qua thực nghiệm nghiên cứu về sự truyền nhiệt của nước thép với lớp vỏ có khoảng 1/4 độ quá nhiệt loại bỏ trong BKT, còn lại đều tỏa ra ở dưới BKT. Có khoảng 1/2 toàn bộ độ quá nhiệt là mất đi để nóng chảy tâm mầm tinh thể đã hình thành.

Để tính chính xác chiều dày lớp vỏ trong BKT cần phải căn cứ vào sự đông đặc của lớp vỏ trong BKT để tìm ra số trị K. Thông thường số trị K đối với phối vuông nhỏ là 20 ~ 26, phối tám là 17 ~ 22. Đối với thép không gỉ austenit (0,1 %C, Ni/Cr = 0,55) là 15 ~ 22.

- Theo kinh nghiệm:

Căn cứ vào độ chênh nhiệt độ của nước làm nguội vào và ra khỏi BKT đã trực tiếp đo nhiệt lưu của BKT sau đó tính ra chiều dày của lớp vỏ.

Quan hệ giữa nhiệt lưu với chu vi BKT là:

$$\Phi = \frac{Q}{V_c} \cdot \frac{\Delta t}{\rho}$$

Trong đó:

Φ – Nhiệt lưu, kJ/m²

Q – Lượng nước làm nguội qua BKT, l/ph

Δt – Chênh nhiệt độ vào và ra khỏi BKT, °C

V_c – Tốc độ kéo, m/ph

ρ – Chu vi BKT, m

Theo thống kê của học giả Wolf, số trị này khác nhau theo điều kiện thao tác, được quan hệ giữa nhiệt lưu bình quân Φ của nước thép truyền ra trong BKT với thời gian dừng lại trong BKT τ .

Đối với phôi vuông (có đầu bôi trơn):

$$\Phi = 17800 \times 4,1868 \cdot \tau^{0,5}$$

Đối với phôi vuông có xỉ bảo vệ đúc kín:

$$\Phi = 13700 \times 4,1868 \cdot \tau^{0,5}$$

Quan hệ giữa nhiệt lưu BKT với chiều dày lớp vỏ qua khỏi BKT:

$$e = 0,155 \Phi^{0,5} \quad (3-8)$$

- Phương pháp cân bằng nhiệt:

Nhiệt lượng tỏa ra do sinh trường lớp vỏ trong BKT bao gồm: lượng quá nhiệt tỏa ra của nước thép, tiềm nhiệt tỏa ra từ khi hình thành lớp vỏ trên mặt trắng khuyết đến khi ra khỏi BKT, hiện nhiệt tỏa ra do nhiệt độ vỏ thép hạ thấp.

Tổng nhiệt lượng tỏa ra trong BKT là:

$$Q = eLv\rho_m[C_L(T_C-T_L)+L_f+C_S(T_S-T_O)]$$

$$\text{Tức là: } e = \frac{Q}{Lv\rho_m[C_L(T_C-T_L)+L_f+C_S(T_S-T_O)]} \quad (3-9)$$

Trong đó :

Q – Nhiệt lượng nước làm nguội mang đi khỏi BKT, kJ/ph

e – Chiều dày lớp vỏ ra khỏi BKT, m

v – Tốc độ kéo, m/ph

ρ_m – Mật độ nước thép, kg/m³

L – Chu vi mặt cắt ngang của BKT, m

(T_C-T_L) – Chênh nhiệt độ giữa nhiệt độ đúc và nhiệt độ đường pha lỏng

(T_S-T_O) – Chênh nhiệt độ bề mặt lớp vỏ và nhiệt độ đường pha rắn

C_L – Nhiệt dung của nước thép (0,84 kJ/kg.°C)

C_S – Nhiệt dung của thép thể rắn (0,67 kJ/kg.°C)

L_f – Tiềm nhiệt đông đặc

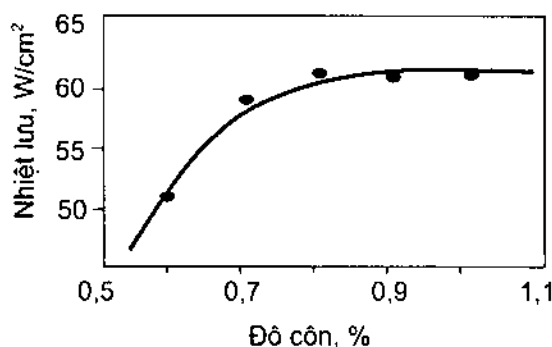
Thép cacbon thấp: 310,8 kJ/kg

Thép chứa cacbon 0,2 ~ 0,6% thì chọn giữa 302 ~ 336 kJ/kg

* Những biện pháp cải thiện khả năng truyền nhiệt trong BKT:

Như phần trên đã phân tích, tốc độ truyền nhiệt của BKT quyết định chủ yếu bởi động học hình thành khe hở, mà sự hình thành và diễn biến của khe hở lại quyết định bởi sự co ngót của lớp vỏ, độ bền ở nhiệt độ cao, vấn đề bôi trơn BKT cho đến kích thước dạng hình học của BKT, ... Cải thiện điều kiện truyền nhiệt của BKT cần giải quyết các nhân tố ảnh hưởng sau:

- Các tham số thiết kế BKT:



Hình 3 – 13. Quan hệ giữa độ côn BKT và nhiệt lưu.

(1) Độ côn: các nghiên cứu về nhiệt lưu (dòng nhiệt đi qua các vật) cho ta thấy trong quá trình truyền nhiệt của BKT, nhiệt trở của khe hở là lớn nhất chiếm tới 70 ~ 90% tổng nhiệt trở, cho nên khi thiết kế BKT phải có độ côn ngược (trên to dưới nhỏ) thích hợp để giảm chiều ngang của khe hở phía dưới, cải thiện điều kiện truyền nhiệt. Lựa chọn độ côn này căn cứ vào loại thép và tốc độ kéo. Lượng giảm kích thước của mặt cắt của BKT không được lớn hơn lượng co ngót tuyến tính của phôi, lượng co ngót tuyến tính Δl có thể xác định theo nhiệt độ của lớp vỏ chênh nhau từ mặt trắng khuyết đến ra khỏi BKT ΔT và hệ số co ngót của lớp vỏ β , tức là :

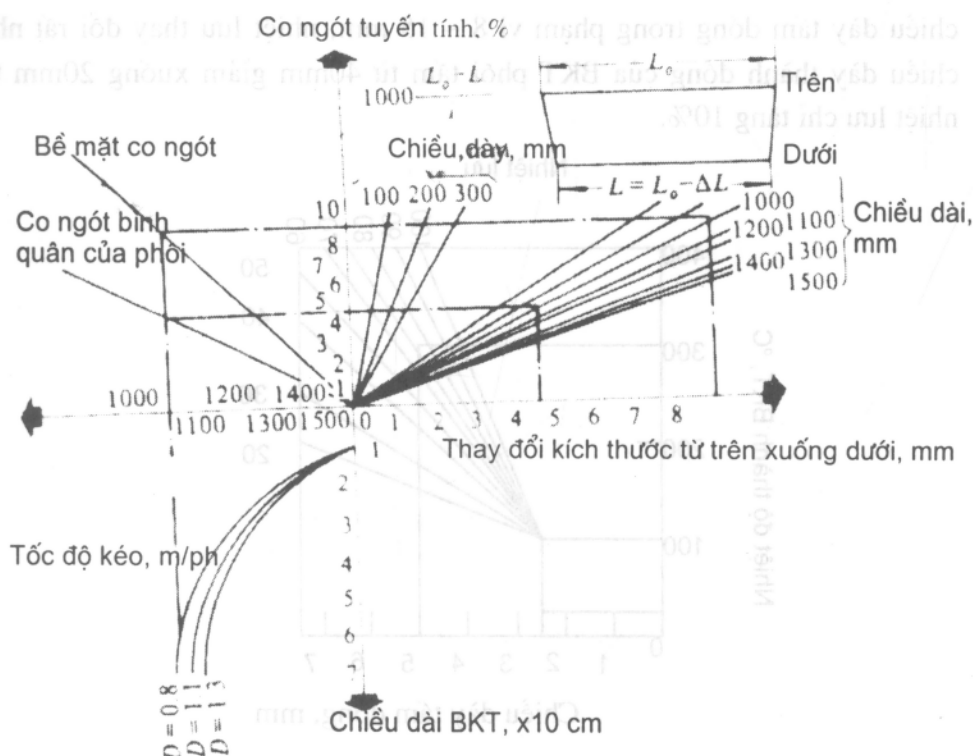
$$\Delta l = \Delta t. \beta$$

Số trị β đối với Fe(δ) chọn $\beta = 16,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$, Fe(γ) thì chọn $\beta = 22,0 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$. Nếu độ côn quá lớn trở lực kéo sẽ lớn dễ sinh ra nứt và khó kéo. Quan hệ giữa độ côn và nhiệt lưu như hình 3 – 13. Thông thường độ côn của phôi vuông chọn 0,6 ~ 0,9 %/m, còn phôi tấm thì độ côn tính theo co ngót của mặt rộng chọn 0,8 ~ 0,9 %/m. Hình 3 – 14 cho ta thấy nếu chiều rộng

của phôi tấm là 1 m, tốc độ kéo 0,8m/ph, co ngót thể rắn từ miệng trên xuống đến miệng dưới của BKT là 9mm theo hướng độ dày (chiều hẹp) không chế kích thước trên là sai số dương và kích thước dưới là sai số âm như bảng 3 – 2. Hiện nay có nhiều nhà máy độ côn của BKT làm thành hình đường Parabon hoặc 2 độ côn, đây chính là tính đến qui luật tăng chiều rộng của lớp vỏ tỷ lệ thuận với căn bậc hai của thời gian đông đặc làm cho độ côn thích hợp với đặc điểm co ngót của lớp vỏ đông đặc.

Bảng 3 – 2. Khống chế kích thước trên dưới của BKT phôi tấm.

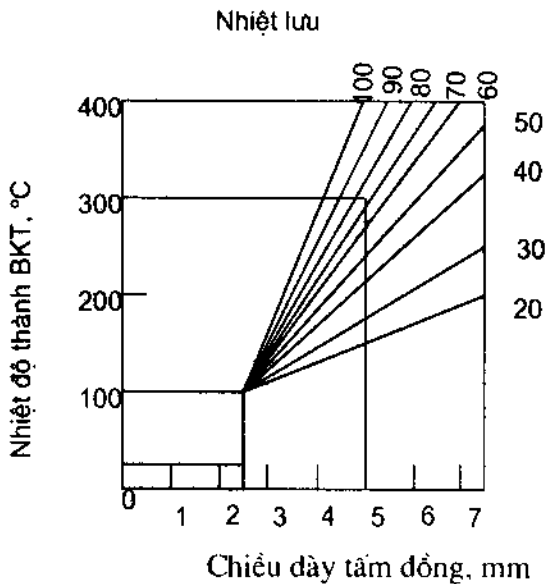
Chiều dày phôi thép, mm	Kích thước phía trên BKT, mm	Kích thước phía dưới BKT, mm
170	174 + 0,3	174 – 0,5
210	214 + 0,3	214 – 0,5
250	254 + 0,3	254 – 0,8



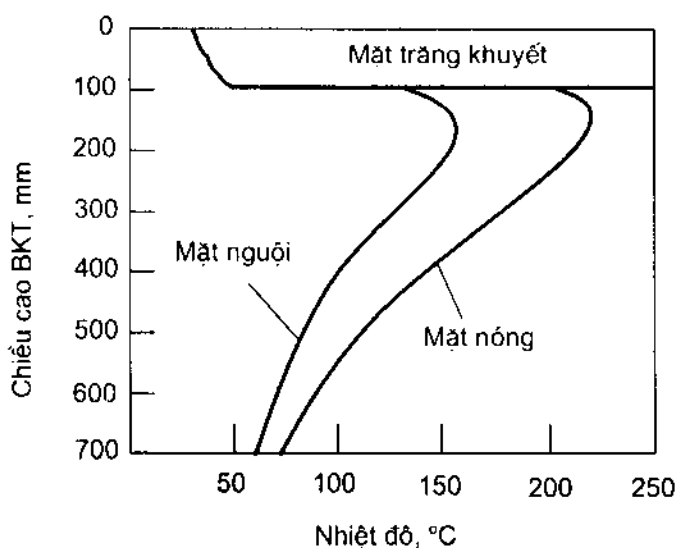
Hình 3 – 14. Sự lựa chọn độ côn của BKT dẹt.

(2) Chiều dài BKT: nhiệt lượng của thép truyền cho thành BKT bằng đồng, nửa phía trên chiếm trên 50%. Khi đã hình thành khe hở sự truyền nhiệt lượng cho thành BKT phía dưới giảm. Tính từ góc độ truyền nhiệt thường thiết kế chiều dài của BKT khoảng 700mm, máy năm gần đây để nâng cao tốc độ kéo và giảm thiểu hiện tượng chảy thép có nhà máy đã tăng chiều dài của BKT, chiều dài BKT phối tấm dài tới 900mm, còn phối vuông cũng tới 800mm. Có nhà máy đã dùng BKT dài đến 1200mm.

(3) Chiều dày của thành đồng (Cu) BKT: bao gồm chiều dày (khe rộng) của khe nước và chiều dày của thành BKT bằng đồng để chịu được nhiệt độ cao. Quan hệ giữa chiều dày thành bằng đồng với nhiệt lưu như hình 3 – 15, nếu phía mặt lạnh của BKT duy trì ở nhiệt độ 100°C cần làm cho nhiệt độ phía mặt nóng nhỏ hơn nhiệt độ kết tinh lại của Cu là 300°C, khi nhiệt lưu là 293 J/cm².s (70cal/cm².s) thì chiều dày của tấm đồng thích hợp là 50mm. Có tài liệu cho rằng chiều dày của tấm đồng đến một phạm vi nào đó thì ảnh hưởng đến truyền nhiệt không lớn. Đối với đúc phối vuông thì chiều dày tấm đồng trong phạm vi 8 ~ 15 mm, nhiệt lưu thay đổi rất nhỏ, chiều dày thành đồng của BKT phối tấm từ 40mm giảm xuống 20mm thì nhiệt lưu chỉ tăng 10%.



Hình 3 – 15. Quan hệ giữa chiều dày BKT và nhiệt lưu.



Hình 3 – 16. Phân bố nhiệt độ trên thành BKT.

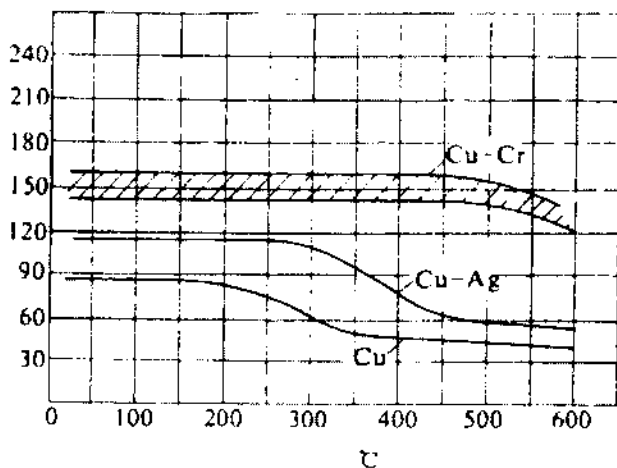
Nhiệt độ phân bố trên 2 phía mặt nóng và lạnh dọc theo chiều dài BKT như hình 3 – 16. Nhiệt độ cao nhất ở phía mặt nóng cũng như phía mặt lạnh đều nằm gần phía dưới mặt nước thép và ở đó ba dòng nhiệt có tính chu kỳ. Nếu tốc độ chảy của nước tương đối thấp ($< 5\text{m/s}$) có nguy cơ nước ở khe hở gần đó sôi, còn tốc độ chảy của nước tương đối cao nhiệt độ phía mặt lạnh thấp mới không thể sôi được.

(4) Vật liệu làm BKT: thông thường sau khi thông nước làm nguội, nhiệt độ làm việc của thành BKT khoảng $200 \sim 300^\circ\text{C}$, trong trường hợp đặc biệt cao nhất có thể tới 500°C . Như vậy yêu cầu vật liệu làm BKT phải thỏa mãn các điều kiện: có tính dẫn nhiệt tốt, chịu mọi nhiệt, độ bền cao, độ giãn nở ở nhiệt độ cao thấp, không dễ biến dạng. Như vậy, đồng nguyên chất tính dẫn nhiệt tốt nhất, nhưng giới hạn đàn hồi thấp, dễ sản sinh biến dạng vĩnh cửu. Cho nên phần lớn là dùng hợp kim đồng như hợp kim Cu–Cr, Cu–Ag... Những hợp kim này có tính chống mài mòn ở nhiệt độ cao tốt nên tuổi thọ của BKT so với bằng đồng nguyên chất cao gấp nhiều lần như bảng so sánh (3 – 3). Các nhà nghiên cứu kiến nghị hàm lượng Ag trong hợp kim Cu nên tăng từ 0,075% đến 0,3% có thể cải thiện khả năng sử dụng của BKT. Quan hệ giữa độ cứng và nhiệt độ của các loại hợp kim như hình 3 – 17.

Bảng 3 – 3. So sánh tính năng của các hợp kim.

Loại hợp kim	Giới hạn đàn hồi, kg/cm ²	Độ bền nứt, kg/cm ²	Độ giãn dài, %	Nhiệt độ kết tinh lại, °C	Hệ số dẫn nhiệt, cal/cm.s.°C
Cu nguyên chất	7	23	45	200	0,93
Hợp kim Cu–Ag	> 25	> 30	> 5	350	0,90
Cu–Cr	28–36	40–45	18–25	475	0,85
Cu–Zr–Cr	49	52	10	> 500	–

Ghi chú : $1 \text{ cal/cm.s.}^{\circ}\text{C} = 4,2 \text{ W/cm.}^{\circ}\text{C}$; $1 \text{ kgf} = 9,806 \text{ N}$



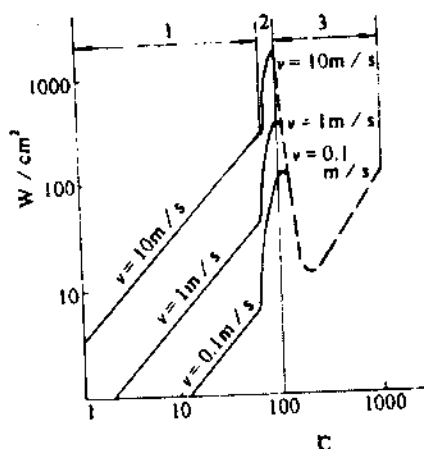
Hình 3 – 17. Quan hệ giữa độ cứng của Cu và nhiệt độ.

(5) Hình dạng bề mặt của BKT: đã có thực nghiệm dùng bề mặt hình sóng lượn để tăng diện tích của mặt làm nguội thêm 8 ~ 9%, giảm được khe hở, có cải thiện được điều kiện truyền nhiệt, nhưng vì gia công chế tạo khó khăn, tuổi thọ thấp nên không được sử dụng rộng rãi. Hiện nay đại bộ phận là vẫn dùng bề mặt phẳng.

- Ảnh hưởng của thao tác công nghệ đến truyền nhiệt của BKT:

(1) Tốc độ và lưu lượng nước làm nguội: lượng nước đi qua khe hở của BKT trong một đơn vị thời gian có ảnh hưởng rất lớn đến sự truyền nhiệt của BKT. Yêu cầu nước làm nguội phải đảm bảo mang đi lượng nhiệt tỏa ra của nước thép đông đặc nhanh mà không tính nhiệt lưu lại trên mặt lạnh của

thành BKT. Thực nghiệm đã minh chứng có 3 trạng thái truyền nhiệt giữa nước làm nguội và mặt tiếp xúc của thành như hình 3 – 18.



Hình 3 – 18. Quan hệ giữa thành Cu BKT và truyền nhiệt vào nước.

– Đối lưu cưỡng chế: giữa nhiệt lưu và nhiệt độ thành bình có quan hệ tuyến tính, tốc độ chảy của nước tăng thì nhiệt lưu tăng.

– Sôi mầm: cục bộ trên thành bình nằm ở trạng thái nhiệt độ cao, trong lớp nước làm nguội kể mặt quá nhiệt có hơi nước sinh ra và sôi. Trong trường hợp này sự trao đổi nhiệt giữa BKT và nước làm nguội không quyết định bởi tốc độ nước chảy mà chủ yếu bởi áp lực nước và của mặt quá nhiệt.

– Sôi màng: khi nhiệt độ vượt quá một giới hạn nhất định nước kề sát mặt quá nhiệt sẽ hình thành màng hơi nước, nhiệt trở tăng lên, nhiệt lưu giảm dẫn đến nhiệt độ mặt BKT nâng cao sẽ phá hoại BKT.

Thực tế sản xuất đã chứng minh rằng bình thường nên để ở trạng thái đầu, hết sức tránh 2 trạng thái sau. Nước trong BKT sôi sẽ tạo nên hiện tượng lắc động giữa nước và nhiệt rất không có lợi cho tuổi thọ BKT và chất lượng phôi đúc, nhất là đối với phôi vuông cỡ nhỏ, thành bình mỏng phải hết sức chú ý tránh tình trạng sôi trong khe nước BKT.

Để đảm bảo được khả năng truyền nhiệt tốt của BKT ngoài chú ý đến các mặt vật liệu, độ dày và chất lượng nước ra thì tốc độ chảy của nước trong khe nước là rất quan trọng. Thường duy trì tốc độ chảy trong phạm vi 6 ~ 12 m/s. Có tài liệu đề nghị đối với phôi vuông nhỏ tốc độ chảy của nước nên là 10 m/s.

Nhiều thí nghiệm đã chứng minh tăng tốc độ chảy của nước có thể giảm nhiệt độ ở phía mặt lạnh rõ rệt, tránh được sự sôi gián đoạn, khử được rung động nhiệt, giảm được hiện tượng nứt góc và vênh cạnh. Nhưng tốc độ chảy của nước vượt quá một giới hạn nhất định thì cứ tăng tốc độ chảy, nhiệt lưu tăng rất ít. Theo số liệu thực nghiệm tốc độ chảy của nước tăng từ 6 m/s lên 12 m/s, tổng hệ số truyền nhiệt chỉ tăng 3% nhưng trở lực của cả hệ thống lại tăng gấp 4 lần, nên tăng tốc độ chảy quá lớn là không cần thiết.

Kích thước của khe nước chảy đảm bảo nguyên tắc tốc độ chảy của nước làm nguội đạt yêu cầu, chiều rộng khe nước thường là từ 4 ~ 6 mm. Để đảm bảo làm nguội đồng đều, khe nước phải đạt yêu cầu thiết kế, chu vi đối xứng đều nhau nhất là đối với máy đúc phôi nhỏ phải đảm bảo khe hở quanh BKT một dọc chiều dài đều nhau.

Để tránh nước chảy trong khe sôi nên không chế nhiệt độ nước vào ra chênh nhau 5 ~ 6°C, không vượt quá 10°C. Duy trì phản áp của nước làm nguội trong BKT khoảng 2 bar (2×10^5 Pa) là cần thiết. Lượng nước cung cấp cho BKT lớn nhất đối với phôi tấm và phôi vuông lớn mỗi dòng đúc 500 ~ 600 m³/h. Phôi vuông nhỏ là 100 ~ 150 m³/h. Thông thường, trong suốt quá trình đúc nên ít điều chỉnh lượng nước cung cấp cho BKT.

(2) Chất lượng nước làm nguội: với tốc độ truyền nhiệt trong BKT đạt 84×10^5 kJ/m².h cao gấp 10 lần tốc độ truyền nhiệt trong lò hơi áp lực cao. Lượng nhiệt lớn như vậy qua thành bình truyền cho nước làm nguội, nhiệt độ phía mặt lạnh có thể lên quá 100°C làm cho nước sôi, cần nước tích đọng thành một lớp cách nhiệt trên bề mặt, tăng nhiệt trở, nhiệt lưu giảm dẫn đến nhiệt độ thành bình nâng cao càng tăng nguy cơ của sự sôi. Cho nên BKT phải sử dụng nước mềm. Yêu cầu hàm lượng muối không được lớn hơn 40 mg/l, chất huyền phù nhỏ hơn 50 mg/l, kích thước hạt lớn không được lớn hơn 0,2 mm, độ cứng của muối cacbonat không lớn hơn 1 ~ 2°dH, độ pH = 7 ~ 8.

(3) Bôi trơn BKT: có thể giảm trở lực kéo và do chất bôi trơn điền đầy khe hở cải thiện được điều kiện truyền nhiệt. Thông thường, đúc hở dùng dầu như dầu hạt cải làm chất bôi trơn, ở nhiệt độ cao dầu phân ly thành hợp chất CH điền đầy khe hở có lợi cho truyền nhiệt. Hiện nay, nhiều máy đúc sử dụng xỉ bảo vệ, rắc bột xỉ bảo vệ lên trên mặt nước thép ở BKT hình

thành một lớp xỉ lỏng. Khi BKT rung, xỉ loãng trên mặt trắng khuyết bị đưa vào trong khe hở, hình thành trên bề mặt phôi một lớp màng xỉ đồng đều vừa có tác dụng bôi trơn lại còn có tác dụng cải thiện điều kiện truyền nhiệt do điền đầy khe hở. Màng xỉ giảm truyền nhiệt phía trên BKT khoảng 15% nhưng lại tăng truyền nhiệt ở phía dưới BKT lên 20 ~ 25%. Sự truyền nhiệt toàn khối BKT trở nên đồng đều, điều này có một tác dụng rất lớn trong việc thu được một lớp vỏ đồng đều và đủ dày khi ra khỏi BKT.

Ảnh hưởng của xỉ bảo vệ đối với nhiệt lưu của BKT có liên quan đến độ dày của lớp màng. Độ dày của màng (cũng có thể đại diện cho lượng tiêu hao xỉ bảo vệ) là hàm số của độ nhớt của xỉ và tốc độ kéo:

$$e = \sqrt{\frac{\eta \cdot v}{g(\rho_m - \rho_s)}}$$

Trong đó:

e – Độ dày của màng xỉ

η – Độ nhớt của xỉ

v – Tốc độ kéo

g – Gia tốc trọng trường

ρ_m – Mật độ của thép

ρ_s – Mật độ của xỉ

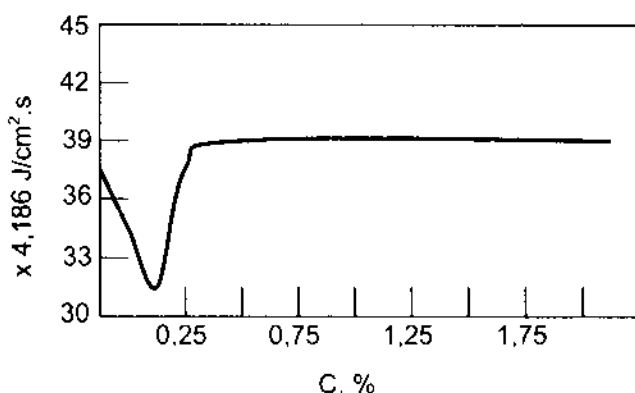
Khi tốc độ kéo nhất định, quyết định chủ yếu chiều dày lớp xỉ bám là độ nhớt của xỉ. Độ nhớt quá cao, tính lỏng kém tạo thành màng xỉ liên tục sẽ không đồng đều, độ nhớt quá thấp màng dày mỏng cũng khác nhau. Cả 2 trường hợp trên nhiệt lưu không ổn định. Khi độ nhớt thích hợp (ở 1300°C $\eta = 0,22 \text{ Pa.s}$) nhiệt lưu ổn định nói lên độ dày của màng xỉ ổn định. Thông thường dùng trị số ηv^2 của xỉ bảo vệ làm điều kiện tạo thành màng xỉ ổn định có độ bôi trơn tối nhất (v – tốc độ kéo). Nếu ηv^2 quá lớn hay quá nhỏ cũng đều tạo ra màng xỉ không ổn định. Lớp vỏ có phần tiếp xúc trực tiếp với thành bình, nhiệt lưu cục bộ tăng, từ đó dẫn đến vùng cục bộ co ngót hình thành vết lõm hoặc mỏng dày khác nhau. Điều này đối với đúc thép cacbon thấp < 0,2% biểu hiện khá rõ rệt. Vì thế cho nên muốn cho xỉ bảo vệ có giá trị độ nhớt (ηv^2) thích hợp là thu được một lớp màng xỉ đồng đều

khiến cho sự dẫn nhiệt của BKT ổn định, là một biện pháp quan trọng để không chế lớp vỏ sinh trưởng đồng đều trong BKT.

(4) Tốc độ kéo: nâng cao tốc độ kéo có thể làm cho nhiệt lưu bình quân của BKT truyền ra tăng lên. Nhưng lượng nhiệt của một đơn vị trọng lượng nước thép từ BKT truyền ra giảm khiến cho lớp vỏ mỏng hơn, việc lựa chọn tốc độ kéo thích hợp nhất không những đảm bảo được chiều dày của lớp vỏ khi ra khỏi BKT mà còn phát huy đầy đủ năng lực sản xuất của máy đúc.

(5) Nhiệt độ đúc: thực nghiệm đã chứng minh, khi tốc độ kéo cũng như các điều kiện công nghệ khác không đổi, độ quá nhiệt tăng 10°C trong điều kiện đúc hở và đúc có bảo vệ thì lượng nhiệt lưu tối đa chỉ tăng có 7,5% và 4%. Điều đó cho thấy ảnh hưởng của độ quá nhiệt trong nước thép đến nhiệt lưu bình quân là rất nhỏ. Khi nhiệt độ đúc lần lượt là 1577°C , 1593°C và 1622°C khác biệt, nhiệt lưu của truyền nhiệt đối lưu của BKT không lớn khi ra khỏi BKT. Chiều dày phần giữa vỏ của chu vi phôi đúc về cơ bản như nhau, chiều dày lớp vỏ ở phần góc phôi thì giảm theo tăng nhiệt độ đúc, tức là tăng nguy cơ kéo thủng. Theo tính toán lý thuyết cứ tăng độ quá nhiệt 10°C thì chiều dày của lớp vỏ ra khỏi BKT giảm 3%. Động năng của nước thép quá nhiệt trước khi đông đặc hình thành sự chuyển động đối lưu có thể bào quét nóng chảy phần lớp vỏ đã đông đặc. Do vậy, nhiệt độ đúc cao không những không có lợi cho truyền nhiệt mà còn có hại đối với sự sinh trưởng đồng đều của lớp vỏ.

- Thành phần nước thép:



Hình 3 – 19. Quan hệ giữa hàm lượng C trong thép và nhiệt lưu.

Khi nghiên cứu nhiệt lượng dẫn ra của BKT phát hiện khi hàm lượng C trong thép khoảng 0,12% nhiệt lưu là tối thiểu (bé nhất), xem hình 3 – 19. Lúc này nhiệt độ ba động trong thành BKT tương đối lớn khoảng 100°C, khi hàm lượng C > 0,25% nhiệt lưu cơ bản không thay đổi. Ngoài ra, khi nghiên cứu lớp vỏ phát hiện khi hàm lượng C khoảng 0,12% bề mặt trong và ngoài lớp vỏ đều có dạng sóng (hình 3 – 7d) khi hàm lượng C tăng thì dạng sóng giảm. Thường cho rằng vì hàm lượng C là 0,12% lớp vỏ co ngót lớn nhất (0,38%), vì thế hình thành khe hở tương đối lớn, thiên tích nhánh cây của P và S tương đối nhỏ, độ bền nhiệt độ cao của lớp vỏ lớn. Áp lực tĩnh của nước thép khó ép lớp vỏ sát thành bình. Sau khi nước thép dưới mặt trăng khuyết đông đặc hình thành đường cong và khe hở tương đối lớn, dẫn đến giảm nhỏ mặt tiếp xúc giữa mặt lớp vỏ và thành BKT, cho nên nhiệt lưu là thấp nhất, lớp vỏ mỏng nhất và không đều nhau. Đây chính là nguyên nhân dễ gây nên hiện tượng nứt và kéo vỡ của loại thép này. Nghiên cứu các nhân tố ảnh hưởng đến truyền nhiệt của BKT cho ta thấy BKT là một hệ thống truyền nhiệt phức tạp, qua nghiên cứu sự truyền dẫn của BKT và quan hệ đến độ dày lớp vỏ cho ta thấy những căn cứ khoa học cho việc điều chỉnh trạng thái nhiệt công của BKT khiến cho BKT làm việc tốt nhất.

1.2.5. Truyền nhiệt của khu vực làm nguội lần hai:

* Cân bằng nhiệt:



Hình 3 – 20. Các phương thức truyền nhiệt của phôi ở vùng làm nguội lần 2.

Phôi thép có ruột còn ở thể lỏng tiến vào khu vực làm nguội thứ 2, ở đây nước phun trực tiếp vào làm nguội cho đến khi đông đặc hoàn toàn. Nhiệt độ trên bề mặt cơ bản đã đồng đều rồi tiến vào máy kéo uốn. Phôi thép đông đặc hoàn toàn phải tỏa ra một lượng nhiệt khoảng 210 ~ 234 kJ/kg. Phun trực tiếp lên trên bề mặt phôi đúc những dòng nước đã mù hóa, nhiệt độ trên mặt phôi giảm đột ngột, hình thành một độ chênh nhiệt độ (gradient nhiệt độ) tương đối lớn giữa bề mặt và trung tâm. Đây chính là động lực của sự truyền nhiệt từ trong ra ngoài của phôi thép nằm trong khu vực làm nguội lần 2. Sự bốc hơi của dòng nước phun đã mang đi một lượng nhiệt chiếm tới 33%, nhiệt lượng gia nhiệt nước làm nguội và bức xạ của bề mặt phôi chiếm khoảng 25% và 17% truyền cho trục dẫn.

Kiểu máy đúc cũng như điều kiện công nghệ khác nhau, tỷ lệ các hạng mục cân bằng nhiệt trên cũng khác nhau. Đối với một loại thiết bị và công nghệ nhất định thì nhiệt bức xạ và nhiệt truyền dẫn mang đi cơ bản là không đổi. Cho nên nâng cao hiệu quả làm nguội của khu vực làm nguội lần 2 chủ yếu là điều chỉnh sự truyền nhiệt giữa dòng nước phun và phôi đúc nhiệt độ cao.

Sự truyền nhiệt giữa dòng nước và bề mặt phôi đúc là một quá trình truyền nhiệt phức tạp, chịu nhiều nhân tố ảnh hưởng như cường độ phun, trạng thái bề mặt phôi (nhiệt độ, vảy oxit sắt...), nhiệt độ nước làm nguội, tốc độ phun của dòng nước... Có thể miêu tả bằng một phương trình sau:

$$\dot{Q} = h (T_s - T_w) \quad (3 - 10)$$

Trong đó:

$\dot{Q}$ – Nhiệt lưu

h – Hệ số truyền nhiệt giữa nước và bề mặt phôi nhiệt độ cao

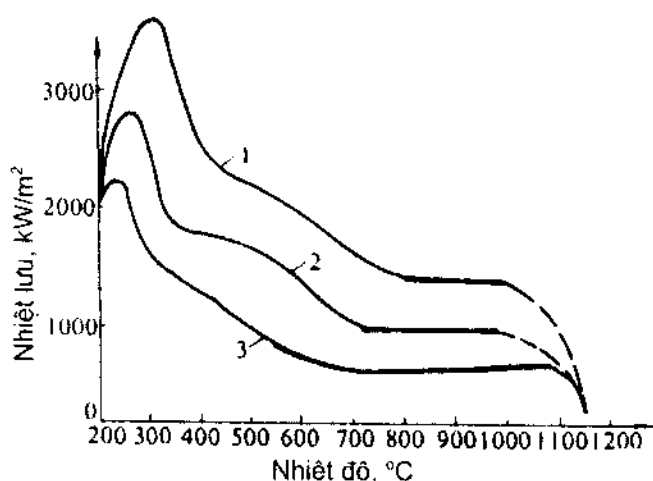
T_s – Nhiệt độ mặt phôi

T_w – Nhiệt độ nước làm nguội

Muốn nâng cao hiệu suất làm nguội thì nên nâng cao số trị của hệ số truyền nhiệt. Trực tiếp đo hệ số truyền nhiệt trên máy đúc liên tục là rất khó khăn. Nhiều tác giả đã mô hình hóa trong phòng thí nghiệm đo được hệ số truyền nhiệt của dòng nước phun tới mặt kim loại nhiệt độ cao làm số liệu cho thiết kế chế độ làm nguội lần 2.

* Nhân tố ảnh hưởng đến truyền nhiệt ở khu vực làm nguội lần hai:

- Nhiệt độ mặt phôi:



Hình 3 – 21. Quan hệ giữa nhiệt độ bề mặt phôi và nhiệt lưu.

1– 15 l/ph; 4,95 l/m².s 2– 10 l/ph; 3,33 l/m².s 3– 5 l/ph; 1,65 l/m².s

Dòng nước phun ra từ vòi phun đập vào mặt phôi đúc nhiệt độ cao, giữa nhiệt lưu dẫn ra và nhiệt độ bề mặt phôi có quan hệ với nhau. Mối quan hệ đó biểu thị trên hình 3 – 21. Căn cứ vào thí nghiệm của Mizikar mối quan hệ giữa hệ số truyền nhiệt và nhiệt độ mặt phôi như hình 3 – 22.

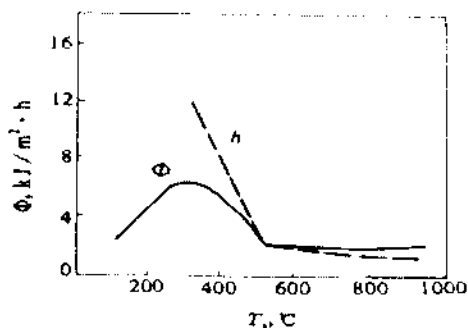
Từ hình 3 – 21 ta có thể thấy:

– Khi $T_s < 300^\circ\text{C}$ là đối lưu truyền nhiệt và sôi ở trạng thái mầm, nhiệt lưu tăng theo T_s .

– Khi $300^\circ\text{C} < T_s < 600^\circ\text{C}$, ngoài nước sôi ở trạng thái mầm ra còn sản sinh sôi trạng thái màng nên ảnh hưởng đến nhiệt lưu. Nhiệt lưu giảm theo T_s tăng.

– Khi $600^\circ\text{C} < T_s < 1000^\circ\text{C}$, trên bề mặt phôi hình thành một màng sôi ổn định cản trở sự tiếp xúc giữa dòng phun với mặt phôi, nhiệt lưu thay đổi theo T_s rất nhỏ.

Từ hình 3 – 22 có thể nhận ra: hệ số truyền nhiệt h khi nhiệt độ T_s cố định có hiện tượng đột biến. Nhiệt lưu và nhiệt độ bề mặt không phải là quan hệ tuyến tính đơn giản. Điều này cần chú ý khi khống chế nguội lần 2.



Hình 3 – 22. Quan hệ giữa nhiệt độ bề mặt phôi và hệ số truyền nhiệt.

- Mật độ của dòng nước:

Mật độ dòng nước là chỉ lượng nước làm nguội phun lên 1 đơn vị diện tích bề mặt phôi. Qua thực nghiệm cho ta thấy: tăng mật độ nước thì tăng hệ số truyền nhiệt, nhiệt lượng mang khỏi bề mặt phôi cũng tăng. Hình 3 – 23 chỉ quan hệ giữa mật độ dòng nước và hệ số truyền nhiệt. Có thí nghiệm đã phát hiện khi mật độ dòng nước $> 20 \text{ l/m}^2.\text{s}$ ảnh hưởng đến nhiệt lưu không rõ rệt. Nhiều nghiên cứu đã chứng minh quan hệ giữa hệ số truyền nhiệt h và mật độ dòng nước w có thể suy ra công thức thực nghiệm sau:

$$h = A.w^n$$

$$\text{hoặc } h = A.w^n.(1 - b.T_w) \quad (3 - 11)$$

Trong đó:

A, n, b – Hằng số khác nhau

T_w – Nhiệt độ nước làm nguội

W – Mật độ dòng nước

h – Hệ số truyền nhiệt

1 – Bolle

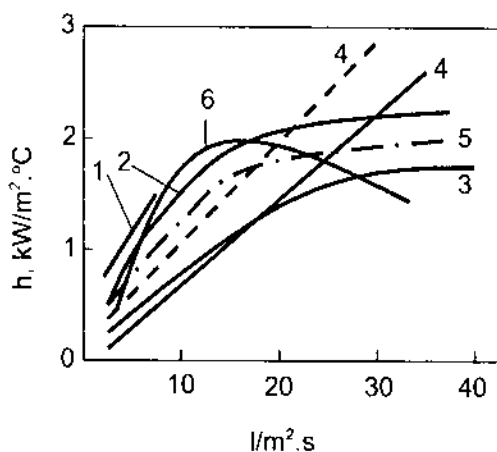
2 – Ishiguro

3 – Sasaki

4 – Mizikar

5 – Nozaki

6 – Alberny



Hình 3 – 23. Ảnh hưởng của mật độ dòng nước đến hệ số truyền nhiệt.

Các hằng số thực nghiệm khác nhau vì điều kiện thí nghiệm khác nhau (xem bảng 3 - 4).

Bảng 3 – 4. Các số trị A, n, b thu được từ các thí nghiệm khác nhau.

Tác giả	A	n	b	Điều kiện thí nghiệm
E. Bolle	0,423	0,556	0	$1 < w < 7 \text{ (1/m}^2 \cdot \text{s)}; 627 < T_s < 927^\circ\text{C}$
E. Bolle	0,36	0,556	0	$0,8 < w < 2,5 \text{ (1/m}^2 \cdot \text{s)}; 627 < T_s < 927^\circ\text{C}$
M. Ishiguro	0,581	0,451	0,0075	$T_s = 930^\circ\text{C}$
E. Mitsutsuka	1	0,65~0,75	0,005~0,008	$W > 0,08 \text{ (1/m}^2 \cdot \text{s)}; T_s = 930^\circ\text{C}$
E. Mizikar	0,77~0,1	1	0	$0 < W < 20,3 \text{ (1/m}^2 \cdot \text{s)}; T_s = 1090^\circ\text{C}$
M. Shimada	1,57	0,55	0,0075	$T_s = 930^\circ\text{C}$

Đối với vòi phun khí nước: $h = 0,035w + 0,13$

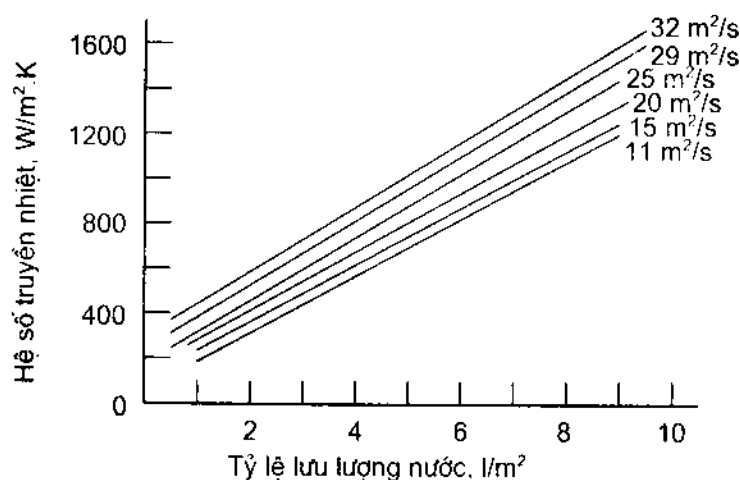
Trong đó:

h – Hệ số truyền nhiệt, $\text{kW/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

w – Mật độ nước, $1/\text{m}^2 \cdot \text{s}$

- Tốc độ giọt nước:

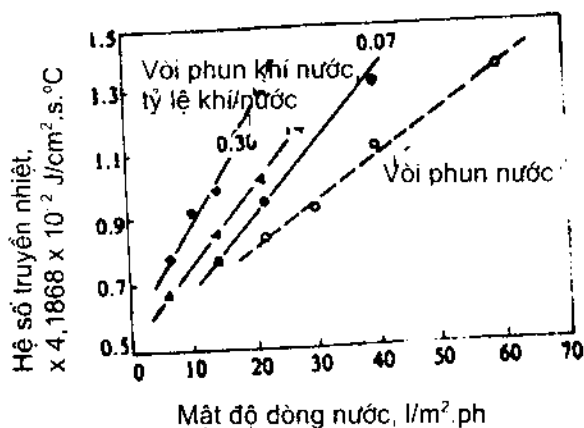
Tốc độ giọt nước quyết định áp lực phun, đường kính lỗ phun và trở lực gặp phải. Khi tốc độ dòng nước cao số giọt nước có thể xuyên thấu lớp màng hơi nước tiếp xúc ngay với mặt phôi đúc tăng lên, hiệu quả truyền nhiệt được nâng cao. Hình 3 - 24 biểu thị ảnh hưởng của tốc độ dòng nước đến hệ số truyền nhiệt.



Hình 3 – 24. Ảnh hưởng của tốc độ giọt nước đến hệ số truyền nhiệt.

- Đường kính giọt nước:

Đường kính giọt nước là tiêu chí của mức độ mù hóa, giọt càng nhỏ thì số lượng giọt trong một đơn vị thể tích càng nhiều, mù hóa càng tốt; như vậy làm nguội phôi thép càng đồng đều, nâng cao được hiệu suất truyền nhiệt. Đường kính bình quân của giọt nước đối với miệng phun nước là 200 ~ 600 μm , còn đối với miệng phun hơi nước là 200 ~ 600 μm . Ảnh hưởng của 2 loại miệng phun đến hệ số truyền nhiệt (hình 3 - 25).



Hình 3 – 25. Ảnh hưởng của 2 loại vòi phun đến hệ số truyền nhiệt.

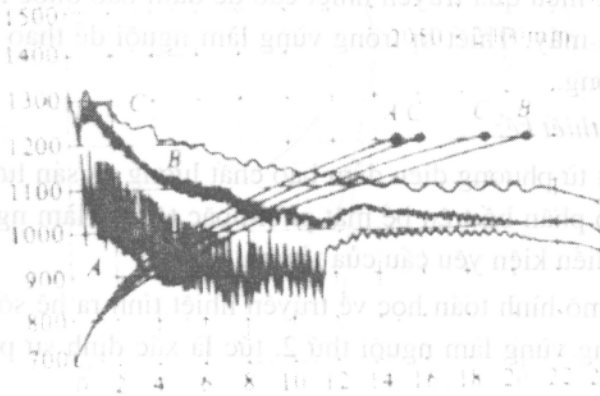
- Trạng thái bề mặt của phôi:

Đối với thép cacbon nếu bề mặt có một lớp oxy hóa thì hệ số truyền nhiệt giảm 13% so với bề mặt không có lớp oxy hóa. Nhiều thí nghiệm đã cho thấy, thép cacbon khi gia nhiệt trong môi trường không khí có khí tro bảo vệ thì lớp oxit sắt sinh ra chỉ còn 0,08 kg/m^2 .

- Trạng thái sử dụng miệng phun:

Lắp đặt, duy tu, mức độ cũ cho đến bị tắc đều ảnh hưởng rất lớn đến hiệu quả truyền nhiệt. Cho nên, miệng phun cần định kỳ kiểm tra sửa chữa và thay mới, nước phải được xử lý làm sạch khi mà các điều kiện khác của máy đúc không thay đổi, hiệu suất làm nguội của khu vực làm nguội lần 2 quyết định chính bởi kết cấu của miệng phun và điều kiện phun nước (lưu lượng, áp suất, khoảng cách giữa các dòng nước phun ra...). Thiết kế miệng phun hợp lý là rất quan trọng, kết cấu miệng phun thế nào là hợp lý có thể

do kiểm và đánh giá sơ bộ qua thí nghiệm đặc tính của trạng thái làm nguội. Đặc tính trạng thái làm nguội bao gồm: 1- Trạng thái phân bố và mật độ dòng của giọt nước bắn ra đập vào bề mặt phôi thép, 2- Góc phun ảnh hưởng đến diện tích bề mặt được giọt nước phủ kín, 3- Mức độ mù hóa của giọt nước, 4- Tốc độ của giọt nước bắn tới bề mặt phôi thép.



Hình 3 – 26. Nhiệt độ bề mặt phôi khác nhau theo phương thức làm nguội.

A- Miệng phun 0,7 l/kg; tốc độ kéo 1 m/ph

B- Miệng phun khí + nước 0,2 l/kg; tốc độ kéo 1 m/ph

C- Làm nguội khô; tốc độ kéo 0,8 m/ph

Hiện nay đại bộ phận máy đúc sử dụng miệng phun nước với áp lực thông dụng như miệng phun hình dẹt, hình chóp, hình răng cưa... Để nâng cao hiệu suất làm nguội của vùng làm nguội lần 2 và cải thiện chất lượng phôi đúc, một số nhà máy ở nước ngoài đã dùng đến miệng phun hơi nước thu được hiệu quả tốt. Kiểu miệng phun này có ưu điểm lớn là độ khai triển bao phủ của dòng phun rất tốt, nên dòng nước phân bố đều, mức độ mù hóa cao dễ điều chỉnh phạm vi rộng hẹp và tiết kiệm được tới 40 ~ 50% lượng nước làm nguội mà miệng phun lại ít bị tắc, chất lượng phôi đúc được cải thiện rõ rệt. Mấu chốt của kiểu thiết kế miệng phun này là chiều dài của đoạn hỗn hợp, phối hợp tốt 3 yếu tố: không khí, áp lực nước và góc phun ra.

Các phương thức làm nguội có ảnh hưởng đến nhiệt độ trên bề mặt của phôi thép như hình 3–26.

* Thiết kế vùng làm nguội lần hai:

- *Yêu cầu của thiết kế:*

Thiết kế vùng làm nguội lần 2 cần đáp ứng đủ các yêu cầu của chủng loại và chất lượng sản phẩm, tránh sản sinh các khuyết tật trên bề mặt và bên trong thỏi đúc, có hiệu quả truyền nhiệt cao để đảm bảo được năng suất sản xuất lớn nhất của máy. Thiết bị trong vùng làm nguội dễ thao tác vận hành và duy tu bảo dưỡng.

- *Các bước thiết kế:*

+ Xuất phát từ phương diện đảm bảo chất lượng và sản lượng phôi đúc quy định nhiệt độ phân bố trên bề mặt phôi hoặc tốc độ làm nguội phôi đúc tức là đề xuất ra điều kiện yêu cầu của tỏa nhiệt.

+ Sử dụng mô hình toán học về truyền nhiệt tính ra hệ số truyền nhiệt của các đoạn trong vùng làm nguội thứ 2, tức là xác định sự phân bố hệ số truyền nhiệt h .

+ Dựa vào phương trình kinh nghiệm giữa hệ số truyền nhiệt h và mật độ dòng nước w , tính ra tổng lượng nước yêu cầu và mật độ dòng nước trong vùng làm nguội.

+ Xác định kiểu vòi phun, áp lực nước, khoảng cách giữa các vòi phun và cự ly giữa các dòng phun, ...

- *Những vấn đề cần phải tính đến trong lúc thiết kế:*

Cần suy tính một cách tổng hợp tối ưu giữa 2 phương diện truyền nhiệt và chất lượng luyện kim để chọn chế độ làm nguội hợp lý nhất. Đứng trên quan điểm truyền nhiệt thì nâng cao hiệu suất làm nguội lần 2 phải tăng hệ số truyền nhiệt h , nhanh chóng mang nhiệt lượng của phôi đúc đi. Trên quan điểm chất lượng luyện kim, lượng nước và phân bố ở vùng làm nguội lần 2 có liên quan chất lượng phôi đúc. Vì vậy, chế độ làm nguội lần 2 nên căn cứ vào tốc độ đông đặc cần thiết của phôi đúc, loại thép đúc, cơ tính ở nhiệt độ cao của thép... để xác định. Cụ thể là tính đến các vấn đề sau:

– Quy luật đông đặc và truyền nhiệt:

Truyền nhiệt của đông đặc là một quá trình truyền nhiệt của trạng thái không ổn định, là phương trình dẫn nhiệt vi phân bậc 2 nói lên nguyên tắc

phân bố lượng nước ở vùng làm nguội lần 2. Để đơn giản hóa giả thiết ở một khoảng khắc t nào đó, tiềm nhiệt tỏa ra ven theo lớp đã kết tinh bằng lượng nhiệt truyền qua lớp vỏ thì:

$$L_f \rho_m \frac{de}{d_t} = \frac{\lambda_m (T_L - T_s)}{e} \quad (3 - 12)$$

Trong đó:

L_f – Tiềm nhiệt đông đặc

ρ_m – Mật độ thép

e – Chiều dày lớp vỏ đông đặc

λ_m – Hệ số dẫn nhiệt của thép

T_L – Nhiệt độ đường pha lỏng

T_s – Nhiệt độ bề mặt phôi

Dòng nhiệt dẫn qua lớp vỏ do hướng tiếp xúc với bề mặt phôi đúc mang đi và do $e = K\sqrt{t}$ nên:

$$\frac{\lambda_m (T_L - T_s)}{K\sqrt{t}} = h(T_s - T_0) \quad (3 - 13)$$

Trong đó:

K – Hệ số đông đặc

t – Thời gian đông đặc

h – Hệ số truyền nhiệt của bề mặt phôi đúc và nước

T_0 – Nhiệt độ nước thép

Từ công thức 3 – 13 ta có thể thấy $h \propto \frac{1}{\sqrt{t}}$

Mà hệ số truyền nhiệt h lại tỷ lệ với lượng nước làm nguội:

$$Q \propto \frac{1}{\sqrt{t}}$$

$$\text{Tức là:} \quad Q \propto \frac{1}{\sqrt{\frac{H}{V}}} \quad (3 - 14)$$

Trong đó:

Q – Lượng nước làm nguội

H – Khoảng cách từ mặt trăng khuyết đến một điểm nào đó ở vùng làm nguội lần 2

V – Tốc độ kéo

Công thức 3 – 14 nói lên lượng nước phun theo phương chiều cao của máy đúc giảm dần từ trên xuống dưới. Đây là nguyên tắc cơ bản của phân bố lượng nước phun. Khiến lượng nước phun giảm dần từ trên xuống dưới khó khống chế. Cho nên, chia vùng làm nguội lần 2 thành nhiều đoạn làm nguội và lượng nước làm nguội giảm dần, còn trong cùng một đoạn làm nguội thì vẫn giữ lượng nước làm nguội không đổi.

– Hạn chế chiều dài cột kim loại lỏng ở giữa: Thường yêu cầu đối với máy đúc cong là đến trước điểm kéo (uốn) hoặc đôi trục đầu cuối cùng của phôi thép phải đông đặc xong hoàn toàn.

– Hạn chế lượng phình bụng phôi đúc: Hạn chế lượng phình bụng của phôiдет ở vùng làm nguội thứ 2 trong một phạm vi nhất định để tránh sản sinh ra thiên tích và nứt. Lượng phình của một máy đúc là hàm số của nhiệt độ phôi, vùng làm nguội thứ 2 nên cần hạn chế nhiệt độ phôi.

– Hạn chế hồi nhiệt của bề mặt phôi: Trong một đoạn làm nguội nhất định số trị hồi nhiệt độ thường nhỏ hơn $100^{\circ}\text{C}/\text{m}$. Vì nhiệt độ hồi nhiệt tăng làm cho quanh vùng vừa kết tinh sản sinh ứng suất kéo có thể dẫn đến nứt trong. Phôi trước khi đông đặc hoàn toàn, hồi nhiệt (nhiệt độ bề mặt tăng trở lại) dễ dẫn đến thiên tích ở trung tâm, thậm chí nứt ở trung tâm. Trong phạm vi $700 \sim 900^{\circ}\text{C}$ lúc nhiệt độ bề mặt tăng lên, nitorit nhôm lắng rất nhanh làm giảm tính giãn dài của thép. Đối với thép dùng Al khử oxy hoặc sản xuất thép dập sâu cần phải đặc biệt chú ý vấn đề này.

– Hạn chế cường độ làm nguội: cần có chế độ làm nguội khác nhau đối với từng loại thép đúc khi thiết kế cần đồng thời để cập đến. Nguyên tắc xác định cường độ làm nguội lần 2 là lựa chọn phương thức làm nguội, phân phối lượng nước làm nguội, phương pháp cụ thể khống chế của làm nguội.

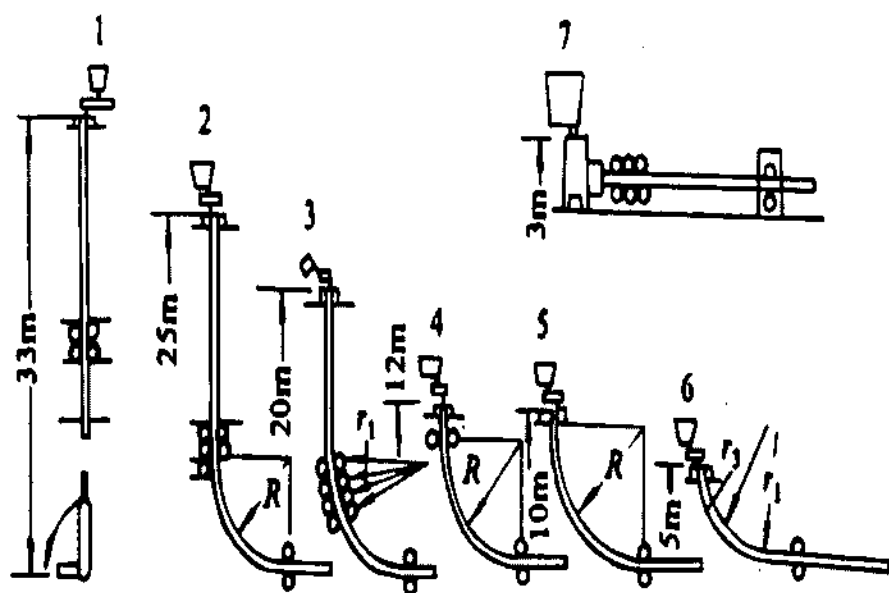
II. THIẾT BỊ ĐÚC LIÊN TỤC

2.1. Phân loại và đặc điểm máy đúc liên tục

2.1.1. Phân loại:

Phân loại máy ĐLT theo nhiều cách.

* Dựa theo quỹ tích chuyển động của phôi (hoặc theo ngoại hình kết cấu của máy đúc) có thể chia ra các kiểu máy đúc: thẳng đứng, uốn cong và uốn cong nhiều điểm. Cong nhưng bình kết tinh thẳng, cong liên tục và cong với bán kính khác nhau (cong hình bầu dục), nằm ngang... Hình 3 – 27 biểu thị các kiểu máy đúc kể trên. Máy nằm gần đây cùng với sự phát triển của kỹ thuật đúc phôi đang có hướng nghiên cứu máy đúc kiểu bánh xe.



Hình 3 – 27. Giản đồ các kiểu máy đúc.

- | | | |
|-----------------------------|-------------------|--------------------|
| 1– Đứng | 4– BKT thẳng cong | 6– Cong nhiều đoạn |
| 2– Uốn | 5– Cong | 7– Nằm ngang |
| 3– BKT thẳng uốn nhiều điểm | | |

Bảng 3 – 5. Các loại tiết diện phôi (mm) và kiểu máy đúc.

Kiểu máy	Tiết diện (max)	Tiết diện (min)	Tiết diện thường dùng
Phôi tấm	300x2640 310x2500	130x250	(180x700)~(300x200)
Phôi vuông lớn	600x600	200x200	(250x250)~(450x450) (240x280)~(400x560)
Phôi vuông nhỏ	160x160	55x55	(90x90)~(150x150)
Phôi tròn	φ450	φ100	φ200~300
Phôi dị hình	Chữ I: 60x460x120 Vành khuyên: φ450/φ100	Elip: 120x140	

* Dựa theo kích thước và hình dạng phôi chia ra các kiểu máy đúc: phôi vuông lớn và phôi vuông nhỏ, phôi dẹt (tấm dày) và phôi tấm mỏng, phôi tròn và dị hình... Kích thước và hình dạng cụ thể như bảng 3 – 5.

* Dựa theo phôi thép phải chịu áp lực tĩnh của nước thép tức là tỷ lệ giữa chiều cao H của máy đúc và chiều dày D của phôi chia ra 4 kiểu máy đúc: áp lực cao, áp lực chuẩn, áp lực thấp và áp lực siêu thấp như bảng 3 – 6.

Bảng 3 – 6. Đặc trưng phân loại máy theo áp lực tĩnh của nước thép.

Kiểu máy	H/D	Kiểu BKT	Kiểu máy đúc
Đầu cao	> 50	Thẳng	Đứng hoặc uốn
Đầu chuẩn	40~50	Thẳng + Cong	Đứng hoặc cong
Đầu thấp	20~40	Cong	Cong hoặc elip
Đầu siêu thấp	< 20	Cong	Elip

Cùng với việc nâng cao kỹ thuật luyện thép và tinh luyện ngoài lò, trước khi đúc và trong quá trình đúc có tác dụng không chế hữu ích đối với độ sạch của nước thép sử dụng máy ĐLT chịu áp lực thấp và siêu thấp đang dần dần tăng lên.

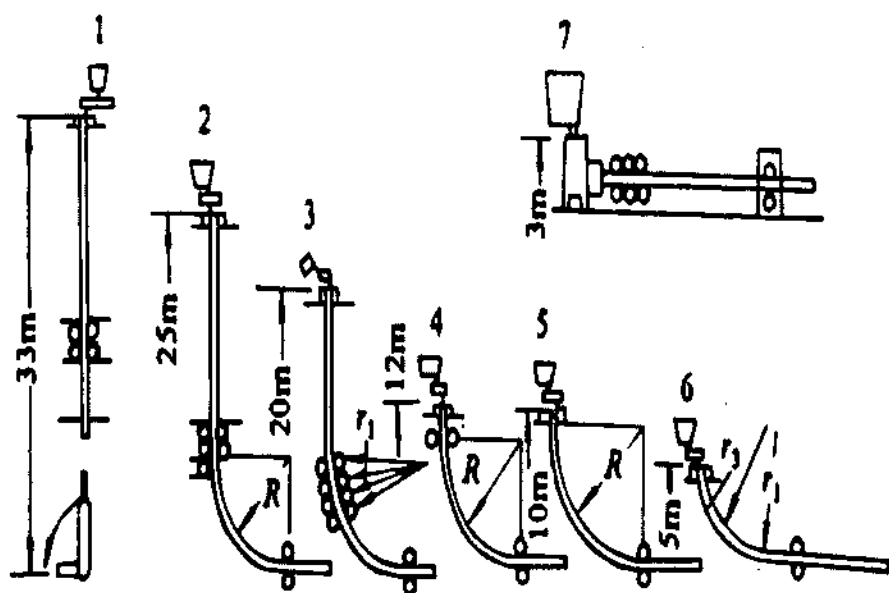
II. THIẾT BỊ ĐÚC LIÊN TỤC

2.1. Phân loại và đặc điểm máy đúc liên tục

2.1.1. Phân loại:

Phân loại máy ĐLT theo nhiều cách.

* Dựa theo quỹ tích chuyển động của phôi (hoặc theo ngoại hình kết cấu của máy đúc) có thể chia ra các kiểu máy đúc: thẳng đứng, uốn cong và uốn cong nhiều điểm. Cong nhưng bình kết tinh thẳng, cong liên tục và cong với bán kính khác nhau (cong hình bầu dục), nằm ngang... Hình 3 – 27 biểu thị các kiểu máy đúc kể trên. Máy nằm gần đây cùng với sự phát triển của kỹ thuật đúc phôi đang có hướng nghiên cứu máy đúc kiểu bánh xe.

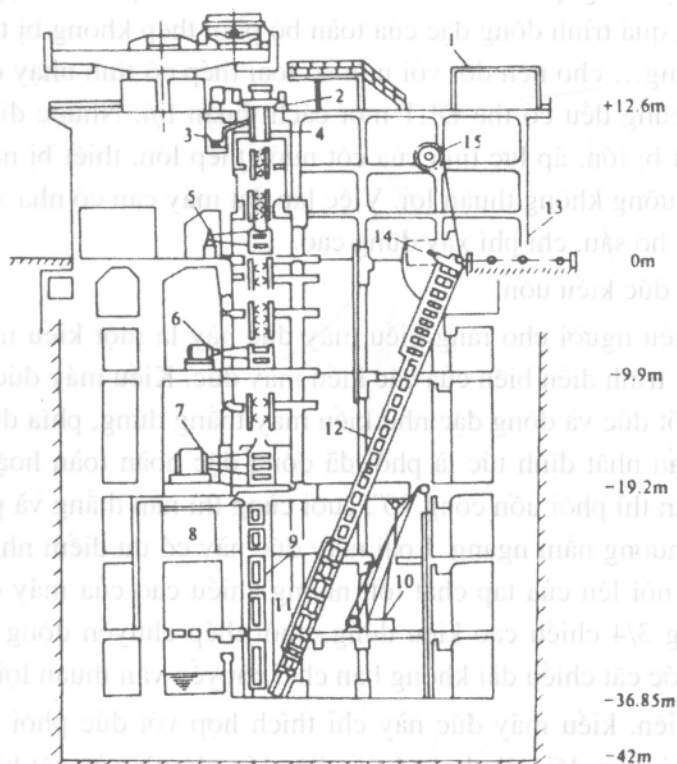


Hình 3 – 27. Giản đồ các kiểu máy đúc.

- | | | |
|-----------------------------|-------------------|--------------------|
| 1- Đứng | 4- BKT thẳng cong | 6- Cong nhiều đoạn |
| 2- Uốn | 5- Cong | 7- Nằm ngang |
| 3- BKT thẳng uốn nhiều điểm | | |

2.1.2. Đặc điểm của các kiểu máy đúc:

* Máy đúc kiểu đứng (hình 3 – 28):



Hình 3 – 28. Máy đúc kiểu đứng.

1- Phòng thao tác

2- BKT

3- Cơ cấu rung BKT

4- Đoạn dẫn hướng trước

5- Mô tơ khởi động (đoạn dẫn hướng thứ 4)

6- Mô tơ khởi động (đoạn dẫn hướng thứ 7)

7- Mô tơ khởi động (máy kéo nắn)

8- Buồng thao tác cắt phôi

9- Cơ cấu dẫn hướng máy nâng

10- Tời quay

11- Cơ cấu lật

12- Cầu lệch

13- Tời quay kéo phôi

14- Cơ cấu lật phôi

15- Con lăn chuyển phôi

Thiết bị chính gồm: bình kết tinh, khu vực làm nguội thứ 2, hệ trục kéo (đỡ), máy cắt (sau khi phôi đã đông đặc hoàn toàn). Tất cả đều được bố trí

theo phương thẳng đứng. Về mặt công nghệ, kiểu máy đúc này chiều cao của máy rất lớn có lợi cho tập chất trong nước thép nổi lên, điều kiện làm nguội các mặt xung quanh đều nhau, thiên tích thành phần và tập chất tương đối ít. Trong quá trình đông đặc của toàn bộ phôi thép không bị tác động của uốn, nắn thẳng... cho nên đối với một số loại thép có tính nhạy cảm cao đối với vết nứt cũng đều có thể ĐLT một cách thuận lợi. Nhược điểm là chiều cao của thiết bị lớn, áp lực tĩnh của cột nước thép lớn, thiết bị nặng nề, việc duy tu bảo dưỡng không thuận lợi. Việc lắp đặt máy cần có nhà xưởng tương đối cao hoặc hố sâu, chi phí xây dựng cao.

*** Máy đúc kiểu uốn:**

Có nhiều người cho rằng kiểu máy đúc này là một kiểu máy đúc quá độ trong quá trình diễn biến của các kiểu máy đúc. Kiểu máy đúc này có đặc điểm phần rót đúc và đông đặc như kiểu máy thẳng đứng, phía dưới bình kết tinh một đoạn nhất định tức là phôi đã đông đặc hoàn toàn hoặc gần đông đặc hoàn toàn thì phôi uốn cong 90° , cuối cùng thì nắn thẳng và phôi chuyển động theo phương nằm ngang. Loại máy đúc này có ưu điểm như kiểu đứng là điều kiện nổi lên của tạp chất tốt, nhưng chiều cao của máy đúc lại thấp hơn chỉ bằng $3/4$ chiều cao kiểu đứng, phôi thép chuyển động nằm ngang nên kích thước cắt chiều dài không hạn chế, chuyển vận thuận lợi.

Tất nhiên, kiểu máy đúc này chỉ thích hợp với đúc phôi có tiết diện tương đối nhỏ, còn đối với phôi có tiết diện lớn, độ dài của cột kim loại lỏng phía trong là rất dài. Ưu điểm về giảm chiều cao của máy đúc sẽ không còn rõ rệt nữa. Phôi đúc của loại máy đúc này có ứng suất tại các điểm uốn và nắn thẳng tương đối lớn, khi mà vượt quá giới hạn biến dạng cho phép dễ sản sinh ra nứt trong.

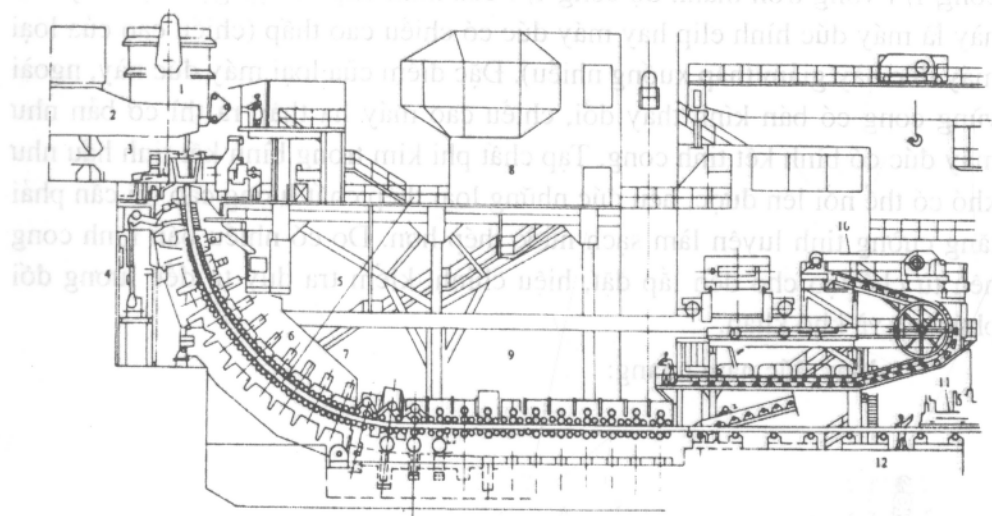
*** Máy đúc cong:**

Máy đúc cong hiện nay được các nước trên thế giới dùng nhiều nhất. Căn cứ vào hình dạng bình kết tinh lại chia ra hai loại bình kết tinh cong và bình kết tinh thẳng. Hiện nay đã xuất hiện loại máy đúc liên tục cong theo nhiều bán kính gọi là máy đúc liên tục hình elip (bầu dục).

- Máy đúc cong bình kết tinh cong (hình 3 - 29):

Bình kết tinh cong cùng với độ cong của khu vực làm nguội thứ 2 xếp liên tục có chiều dài bằng $1/4$ vòng tròn cùng một bán kính cong. Đường

thẳng góc cắt đường tâm tại điểm uốn, sau đó phôi thép nằm trên đường nằm ngang và cắt ra theo chiều dài qui định. Đặc điểm của loại máy đúc này là: chiều cao máy đúc cơ bản bằng bán kính cong, thông thường dùng bán kính cong bên ngoài làm bán kính cong của máy đúc cho nên chiều cao của máy thấp chỉ bằng 1/3 chiều cao của máy đúc đứng. Thiết bị tương đối nhẹ, lắp và duy tu bảo dưỡng tương đối thuận tiện, đầu tư xây dựng cơ bản cũng tương đối thấp cho nên được sử dụng rộng rãi. Toàn bộ quá trình kết tinh đều chuyển dịch theo một cung tròn không có thêm một điểm uốn biến dạng nào nữa, độ cao của thiết bị thấp, lớp vỏ chịu một áp lực tĩnh của nước thép nhỏ nên phôi không dễ bị phình bụng và nứt trong. Nhưng trong quá trình kết tinh, điều kiện nổi lên của tạp chất không tốt, có khuynh hướng tập trung phía cung trong dẫn đến sự phân bố tạp chất phi kim không đồng đều trong phôi thép, bởi vậy cần nâng cao độ sạch của nước thép khi tinh luyện.



Hình 3 – 29. Máy đúc cong từ BKT.

- | | | |
|--------------------|----------------------|------------------------------|
| 1–Thùng rót | 5– Bán kính cong | 9–Vùng nằm ngang |
| 2–Giàn quay | 6–Đoạn hình chữ quạt | 10–Chỗ để cơ cấu đỡ đầu phôi |
| 3–Thùng trung gian | 7–Máy kéo uốn | 11–Máy cắt |
| 4–Cơ cấu rung | 8–Giàn thao tác | 12–Con lăn chuyển phôi |

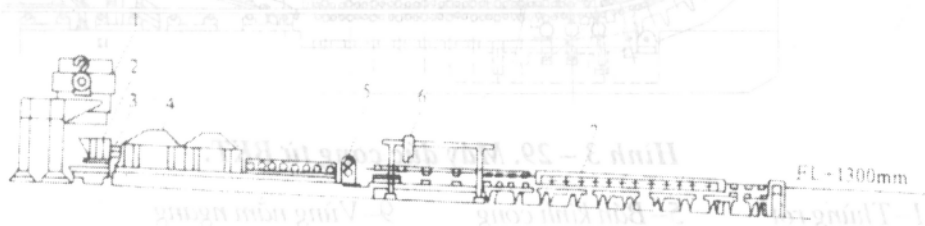
- Máy đúc cong bình kết tinh thẳng (hình 3 – 27 (4)):

Bình kết tinh thẳng dưới bình kết tinh một đoạn cũng phải thẳng, sau đó uốn cong liên tục cho tới một điểm nhất định thì nắn thẳng rồi cắt và chuyển phôi đều ở vị trí nằm ngang. Đặc điểm của loại máy đúc này là phần nước thép đông đặc trong bình kết tinh và đoạn thẳng khu vực làm nguội thứ 2 rất thuận lợi cho tạp chất nổi lên, tránh được thiên tích tạp trung ở phía mặt trong, cải thiện chất lượng phôi. Nhưng so với loại máy đúc cong trên thì chiều cao cao hơn, thiết bị cũng tương đối phức tạp, trong quá trình đông đặc phôi thép phải chịu sự biến dạng 2 lần: uốn và nắn nên khả năng sinh ra nứt nhiều hơn. Bởi vậy cho nên loại máy đúc này thường dùng cho đúc loại phôi dẹt (phôi cho cán tấm).

- Máy đúc hình elip (hình 3 – 27 (6)):

Để hạ thấp thêm chiều cao của máy đúc, ta cần đưa bán kính một cung tròn của máy đúc chia ra làm nhiều bán kính cung tròn làm cho độ cong 1/4 vòng tròn thành độ cong 1/4 của hình elip vì vậy gọi loại máy đúc này là máy đúc hình elip hay máy đúc có chiều cao thấp (chiều cao của loại máy đúc này giảm thấp xuống nhiều). Đặc điểm của loại máy đúc này, ngoài vùng cong có bán kính thay đổi, chiều cao máy hạ thấp ra thì cơ bản như máy đúc có bình kết tinh cong. Tạp chất phi kim trong bình kết tinh hầu như khó có thể nổi lên được, nếu đúc những loại thép chất lượng cao thì cần phải tăng cường tinh luyện làm sạch nước thép hơn. Do có nhiều bán kính cong nên từ chế tạo cho đến lắp đặt, hiệu chỉnh, kiểm tra duy tu đều tương đối phức tạp và khó khăn.

* Máy đúc nằm ngang:



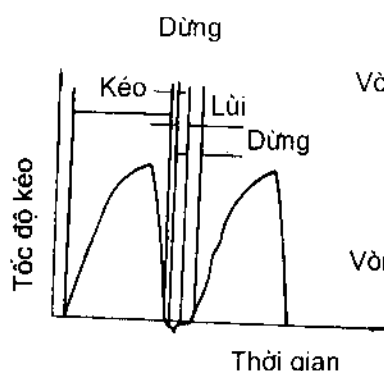
Hình 3 – 30. Giản đồ máy đúc nằm ngang.

- | | | |
|---------------------|----------------------------|-------------------|
| 1– Thùng rót | 4– Khu vực làm nguội lần 2 | 6– Máy cắt |
| 2– Thùng trung gian | 5– Cơ cấu kéo | 7– Giàn làm nguội |
| 3– BKT | | |

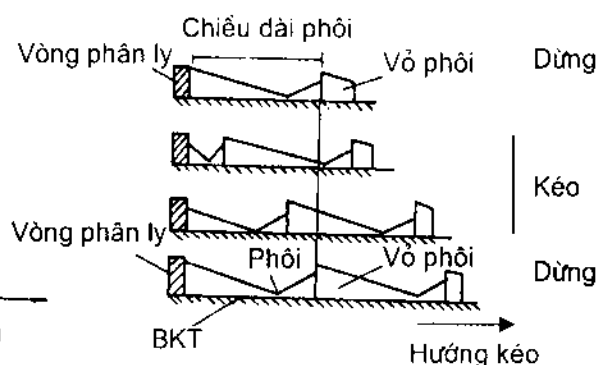
Đây là loại máy đúc có độ cao thấp nhất, toàn bộ thiết bị chính của máy đúc (thùng rót trung gian, bình kết tinh, khu vực làm nguội thứ hai, máy kéo và cắt) đều nằm trên đường thẳng nằm ngang như hình 3 – 30. Đây là loại máy đúc mới phát triển mấy năm gần đây, loại máy này cần phải giải quyết 3 vấn đề khó khăn về kỹ thuật:

- Cách kéo phôi:

Do máy đúc nằm ngang, thùng rót trung gian và bình kết tinh nối kín với nhau nên bình kết tinh không thể chuyển động rung được làm khó cho việc liên tục kéo phôi ra khỏi BKT, dễ kéo đứt hoặc thủng chảy thép. Qua nhiều lần thử nghiệm, đã tìm ra được một loại kéo ngược tức là kiểu kéo phôi rung. Đồ thị rung như hình 3 – 31. Kiểu kéo phôi này là: kéo – dừng – đẩy – lùi lại – dừng. Trong một chu kỳ kéo phôi, sự hình thành lớp vỏ phôi đúc như hình 3 – 32.



Hình 3– 31. Đường cong



Hình 3 – 32. Giản đồ hình thành lớp vỏ.

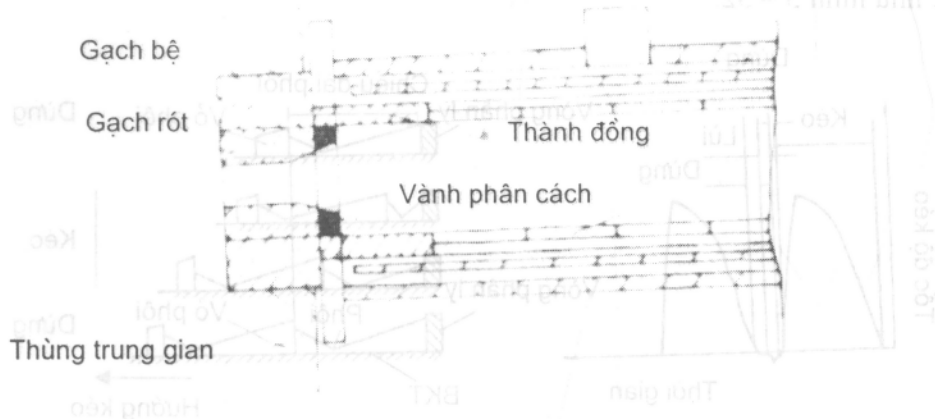
khí rung kéo phôi.

Sau mỗi hành trình kéo phôi, hình thành một lớp vỏ ngoài của phôi. Khi bắt đầu kéo vỏ phôi ra khỏi vách ngăn, nước thép mới chảy vào truyền nhiệt qua 2 lớp, còn ở giữa chỉ truyền nhiệt qua một lớp BKT, cho nên hình thành một lớp vỏ nóng hơn nên mỏng nhất. Qua một chu kỳ kéo phôi đẩy ngược và dừng đã làm cho lớp vỏ nóng này dày lên, do được liên tiếp “gia cố”. Hành trình kéo sau đó cả lớp vỏ mới lại kéo ra khỏi vách ngăn.

Qua cơ cấu kéo phôi ta có thể điều chỉnh từng việc như kéo chiều dài phôi, tốc độ kéo, lượng đẩy lùi, thời gian đẩy lùi và thời gian dừng để bảo đảm cho yêu cầu công nghệ kéo phôi của máy đúc nằm ngang.

- Bình kết tinh (hình 3 – 33):

Dùng BKT nhiều cấp tương đối dài tức là ta kết hợp “nguội một” và “nguội hai” và loại bỏ khâu làm nguội bằng phun nước lên mặt phôi. BKT tương đối dài mặt trong chia ra nhiều đoạn, đoạn thứ nhất là đoạn bằng đồng có độ côn nhất định. Sau đó là một đoạn ống lồng bằng graphit, thông thường theo yêu cầu của công nghệ đoạn ống lồng này có thể chia ra 3 đến 5 khúc. Nước thép chảy vào đoạn ống đồng của BKT lớp vỏ nhanh chóng được hình thành. Sau đó, lớp vỏ tiếp tục sinh trưởng trong đoạn ống lồng graphit. Tác dụng của ống lồng graphit này là giảm tốc độ làm nguội và giảm trở lực kéo của phôi thép, độ côn của đoạn ống lồng graphit nhỏ hơn độ côn của đoạn bằng đồng.



Hình 3 – 33. Bình kết tinh.

- Vành phân cách:

Vành phân cách là một đặc điểm của máy đúc kiểu nằm ngang, nó được lắp với miệng rót vào BKT (hình 3 – 33). Thông thường khởi điểm đông đặc của nước thép trong máy ĐLT là ở mặt trắng khuyết trên BKT. Đông đặc theo mặt trong của BKT hình thành một lớp vỏ dày đều nhau, còn trong máy đúc nằm ngang thì rót toàn bộ kín chảy vào BKT. Việc lắp một vành phân cách có tác dụng tạo ra một công năng của mặt lỏng tức khởi điểm đông đặc của nước thép là trên mặt tiếp xúc của nước thép với vành phân cách. Vỏ đông đặc bắt đầu hình thành từ vành phân cách này và lại dễ dàng tách rời khỏi vách phân cách đó. Cho nên, chất lượng của vách phân

cách là một bộ phận cực kỳ quan trọng để đảm bảo chất lượng và sản lượng của phôi đúc. Vách phân cách cần phải có độ cách nhiệt cao, chịu mài mòn thực và khả năng gia công. Hiện nay loại vách phân cách được sản xuất công nghiệp có chất lượng tốt là bằng kim loại gồm nền Niro Bo.

So với máy đúc cong, máy đúc nằm ngang có các đặc điểm sau:

- Chiều cao máy thấp, vốn đầu tư ít, xây dựng nhanh, thích hợp với điều kiện cải tạo của các xưởng luyện thép.

- Hoàn toàn bị kín giữa thùng rót trung gian và BKT, nên thực hiện được đúc rót không oxy hóa, chất lượng phôi tốt, không cần phải có hệ thống đo kiểm và khống chế mặt nước thép trên BKT.

- Trong quá trình đông đặc, phôi không bị uốn và nắn nên những loại thép hợp kim hay thép đặc biệt khó đúc trong máy cong thì có thể đúc trong máy nằm ngang.

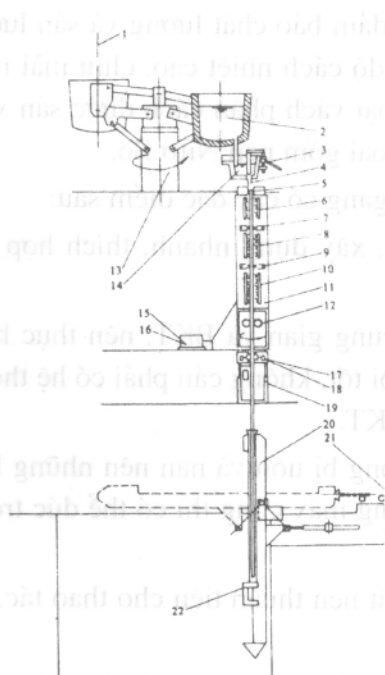
- Lắp toàn bộ thiết bị đều trên mặt đất nên thuận tiện cho thao tác, xử lý sự cố cho đến duy tu bảo dưỡng.

Vấn đề tồn tại và hạn chế của máy đúc nằm ngang là tiết diện của phôi đúc tương đối nhỏ do bị hạn chế bởi lực quán tính lúc kéo phôi. Giá thành ống lồng graphit và vách ngăn của BKT tương đối đắt, tăng giá thành phôi, năng suất thấp.

* Máy đúc kiểu xoay tròn (hình 3 – 34):

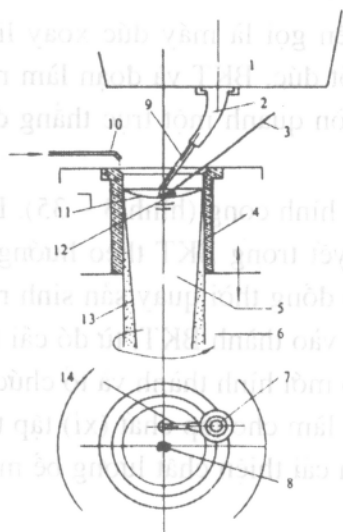
Máy đúc kiểu xoay tròn này còn có tên gọi là máy đúc xoay li tâm kiểu đứng, đúc vành tròn. Trong quá trình rót đúc, BKT và đoạn làm nguội thứ 2 và máy kéo đều cùng với phôi xoay tròn quanh một trục thẳng đứng. Đặc điểm kỹ thuật của loại máy kiểu này là:

- + Thùng rót trung gian có ống rót dài hình cong (hình 3 – 35). Dòng rót lệch tâm rót vào phía 1/3 mặt trăng khuyết trong BKT theo hướng tiếp tuyến của vòng tròn quay. BKT và nước thép đồng thời quay sản sinh ra lực li tâm khiến cho lớp vỏ mới sinh ra dính chặt vào thành BKT, từ đó cải thiện được lần làm nguội thứ nhất có lợi cho lớp vỏ mới hình thành và tổ chức nhỏ mịn. Đồng thời, mặt lõm hình thành do quay làm cho tạp chất (xí) tập trung vào giữa mặt nước thép tiện cho việc vớt sạch cải thiện chất lượng bề mặt và độ sạch của thép



- 1- Dừng cầu vận chuyển thùng rót
- 2- Thùng rót
- 3- Cán nút xoay
- 4- Ống đúc
- 5- BKT
- 6- Vùng 1
- 7- Trục dẫn 1
- 8- Vùng 2
- 9- Trục dẫn 2
- 10- Vùng 3
- 11- Giá đỡ máy
- 12- Máy kéo
- 13- Giàn quay
- 14- Thùng trung gian
- 15, 16- Mô tơ quay
- 17, 18- Máy cắt và cưa
- 19- Đầu trượt
- 20- Máy lật
- 21- Trục vận chuyển
- 22- Xe nhỏ

Hình 3 – 34. Máy đúc kiểu xoay.



- 1- Thùng trung gian
- 2- Ống rót
- 3- Thanh cào xỉ
- 4- BKT rung và xoay
- 5- Cột kim loại lỏng
- 6- Vòng tròn
- 7- Ống đúc cong
- 8, 12- Xi nổi
- 9, 14- Hướng cắt dòng rót
- 10- Dầu hạt cải
- 11- Mặt lõm do xoay
- 13- Vỏ đồng đặc

Hình 3 – 35. Bình kết tinh xoay tròn.

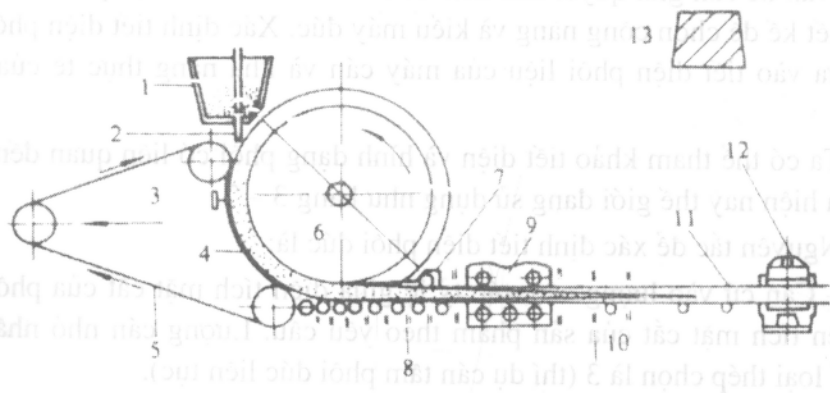
+ Phôi thép đông đặc trong quá trình xoay tròn, nước thép đập mạnh vào tinh thể hình trụ khi kết tinh bị đập vỡ vụn phân ly ra, từ đó mở rộng vùng tinh thể đẳng trục, giảm xốp ở giữa phôi thép.

+ Phôi thép cùng với BKT xoay và đồng thời bị kéo xuống làm cho các vết hàn do rung của bề mặt phôi giảm nhiều.

Phương pháp đúc này rất thích hợp với đúc phôi ống không hàn và phôi tròn, phôi có thể không phải xử lý bề mặt mà trực tiếp cán thành ống thép không hàn.

* Máy đúc kiểu bánh xe lồng máng (hình 3 – 36):

BKT của kiểu máy này là tổ hợp giữa vành bánh xe hình lồng máng (bánh xe làm nguội) với đai thép làm nguội. Nước thép từ thùng rót trung gian rót vào BKT hình cong hình thành lớp vỏ, khi bánh xe tới 90° thì vỏ phôi tiếp tục được làm nguội và đông kết theo vòng quay và tách phôi ra khỏi BKT. Để làm cho phôi đúc tách được ra khỏi bánh xe, người ta lắp tấm dẫn trượt phẳng vào phần cuối của BKT để dẫn phôi thép ra. Sau đó, phôi thép qua một loạt trục lăn nắn thẳng sơ bộ rồi đi vào máy kéo nắn để nắn thẳng.



Hình 3 – 36. Máy đúc liên tục kiểu bánh xe lồng máng.

1– Thùng trung gian

2– Miệng rót

3– Cơ cấu khống chế mặt đúc

4– Băng thép làm nguội

5– Khởi động bằng thép

6– Bánh xe lồng máng làm nguội

7– Tấm dẫn

8– Trục dẫn và định hướng

9– Máy kéo

10– Phun nước làm nguội

11– Phôi đúc

12– Giá đỡ máy

13– Mặt cắt của phôi đúc

Do sự trượt khác nhau giữa BKT và lớp vỏ mà không thể làm cho phôi nguội và đông đặc ổn định, BKT cũng không thể rung nên thu được phôi đúc có bề mặt trơn nhẵn không vết hàn. Thiết kế hợp lý đường kính của bánh xe có thể kết hợp với đai thép làm thành BKT đủ chiều dài để thực hiện kéo nhanh. Phôi đúc có thể đưa cán trực tiếp thực hiện đúc cán liên tục. Đối với một số loại thép khó đúc liên tục trong máy công, dùng sang kiềng máy này có thể thu được hiệu quả sản xuất tốt.

2.2. Thiết bị chính của máy đúc liên tục

2.2.1. Các tham số thiết kế:

Các tham số chính quyết định kích thước tổng thể và thiết bị của máy ĐLT chủ yếu là: tiết diện phôi đúc, tốc độ kéo, đường kính cong của máy và chiều dài cột kim loại lỏng (độ dài luyện kim).

** Tiết diện phôi đúc:*

Sau khi xác định loại thép cần đúc rồi thì hình dạng và kích thước phôi đúc là vấn đề cần giải quyết đầu tiên. Kích thước của tiết diện phôi là căn cứ cho thiết kế để chọn công năng và kiểu máy đúc. Xác định tiết diện phôi chủ yếu dựa vào tiết diện phôi liệu của máy cán và khả năng thực tế của máy đúc.

Ta có thể tham khảo tiết diện và hình dạng phôi có liên quan đến máy cán mà hiện nay thế giới đang sử dụng như bảng 3 – 7.

Nguyên tắc để xác định tiết diện phôi đúc là:

– Căn cứ vào lượng cán, tức tỷ lệ giữa diện tích mặt cắt của phôi đúc với diện tích mặt cắt của sản phẩm theo yêu cầu. Lượng cán nhỏ nhất của một số loại thép chọn là 3 (thí dụ cán tấm phôi đúc liên tục).

Để nền vật liệu được đặc chắc tạo ra tính năng vật lý tốt thì thông thường lực cán đối với thép cacbon thông dụng và thép hợp kim thấp chọn là 6, thép không gỉ và thép bền nhiệt loại 1 nên chọn là 8, thép công cụ và thép gió loại 1 nên chọn là 10. Đối với các loại sản phẩm khác nhau thường yêu cầu lượng cán cũng khác nhau, tính đến hệ số an toàn nhất định nên chọn khoảng 8 ~ 10.

– Phải tính đến sự ăn khớp giữa dung lượng lò thép và năng lực sản xuất của máy đúc. Lò thép cỡ lớn thường phối hợp chọn máy đúc có tiết diện phôi lớn hoặc máy đúc nhiều dòng rót.

– Cần chọn một công nghệ đúc thích hợp, thí dụ: chọn công nghệ đúc kiểu rót nhúng chìm thì kích thước phôi vuông nên > 150 mm, chiều dày của phôi dẹt > 120 mm. Tỷ số chiều rộng và chiều dày nên chọn 1,2 ~ 1,4. Do vùng đông đặc sau cùng của phôi dẹt tập trung trên một đường dài cho nên mức độ xốp và thiên tích ở giữa đều được cải thiện hơn phôi vuông.

Bảng 3 – 7. Loại máy cán và tiết diện phôi.

Máy cán	Tiết diện phôi (mm)
Máy cán thép tròn (dây) tốc độ nhanh	Phôi vuông 100x100 ~ 140x140
Máy cán 400/250	Phôi vuông 90x90 ~ 120x120
	Phôi dẹt < 100x150
Máy cán 500/350	Phôi vuông 120x120 ~ 150x150
	Phôi dẹt < 150x180
Máy cán 650	Phôi vuông 140x140 ~ 200x200
	Phôi dẹt < 160x280
Máy cán tấm 2300	Phôi dẹt (120x200) ~ (700x1000)
Máy cán tấm dầy trung bình 4200	Phôi dẹt 300x(1900~2200)
Máy cán tấm dầy trung bình 4800	Phôi dẹt 350x2400
Máy cán nóng liên tục 1700	Phôi dẹt (200~250)x(700~1600)
Máy cán nóng liên tục 2050	Phôi dẹt (210~250)x(900~1930)

Tóm lại, kích thước tiết diện phôi càng lớn thì chất lượng phôi dễ bảo đảm hơn, nhưng kích thước tiết diện phôi càng nhỏ thì vốn đầu tư và chi phí sản xuất thấp hơn. Bởi vậy cần lựa chọn tiết diện phôi kinh tế tức là kích thước nhỏ nhất mà vẫn đảm bảo được chất lượng phôi.

* Tốc độ kéo: Đọc kỹ ở phần công nghệ 3.1.3.

* Chiều dài cột kim loại lỏng (chiều dài luyện kim):

Thực tế đó chính là chiều dài của máy đúc. Tiêu chí của nó chính là vị trí giới hạn lớn nhất của chiều dài cột kim loại lỏng trong phôi thép (chiều dài tới đông đặc hoàn toàn). Chiều dài này có thể tính theo định luật kết tinh.

Chiều dày kết tinh hoàn toàn là S thì:

$$S = \frac{D}{2} = K\sqrt{\tau} = K\sqrt{\frac{L_f}{V}} \quad (3 - 15)$$

$$\text{Như vậy } L_l = \frac{D^2 V}{4K^2} \quad (mm) \quad (3 - 16)$$

L_l – Chiều dài cột kim loại lỏng, m

D – Chiều dày phôi, mm

V – Tốc độ kéo, m/ph

K – Hệ số kết tinh tổng hợp, mm/ph^{1/2}

Hệ số kết tinh tổng hợp hay còn gọi là hệ số kết tinh bình quân bao gồm cả hệ số kết tinh bình quân trong BKT. Đối với phôi dẹt, hệ số kết tinh trong BKT là $K_{BKT} = 13 \sim 20$ còn hệ số kết tinh tổng hợp $K = 25 \sim 29$. Nếu vùng làm nguội lần 2 bằng mù hóa nước (nhiệt độ trên bề mặt phôi khoảng 825°C) thì $K = 28 \sim 29$ (nếu làm nguội yếu nhiệt độ mặt phôi 950°C) thì $K = 25 \sim 26$. Còn làm nguội bằng không khí và mù hóa nước thì $K = 26 \sim 27$. Từ công thức trên (3 - 16), cho ta thấy chiều dài cột kim loại lỏng tỷ lệ thuận với bình phương chiều dày phôi và tốc độ kéo.

Tất nhiên, khi thiết kế không chỉ tính đến tốc độ kéo lớn nhất mà máy đúc có thể đạt được mà còn phải tính đến cả khả năng tiến bộ của kỹ thuật đúc liên tục sau khi đầu tư, tức là khả năng nâng cao được tốc độ kéo. Bởi vậy, nên căn cứ vào khả năng lớn nhất của chiều dày phôi và tốc độ kéo có thể đúc được để tính chiều dày của cột kim loại lỏng, tức là:

$$L = \frac{D_{\max}^2 \cdot v_{\max}}{4K^2} \quad (m) \quad (3 - 17)$$

Trong đó: L – Chiều dài cột kim loại lỏng của máy đúc

$D_{\max}$ – Chiều dày của phôi thiết kế lớn nhất, mm

$v_{\max}$ – Tốc độ kéo thiết kế lớn nhất, m/ph

K – Hệ số kết tinh tổng hợp, mm/ph^{1/2}

Trên thực tế, tốc độ kéo thường nhỏ hơn tốc độ kéo thiết kế lớn nhất cho nên chiều dài cột kim loại lỏng vẫn nhỏ hơn độ dài luyện kim của máy đúc. Ngoài ra tốc độ kéo luôn luôn thay đổi nên chiều dài cột kim loại cũng luôn luôn theo đó mà thay đổi. Còn chiều dài luyện kim là một con số nhất định không thay đổi.

* Bán kính cong của máy đúc:

Ở đây bán kính cong của máy đúc là chỉ bán kính cong mặt ngoài (m) của phôi đúc – là một tham số quan trọng quyết định đến chiều dày phôi đúc lớn nhất có thể đúc được và chiều cao tổng của máy đúc. Xác định bán kính cong dựa vào tính toán lý thuyết và kinh nghiệm.

– Xác định theo yêu cầu vào đến máy kéo nắn thì phôi thép phải đông đặc hoàn toàn; phôi thép tiến vào đôi trục kéo nắn thứ nhất (nếu máy có nhiều đôi trục kéo nắn) phải đông đặc xong. Tổng chiều dài của khu vực làm nguội, chiều dài cung từ mặt nước thép trong BKT đến vị trí đôi trục kéo nắn đầu tiên như hình 3–37 được tính như sau:

$$L_{ng} = \frac{2\pi R_1 \alpha}{360} + h \quad (m) \quad (3-18)$$

Trong đó:

R_1 – Bán kính cong của đường tâm phôi, m

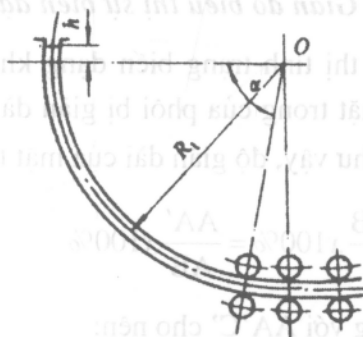
α – Góc tạo bởi đường nằm ngang của đường tâm cong của máy đúc với đường tâm đôi trục kéo nắn thứ nhất, °

h – Khoảng cách từ mặt nước thép trong BKT tới đường nằm ngang của đường tâm cong, m.

Khi dùng BKT cong thì $h = (L/2) - 0,1$. Khi dùng bình kết tinh thẳng thì $h = h_1 + L - 0,1$.

L – Chiều dài bình kết tinh, m

h – Chiều dài đoạn thẳng của 2 vùng kết tinh, m



Hình 3 – 37. Cách tính chiều dài vùng làm nguội lần hai.

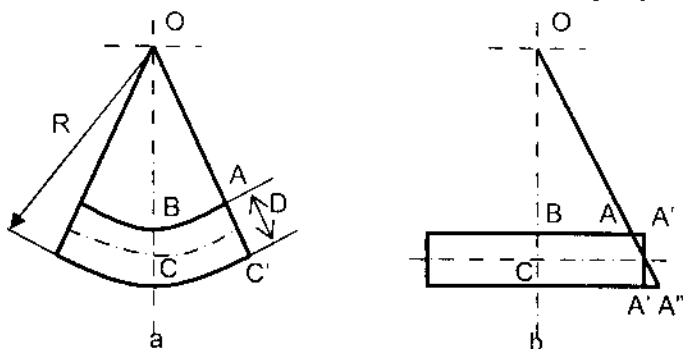
Bán kính cong phải đảm bảo tổng chiều dài vùng làm nguội bằng hoặc lớn hơn chiều dài tâm cột kim loại lỏng (chiều dài luyện kim), tức là:

$$\frac{2\pi R_1 \alpha}{360} + h \geq \frac{D^2}{4K^2} \cdot v$$

$$R_1 \geq \left(\frac{D^2}{4K^2} \cdot v - h \right) \cdot \frac{57,3}{\alpha} \quad (m) \quad (3-19)$$

Khi tính tổng chiều dài vùng làm nguội nên tính thêm chiều dài vùng kéo nắn.

– Xác định theo độ giãn dài bề mặt cho phép khi phôi nắn thẳng. Khi phôi cong tiến hành nắn thẳng thì mặt cong trong bị kéo giãn ra còn mặt cong ngoài thì bị nén ép lại. Khi độ biến dạng của phía mặt bị kéo giãn vượt quá độ giãn dài cho phép của bề mặt phôi đúc thì sẽ sinh ra nứt. Cho nên độ giãn dài khi nắn thẳng cần phải nhỏ hơn độ giãn dài cho phép.



Hình 3 – 38. Biểu đồ thể hiện sự biến dạng khi nắn thẳng.

Hình 3 – 38 biểu thị tình trạng biến dạng khi phôi trước và sau nắn thẳng. Khi nắn thẳng, mặt trong của phôi bị giãn dài ra AA', mặt ngoài của phôi bị ép lại A'AA''. Như vậy, độ giãn dài của mặt trong ϵ là:

$$\epsilon = \frac{A'B - AB}{AB} \times 100\% = \frac{AA'}{AB} \times 100\%$$

Vì OAB đồng dạng với AA'C' cho nên:

$$\epsilon = \frac{A'C'}{OB} \times 100\% = \frac{0,5D}{R - D} \times 100\%$$

Do $R \gg D$ cho nên có thể viết thành:

$$\varepsilon = \frac{0,5D}{R} \times 100\% \quad (3 - 20)$$

Để đảm bảo khi nắn thẳng phôi không bị nứt thì độ giãn dài mặt trong của phôi phải nhỏ hơn độ giãn dài cho phép của bề mặt $[\varepsilon]_{hm}$ tức là $\varepsilon \leq [\varepsilon]_{hm}$.

Như vậy bán kính cong của máy nên là:

$$R \geq \frac{0,5D}{[\varepsilon]_{hm}} \quad (3 - 21)$$

Ở đây quyết định trị số $[\varepsilon]_{hm}$ liên quan đến loại thép, nhiệt độ đúc và yêu cầu chất lượng bề mặt của phôi đúc. Độ giãn dài của bề mặt cho phép đối với thép cacbon thông dụng và thép hợp kim.

$$[\varepsilon]_{hm} = 1,5 \sim 2,0\%$$

Tóm lại, xác định bán kính cong của máy đúc thông thường căn cứ vào kết quả tính toán trên. Kết hợp với yêu cầu sử dụng thực tế mà chọn lớn hơn hoặc bằng trị số lớn nhất trong đó.

Ngoài ra, có thể xác định bán kính cong của máy đúc theo bội số của chiều dày phôi đúc:

$$R = (30 \sim 50) \times D \quad (m)$$

Đối với đúc phôi vuông thép cacbon thông dụng và thép hợp kim thấp:

$$R = (30 \sim 40) \times D \quad (m)$$

Còn thép cacbon chất lượng và thép hợp kim cao thì:

$$R = (40 \sim 50) \times D \quad (m)$$

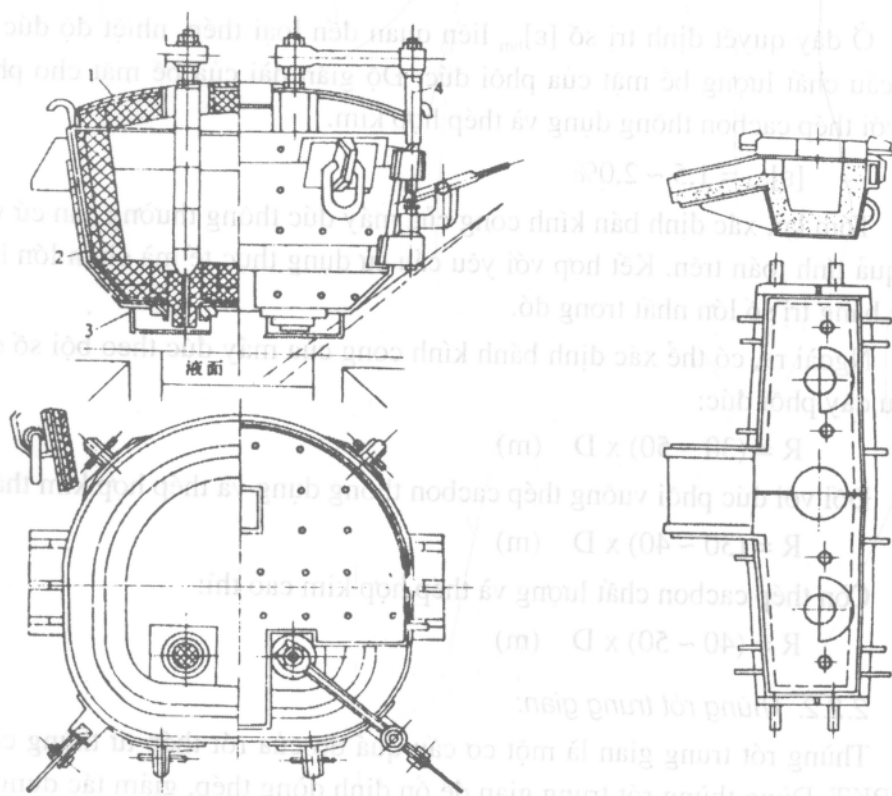
2.2.2. Thùng rót trung gian:

Thùng rót trung gian là một cơ cấu quá độ của rót thép từ thùng chứa vào BKT. Dùng thùng rót trung gian để ổn định dòng thép, giảm tác dụng va đập của dòng thép vào thành BKT, làm cho nước thép có dòng chảy hợp lý, thời gian lắng kéo dài thích hợp để bảo đảm cho việc đồng đều nhiệt độ tạp chất phi kim tách ra nổi lên. Đối với máy đúc nhiều dòng là nơi phân dòng nước thép, đối với đúc nhiều mé liên tục thùng rót trung gian là nơi nước thép còn dư lại rót tiếp tục trong thời gian thay thùng chứa.

* Hình dạng của thùng rót trung gian:

Để chế tạo thùng rót được thuận lợi, người ta tìm mọi cách để hình dạng được đơn giản, thường là hình thang cân. Ở máy đúc nhiều dòng để giảm dòng xoáy khi rót nước thép, điểm rót của thùng chứa cần duy trì một khoảng cách nhất định với miệng rót của thùng trung gian, thông thường không nhỏ hơn 500 mm và tận dụng mọi khả năng để khoảng cách đó không đổi, giảm thiểu diện tích tản nhiệt nên đã phát triển loại thùng rót trung gian dị hình như thùng rót trung gian hình chữ T, hình thang, hình chữ V.

* Kết cấu của thùng rót trung gian:



Hình 3 – 39. Thùng rót trung gian. Hình 3 – 40. Thùng rót trung gian của

1– Nắp

3– Miệng rót

máy đúc 4 dòng vuông.

2– Thùng

4– Cơ cấu cần nút

Nói chung, thùng rót trung gian bao gồm vỏ thùng, nắp thùng, cần nút và miệng rót. Hình 3 – 39 là kết cấu thùng rót trung gian phối dẹt 2 miệng

rót. Hình 3 - 40 là thùng rót trung gian phôi vuông 4 dòng. Vỏ ngoài dùng thép tấm dày khoảng 12 ~ 20 mm hàn lại, yêu cầu có đủ độ vững chắc có thể rót trong thời gian dài, điều kiện nhiệt độ cao khi di chuyển, làm sạch xỉ và lật ngược thùng không biến dạng. Áo thùng xây gạch chịu lửa, thùng chứa có dung tích lớn còn thiết kế thêm tường chắn xỉ và tường thấp dùng để ngăn cách dòng rót của thùng chứa chảy xuống làm khuấy động nước thép trong thùng rót trung gian để dòng thép rót của thùng rót trung gian đều, có lợi cho tạp chất phi kim tách ra nổi lên. Cùng với sự phát triển của kỹ thuật đúc liên tục, nhiều loại thép, đúc nhiều mẻ nối tiếp nhau và qui mô lớn yêu cầu chất lượng đối với vật liệu chịu lửa của áo thùng rót, gạch bàn trượt, gạch miệng rót kiểu nhúng chìm cũng càng cao để giảm thiểu tạp chất phi kim đưa vào nước thép. Dung lượng của thùng rót trung gian là một tham số kết cấu chính của thùng rót trung gian, thông thường bằng 20 ~ 40% dung lượng thùng chứa. Đối với thùng chứa nhỏ dùng giới hạn trên, thùng chứa lớn dùng giới hạn dưới, duy trì được lượng nước thép trong thùng trung gian rót bình thường được 5 phút. Nắp thùng rót trung gian chủ yếu là để giữ nhiệt giảm tổn thất nhiệt cho nước thép. Thùng nhỏ thì nắp liền khối, còn thùng lớn thì nhiều bộ phận hợp thành, nắp cũng dùng thép tấm hàn lại trong xây gạch chịu lửa trên nắp có cửa rót, lỗ cân nút và lỗ gia nhiệt.

* Cách khống chế lưu lượng nước thép:

Có 3 cách được sử dụng: khống chế bằng cân nút, đường kính miệng rót không đổi và bàn trượt nút.

- *Cân nút:*

Kết cấu tương tự như kết cấu của thùng chứa, để có thể ngâm lâu trong nước thép ở nhiệt độ cao đều có dùng không khí nén hoặc khí trơ làm nguội ở giữa cân nút. Khống chế bằng giám sát trực tiếp mặt nước thép trong bình kết tinh, nâng hạ để điều chỉnh lượng nước thép chảy vào bình kết tinh, thao tác phải linh hoạt, chuẩn, hoàn toàn có thể điều chỉnh một cách có hiệu quả dòng rót.

- *Theo đường kính miệng rót cố định:*

Đối với máy đúc phôi vuông nhỏ thường dùng chế tạo bằng vật liệu zircon. Khống chế bằng kích thước miệng rót cố định và chiều cao mặt nước thép trong thùng rót.

Lưu lượng nước thép chảy qua miệng rót có thể tính theo công thức sau:

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot \rho \cdot d^2 \sqrt{2gH} \quad (l/s) \quad (3 - 22)$$

Trong đó:

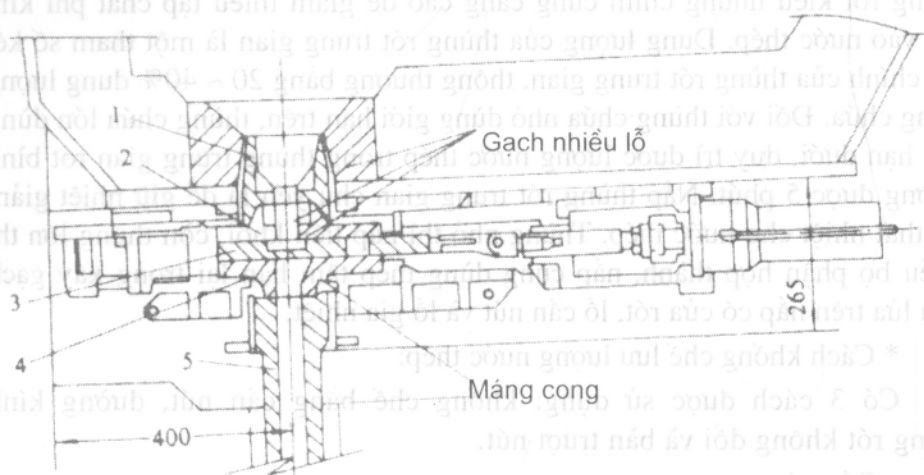
Q – Lưu lượng nước thép, t/s ρ – Tỷ trọng của nước thép, t/m³

g – Gia tốc trọng trường, m/s² H – Chiều cao mặt nước thép, m

d – Đường kính miệng rót, m

Từ đây có thể thấy lượng nước thép chảy ra trong một đơn vị thời gian tỷ lệ thuận với chiều cao mặt nước thép và đường kính miệng rót. Sau khi chọn kích thước miệng rót và chiều cao mặt nước thép cố định thì lượng nước thép chảy ra từ thùng rót trung gian sẽ là ổn định.

- Kiểu bàn trượt nút:



Hình 3 – 41. Cơ cấu bàn trượt 3 khối.

1– Miệng rót trong

4– Tấm cố định dưới

2– Tấm cố định trên

5– Miệng rót chìm

3– Tấm trượt

Kết cấu như hình 3 – 41 hợp thành, gồm 3 tấm trượt. Tấm trượt trên và tấm trượt dưới cố định không động, tấm trượt giữa trượt thay đổi vị trí để thay đổi diện tích miệng rót điều chỉnh lưu lượng nước thép. Ưu điểm của cách khống chế này là an toàn, đáng tin cậy, không xảy ra sự cố chảy thép, rất thích hợp dùng cho thùng rót trung gian rót thép liên tục và đồng thời có thể thực hiện khống chế tự động.

Gần đây ở nước ngoài có một số nhà máy vẫn lắp kiểu cần nút cho thùng rót trung gian loại vừa và lớn, nhưng không khống chế nổi dòng thép mà chỉ sử dụng lúc đóng và mở mà thôi. Vì khi khởi động tấm trượt giữa

không trượt được, khi sắp kết thúc tránh xỉ trong thùng rót cuốn luôn vào miệng rót, nếu dùng cần nút thì có thể ngăn được dòng xoáy có nhiều xỉ đó.

Nói tóm lại, việc sử dụng kiểu khống chế nào vẫn còn được tiếp tục nghiên cứu và dựa vào điều kiện thực tế để quyết định.

2.2.3. Bình kết tinh:

BKT là một bộ phận quan trọng nhất của thiết bị máy ĐLT, mọi người gọi nó là trái tim của máy ĐLT. Nước thép đông đặc trong BKT thành một lớp vỏ ngoài có hình dạng mặt cắt và chiều dày nhất định theo yêu cầu để khi kéo ra khỏi BKT chịu tác dụng tổng hợp của ứng suất nhiệt và chịu ứng suất cơ vẫn đảm bảo lớp vỏ không bị kéo vỡ và khuyết tật biến dạng cũng như nứt... Vì thế, vai trò của BKT rất quan trọng đối với năng lực sản xuất của máy đúc cũng như chất lượng phối đúc.

Công nghệ đúc liên tục yêu cầu BKT:

- Có khả năng truyền nhiệt tốt để làm cho nước thép trong BKT nhanh chóng đông đặc thành một lớp vỏ ban đầu đủ chiều dày.

- Kết cấu vững chắc, cố đơn giản hóa, dễ chế tạo, tháo lắp thuận tiện điều chỉnh và duy tu bảo dưỡng.

Có khả năng chịu mài mòn tốt và tuổi thọ cao.

Với điều kiện đảm bảo độ bền của BKT như kể trên thì trọng lượng BKT cần nhỏ nhất để giảm nhỏ lực quán tính khiến sự rung động của BKT được bình ổn đáng tin.

- Có đủ độ bền và độ cứng để giảm thiểu biến dạng cong vênh và mài mòn cơ của lớp áo trong BKT và duy trì được tính ổn định, không thay đổi kích thước của không gian BKT.

* Vật liệu làm BKT:

Căn cứ vào yêu cầu của công nghệ đúc liên tục đối với BKT, vật liệu tránh tiếp xúc với nước thép và vỏ phôi thép, yêu cầu làm việc ở phạm vi nhiệt độ 200 ~ 500°C, có khả năng dẫn nhiệt tốt và cơ tính tốt. Trong các vật liệu kim loại thì đồng thau (đồng tím) là tương đối lý tưởng, nó sẵn có tính dẫn nhiệt tốt lại chịu được mài mòn và độ bền cơ nhất định, nhiệt độ chảy cũng tương đối cao (1080°C), đồng thời lại không dễ dính bám với thép.

Để cải thiện thêm đặc tính ở nhiệt độ cao của đồng cần cho thêm vi lượng bạc (Ag), crôm (Cr) hoặc zircon (Zr) tạo ra hợp kim đồng – bạc, đồng – crôm, đồng – zircon có tính năng tương đối tốt ở nhiệt độ cao. Gọi tên chung là hợp kim đồng hóa cứng. Đặc tính như bảng 3 – 8.

Bảng 3 – 8. Cơ tính của vật liệu làm BKT.

Thành phần hóa học		Cơ tính				Suất dẫn điện, % (20°C)
Cu, %	Nguyên tố khác, %	σ_b , MPa	$\sigma_{0,2}$, MPa	δ , %	Độ cứng, HB	
99,9		200	40	40	45	98
Cu + Ag 99,9	Ag 0,07–0,12	250	200	10	80	98
Cu + Ag 99,9	Ag 0,07–0,12 P 0,004–0,015	250	200	15	80	85
Cu + Ag 98,0	Cr 0,5–1,5	350	280	10	110	80
Cu + Ag 98,0	Cr 0,5–1,5 Zr 0,08–0,3	350	280	10	110	70

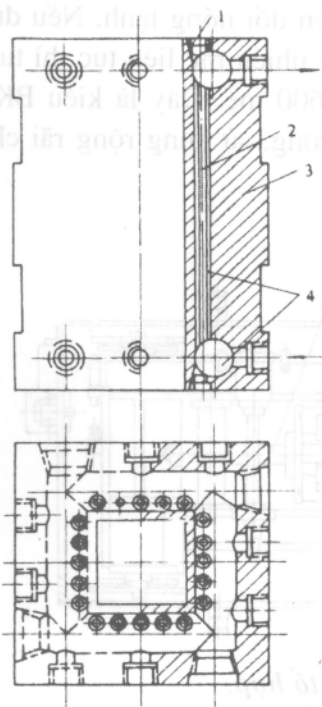
Ngoài ra, để nâng cao tuổi thọ BKT, giảm thiểu sự mài mòn thành BKT, tránh lớp vỏ phôi tiếp xúc trực tiếp với thành bình bằng đồng tạo ra các vết nứt hình sao, người ta còn mạ một lớp crôm trên bề mặt làm việc của BKT, chiều dày của lớp mạ khoảng 0,03 ~ 0,08 mm. Cũng có thể trước mạ một lớp niken sau mạ thêm một lớp crôm. Sai số của chiều dày lớp mạ $\leq 0,01$ mm, và không cho phép trên bề mặt có những vật va chạm, xước, hố xỉ, u lồi rõ rệt.

* Kiểu và kết cấu BKT:

BKT có 2 loại thẳng và cong. Mấy năm gần đây, để cải thiện sự phân bố tạp chất phi kim trong phôi đúc của máy đúc cong người ta vẫn sử dụng BKT thẳng. BKT có các kiểu mặt cắt vuông tròn, dẹt và dị hình. Kết cấu BKT có kiểu cả khối, kiểu lồng ống và kiểu tổ hợp.

- Kiểu BKT cả khối (hình 3 - 42):

Là gia công bằng rèn hoặc đúc cả khối đồng (Cu) mà thành. Xung quanh thành bình khoan các lỗ thông nước làm nguội. Kiểu này bền chắc, ít biến dạng, tuổi thọ dài nhưng giá thành chế tạo cao, khó bảo dưỡng, chỉ dùng cho máy đúc thẳng, hiện nay ít dùng.



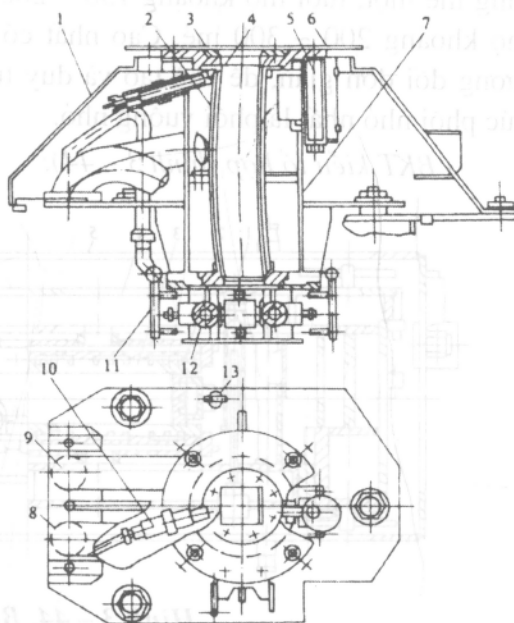
Hình 3 – 42. BKT kiểu cả khối

1– Đầu nút

2– Thanh giữa

3– Thân BKT

4– Đường ống làm nguội



Hình 3 – 43. BKT kiểu ống
lồng vào nhau

1– Chụp ngoài

2– Ống nước trong

3– Nắp dầu bôi trơn

4– Ống đồng BKT

5– Nguồn phóng xạ

6– Tấm dầy

7– Ống nước ngoài.

8– Ống cấp nước

9– Ống thoát nước

10– Cơ cấu nổ

11– Vành nước

12– Trụ chân đứng

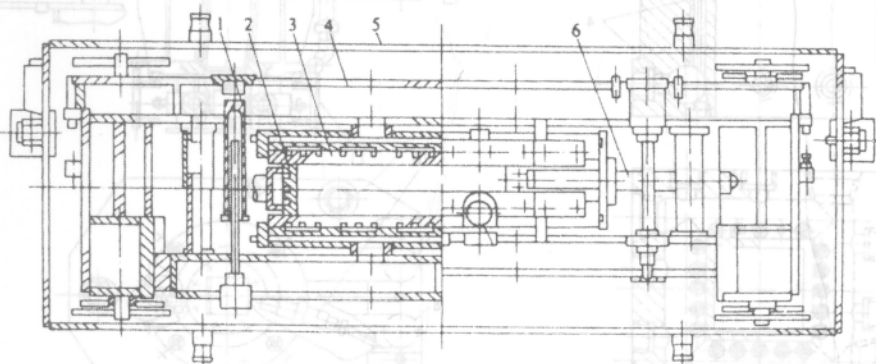
13– Chốt định vị

- BKT kiểu ống lồng vào nhau (hình 3 – 43);

Dùng ống đồng không hàn uốn cong, ngoài lồng ống thép và chân trụ, giữa ống đồng và ống thép có một khe hở khoảng 7 mm thông nước làm nguội tấm nắp trên dưới zoăng cao su, ống cấp nước hợp thành BKT. Áp lực nước làm nguội dùng khoảng 0,39 ~ 0,59 MPa, tốc độ chảy 6 ~ 8 m/s. Để an toàn và nâng cao hiệu suất truyền nhiệt, phía trên khe nước có ống thoát để tránh vì quá nhiệt mà có thể sản sinh ra hơi nước. Tuổi thọ của BKT này

quyết định ở phần ống đồng chịu được số lần biến đổi nóng lạnh. Nếu đúc từng mẻ một, tuổi thọ khoảng 150 ~ 200 mẻ, đúc nhiều mẻ liên tục thì tuổi thọ khoảng 200 ~ 300 mẻ. Cao nhất có thể tới 600 mẻ. Đây là kiểu BKT tương đối đơn giản, dễ chế tạo và duy tu bảo dưỡng, sử dụng rộng rãi cho đúc phôi nhỏ nhất là phôi vuông nhỏ.

- BKT kiểu tổ hợp (hình 3 - 44):



Hình 3 - 44. BKT kiểu tổ hợp.

1- Cơ cấu vận chỉnh chiều dài

4- Giá đỡ BKT

2- Mặt hẹp thành trong

5- Giá rung

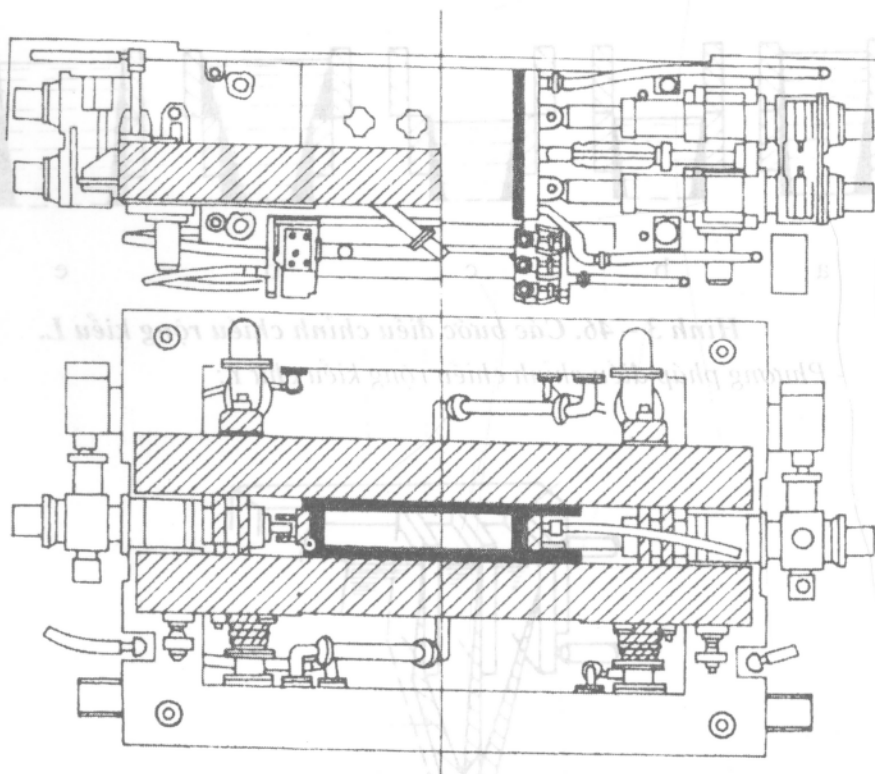
3- Mặt hẹp thành ngoài

6- Cơ cấu điều chỉnh chiều rộng

BKT này gồm có 4 khối tạo ra thành bình xung quanh. Mỗi một khối gồm có tấm đồng (Cu) trong và tấm thép ngoài dùng ốc vít vít chặt lại. Tấm đồng bào nhiều rãnh nước khi ép hai tấm đồng và thép lại sẽ hình thành nhiều khe nước làm nguội. Nước làm nguội đi từ dưới lên. Bốn khối ghép lại hình chữ nhật thì tấm mặt rộng ép tấm mặt hẹp lại và phía ngoài tấm rộng dùng vít hai đầu vít chặt lại và dùng lò xo cánh bướm ép chặt và lắp vào một khung giá đỡ. Kết cấu như vậy rất vững chắc. Để cải thiện chất lượng phôi ở bốn góc thường vê tròn, tất nhiên không dễ gia công cho nên thường người ta đệm bốn góc các tấm đồng thau dày khoảng 3 ~ 5 mm có góc nghiêng 45° chế tạo và điều chỉnh thuận tiện hơn, hiệu quả làm nguội cũng khá tốt.

* Bình kết tinh có thể điều chỉnh chiều rộng:

Để có thể đúc được các phôi thép dẹt có chiều rộng khác nhau (hình 3 - 45) mà không phải dùng rút lại và vẫn đảm bảo cấp phôi nóng cho xưởng cán liên tục. Hiện nay đã phát triển một loại BKT kỹ thuật mới có thể điều chỉnh chiều rộng.



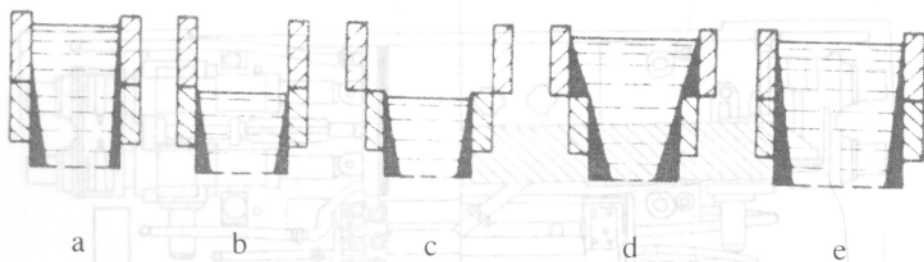
Hình 3 – 45. BKT phôi dẹt có thể điều chỉnh chiều rộng.

Có hai cách điều chỉnh chiều rộng của BKT:

- Cách điều chỉnh chiều rộng kiểu góc L:

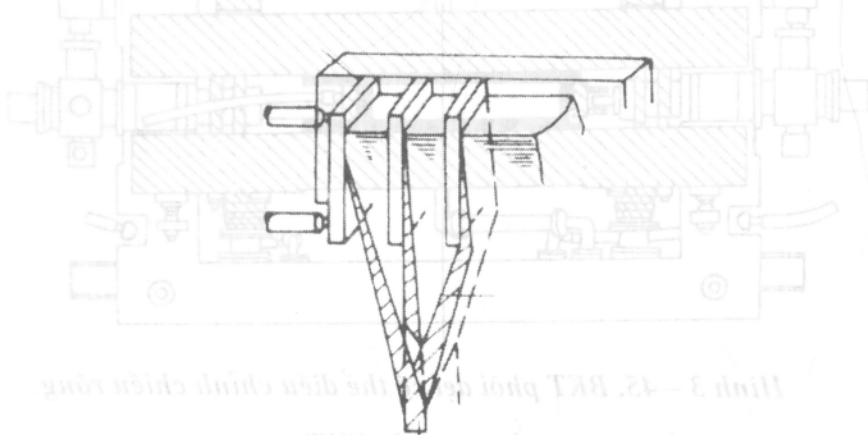
Cách này là điều chỉnh chiều rộng chia thành 2 đoạn trên và dưới, các đoạn đều có cơ cấu tự điều chỉnh chiều rộng mà nguyên lý điều chỉnh chiều rộng như hình 3 – 46.

Các bước điều chỉnh chiều rộng: 1– trạng thái đúc bình thường, 2– dùng rút thép để mặt nước thép tụt xuống tới nửa phần dưới bình kết tinh, ngừng kéo và rung BKT, 3– điều chỉnh rộng ra hoặc hẹp lại nửa phần trên BKT, 4– tiếp tục rút để mặt nước thép dâng lên đến phần trên của BKT trở lại trạng thái bình thường, 5– kéo rộng hoặc thu nhỏ phần dưới BKT cho đều với phần trên và khôi phục kéo và rung trở lại trạng thái làm việc rút đúc bình thường. Phương pháp này khi điều chỉnh chiều rộng, hướng kéo rộng hoặc thu nhỏ chiều rộng phôi có dạng hình L cho nên gọi là điều chỉnh chiều rộng kiểu L. Do khi điều chỉnh chiều rộng có một khoanh khắc ngăn dừng rút đúc làm cho đoạn đó của phôi phải cắt bỏ.



Hình 3 – 46. Các bước điều chỉnh chiều rộng kiểu L.

- Phương pháp điều chỉnh chiều rộng kiểu chữ Y:



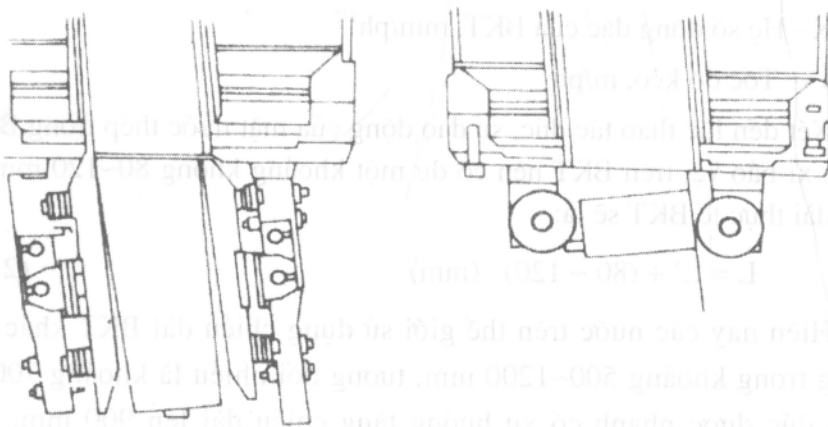
Hình 3 – 47. Điều chỉnh chiều rộng không cần ngừng rót.

Quá trình điều chỉnh chiều rộng như hình 3 – 47. Trong trạng thái không dừng rót thậm chí không giảm tốc độ kéo làm cho mặt hẹp của BKT từ từ theo hướng mở rộng hoặc thu hẹp di động vô cực, từ đó mà thay đổi kích thước cần thiết của phôi. Cơ cấu điều chỉnh mặt hẹp của BKT còn có thể qua điều chỉnh độ côn của mặt hẹp BKT đồng thời với việc cưỡng chế biến dạng phôi đúc thích ứng với lượng co ngót do đông đặc của hướng độ rộng phôi và tận dụng giảm thiểu trở lực ma sát của lớp vỏ với BKT và khe hở sản sinh ra.

* BKT nhiều cấp:

Dùng BKT nhiều cấp cho máy đúc phôi vuông tốc độ kéo nhanh (hình 3 – 48). BKT nhiều cấp là tổ hợp BKT kiểu ống hoặc tổ hợp cấp thứ nhất dài khoảng 800 mm với cấp thứ hai cố định khoảng 300 mm ở phía dưới. Cấp

thứ hai tổ hợp bởi bốn khối đồng và có lò xo ép nhẹ lên trên mặt phôi, các mặt bên của phôi đều lắp các vòi phun nước làm nguội. Ưu điểm của BKT kiểu này là phôi đúc có được điều kiện nguội và đỡ giữ tốt hơn từ lực ma sát của mặt BKT với mặt phôi tương đối nhỏ nên giảm được nguy cơ biến dạng ở cạnh phôi vuông và kéo thủng. Cho nên nó có thể đảm bảo chất lượng phôi đúc, giảm hiện tượng phôi bị thủng, đạt được tốc độ kéo càng cao. Công ty Concast đã thiết kế kiểu BKT nhiều cấp chuyên dùng cho máy đúc phôi vuông nhỏ tốc độ kéo lớn hơn 3 m/phút.



BKT nhiều cấp

BKT có trụ chân đứng

Tốc độ đúc, m/ph	4,0 ~ 4,3	3,1 ~ 3,3
Xác suất chảy thép	< 1%	1%

Hình 3 – 48. So sánh BKT nhiều cấp và BKT có trụ chân đứng.

* Các tham số thiết kế BKT:

- Kích thước tiết diện BKT:

Kích thước tiết diện BKT xác định việc làm nguội phôi xét đến các nhân tố biến dạng lúc co ngót và uốn nắn trong quá trình đông đặc của phôi thép. Tiết diện BKT nên lớn hơn tiết diện (mặt cắt) của phôi đúc, thường lớn hơn khoảng 1 ~ 3%.

- Chiều dài BKT:

Xác định chiều dài BKT căn cứ theo chiều dày lớp vỏ phôi khi ra khỏi BKT, nếu chiều dày quá mỏng dễ biến dạng thậm chí dễ bị thủng. Theo kinh nghiệm của thực tiễn sản xuất chiều dày lớp vỏ khi ra khỏi BKT nên lớn hơn

hoặc bằng 8 ~ 15 mm (phôi nhỏ giới hạn dưới, phôi lớn giới hạn trên). Bởi vậy cho nên chiều dài hữu ích L của BKT có thể suy ra từ qui luật đồng đặc:

$$L = \left(\frac{\delta}{K} \right)^2 \cdot v \quad (mm) \quad (3 - 23)$$

Trong đó:

δ – Chiều dày phôi ra khỏi BKT, mm

K – Hệ số đồng đặc của BKT, mm/ph^{1/2}

v – Tốc độ kéo, m/ph

Xét đến lúc thao tác đúc, sự dao động của mặt nước thép trong BKT và đúc có xỉ bảo vệ, trên BKT nên có dư một khoảng không 80~120 mm. Nên chiều dài thực tế BKT sẽ là:

$$L = L' + (80 \sim 120) \quad (mm) \quad (2 - 24)$$

Hiện nay các nước trên thế giới sử dụng chiều dài BKT khác nhau, thường trong khoảng 500~1200 mm, tương đối nhiều là khoảng 700 mm. Do để đúc được nhanh có xu hướng tăng chiều dài lên 900 mm. Trước đây Liên Xô (cũ) đã sử dụng BKT có chiều dài lên đến 1200~1500 mm. Nhưng BKT quá dài không những sau khi hình thành khe hở hiệu quả truyền nhiệt kém mà còn ảnh hưởng đến sự đồng đặc của phôi đồng thời gây ra lãng phí.

- *Độ côn của BKT:*

Phôi thép trong BKT đồng đặc co ngót nên mặt phôi tách khỏi BKT tạo ra một khe hở ảnh hưởng xấu đến khả năng truyền nhiệt và phát triển của chiều dày lớp vỏ phôi. Bởi vậy cho nên, khi thiết kế BKT thu nhỏ tiết diện phía dưới của BKT lại hình thành một độ côn ngược.

Độ côn ngược của BKT có thể xác định theo công thức sau:

$$\varepsilon = \frac{S_1 - S_2}{S_1} \times 100\% \quad (3 - 25)$$

Trong đó: S_1 – Tiết diện mặt cắt phía trên của BKT

S_2 – Tiết diện mặt cắt phía dưới của BKT

Đối với BKT đúc phôi det, do co ngót chiều rộng lớn hơn chiều hẹp nên độ côn tính theo phía trên và dưới của mặt rộng:

$$\varepsilon = \frac{t_1 - t_2}{t_1} \times 100\% \quad (3 - 26)$$

Trong đó: t_1 – Phía trên của mặt rộng

t_2 – Phía dưới của mặt rộng

Tất nhiên mặt rộng cũng cần phải tính đầy đủ đến sự co ngót do đông đặc, thông thường chiều dài mặt hẹp phía trên cho sai số dương, còn chiều dài mặt hẹp phía dưới sai số âm để thực hiện độ côn ngược của mặt rộng. Độ côn ngược của BKT là một tham số hết sức quan trọng, nếu độ côn quá nhỏ thì vỏ nhanh tách khỏi thành BKT tạo nên khe hở, ảnh hưởng xấu đến hiệu quả làm nguội dẫn đến lớp vỏ quá mỏng dễ xuất hiện biến dạng lõm bụng, thậm chí kéo thủng. Ngược lại độ côn quá lớn sẽ làm cho ma sát giữa mặt phôi và BKT tăng lên, tăng nhanh mài mòn phía dưới BKT. Do vậy, lựa chọn độ côn ngược của BKT thích đáng là cần phải nghiên cứu và xác định hệ số co ngót ở trạng thái nhiệt độ cao của các loại thép.

Hiện nay, căn cứ vào kinh nghiệm thực tế độ côn ngược của BKT phôi vuông chọn 0,4 ~ 0,8%, độ côn ngược của mặt hẹp BKT phôi det chọn 0,5 ~ 1%.

- *Diện tích khe nước của BKT:*

Nước thép hình thành lớp vỏ trong BKT mà tỏa ra một lượng nhiệt chủ yếu là do nước làm nguội mang đi. Cho nên, lúc thiết kế BKT xác định một cách hợp lý diện tích khe nước là hết sức quan trọng. Diện tích khe nước F có thể tính theo công thức sau:

$$F = \frac{10000}{36} \cdot \frac{L \cdot Q}{V_{\infty}} \quad (mm^2) \quad (3 - 27)$$

Trong đó:

L – Chu vi BKT, m

Q – Lượng nước tiêu hao cho 1 đơn vị chiều dài chu vi ($m^3/h.m$), thường chọn $Q = 100 \sim 160 m^3/h.m$

V_{∞} – Tốc độ chảy của nước làm nguội trong khe nước, m/s, thường chọn $V_{\infty} = 6 \sim 10 m/s$

- *Bôi trơn BKT:*

Trong đúc thép liên tục, bôi trơn tốt thành BKT là một trong những biện pháp công nghệ quan trọng để đảm bảo chất lượng bề mặt phôi đúc tốt và sản xuất bình thường của máy đúc. Bôi trơn tốt thành BKT có thể tránh được sự dính chặt lớp vỏ phôi mới kết tinh và thành BKT, giảm trở lực ma sát giữa vỏ phôi và thành BKT, cải thiện sự truyền nhiệt, từ đó mà cải thiện được chất lượng bề mặt phôi và kéo dài tuổi thọ sử dụng BKT.

Cơ lý của bôi trơn BKT: Khi dầu bôi trơn chảy đều dọc theo thành BKT (dựa vào số liệu đo thực tế nhiệt độ thành BKT khoảng 200°C), dưới tác dụng của nhiệt độ cao của nước thép, một bộ phận dầu bôi trơn cháy bốc khói, còn lại bộ phận dầu trơn thì chảy xuống dọc theo thành BKT và tạo thành một lớp màng dầu dày khoảng 0,025 ~ 0,05 mm giữa thành BKT và vỏ phôi, nên có tác dụng bôi trơn.

Thông thường dùng dầu hạt cải làm chất bôi trơn truyền thống. Hàm lượng axit của dầu hạt cải cao, thành phần tro ít, độ nhớt vừa phải, nhiệt độ cháy cao, lúc cháy sinh ra ngọn lửa sáng, không ảnh hưởng đến thao tác mà giá cả tương đối rẻ, mấy năm gần đây có dùng một số dầu khoáng vật và dầu tổng hợp làm chất bôi trơn.

BKT dùng xỉ bảo vệ bôi trơn, không phải dùng dầu bôi trơn nữa. Xỉ bảo vệ trong BKT có thể tránh được tái oxy hóa cho nước thép và mất nhiệt trên bề mặt nước thép, giữ lại tạp chất phi kim nổi lên, lớp xỉ nóng chảy dưới tác dụng của áp lực tĩnh của nước thép, rung của BKT chuyển động xuống dưới theo vỏ phôi điền kín vào khe hở giữa BKT và phôi hình thành một lớp màng xỉ mỏng có tác dụng bôi trơn.

2.2.4. Cơ cấu rung bình kết tinh:

Mục đích rung BKT là để tránh lớp vỏ mới đông đặc dính chặt vào thành BKT làm cho kéo bị đứt. Trên thực tế, tác dụng rung BKT là để cưỡng chế tháo khuôn. Do BKT rung tạo điều kiện bôi trơn rất tốt cho thành bình vừa giảm thiểu lực ma sát vừa có thể tránh được nước thép dính chặt với thành bình. Khi dính mà rung có thể cưỡng chế tháo khuôn, khử dính bám. Nếu như lớp vỏ trong trong BKT bị kéo nứt vì rung lại có thể làm cho lớp vỏ được điền bù, cải thiện chất lượng bề mặt của phôi đúc.

Yêu cầu rung BKT là: “Cách rung” làm sao để có thể phòng tránh một cách có hiệu quả sự dính bám của lớp vỏ mà gây ra sự cố kéo thủng. “Tham số của rung” làm sao có lợi cho cải thiện chất lượng bề mặt phôi thép tạo ra được một bề mặt nhẵn bóng. “Cơ cấu của rung” có thể thực hiện chuẩn xác quỹ tích cung tròn không gây ra gia tốc quá lớn dẫn đến hiện tượng xung và

lắc. “Chế tạo thiết bị”, lắp đặt và duy tu thuận tiện, dễ dàng xử lý sự cố, hệ thống truyền động đủ sức và an toàn. Cơ cấu rung của BKT bao gồm 2 phần: một là phương thức rung BKT, hai là kết cấu của cơ cấu rung BKT.

*** Phương thức rung của BKT:**

Qui luật rung của bình kết tinh là chỉ qui luật thay đổi của tốc độ chuyển vận BKT trong khi rung. Phương thức rung của máy đúc liên tục đã từng có 3 phương thức sau:

- Rung đồng bộ:

Đây là phương thức sử dụng một cách rộng rãi ở thời kỳ đầu. Giả sử V là tốc độ kéo, V_m là tốc độ rung của BKT (V_{m2} là tốc độ xuống, V_{m1} là tốc độ lên). Đặc điểm của rung đồng bộ là khi BKT đi xuống đồng bộ chuyển động với phôi, sau đó đi lên lớn gấp 3 lần tốc độ kéo. Tức là thỏa mãn điều kiện sau đây:

$$\text{Khi đi lên: } V_{m1} = 3V$$

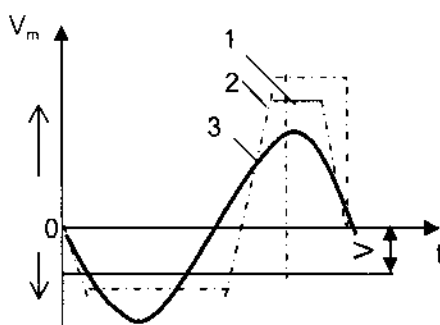
$$\text{Khi đi xuống: } V_{m2} = V$$

Đường cong biểu thị đặc tính rung kiểu này như đường cong 1 trong hình 3 – 49. Tại điểm chuyển tiếp đi xuống và đi lên, tốc độ thay đổi rất lớn. Về lý thuyết, gia tốc tức thời ở điểm này là rất lớn đều không có lợi cho chất lượng bề mặt và thiết bị. Đặc biệt là để thực hiện đồng bộ một cách chặt chẽ cần phải đảm bảo sự ăn khớp giữa cơ cấu rung và cơ cấu kéo phôi nên cơ cấu tương đối phức tạp. Bởi vậy cho nên, trong các thiết kế mới đã không sử dụng kiểu rung này nữa.

1– Rung đồng bộ

2– Rung bậc thang

3– Rung hình sin



Hình 3 – 49. Quy luật rung của BKT.

- Rung trượt âm:

Đây là một cải tiến kiểu rung đồng bộ. Tốc độ rung BKT là thay đổi theo qui luật hình thang như đường 2 trong hình 3 – 49 nên kiểu rung này còn gọi là kiểu rung tốc độ hình thang. Đặc điểm của kiểu rung này là khi đi

xuống thì tốc độ rung hơi cao hơn tốc độ kéo một chút gọi là trượt âm hoặc trượt tách như vậy có lợi cho cường chế tách khuôn và ép liền vết nứt của lớp vỏ. Sau đó lại đi lên với tốc độ tương đối lớn. Từ đường biểu diễn 2, ta có thể thấy quá trình lên xuống của BKT đều có một khoảng thời gian chuyển động ổn định như vậy có lợi cho sự phát triển của lớp vỏ.

Khi thiết kế tốc độ V_{m2} tính theo độ trượt âm ε như sau:

$$V_{m2} = V (1 + \varepsilon) \quad (\text{m/ph}) \quad (3 - 28)$$

$$\varepsilon = \frac{V_{m2} - V}{V} \times 100\% \quad (3 - 29)$$

Trong công thức trên thường chọn độ trượt âm $\varepsilon = 5 \sim 10\%$.

Thời gian trượt âm càng dài thì càng có lợi cho tách khuôn, nhưng không nên quá dài thường chỉ khoảng 60% chu kỳ hay $V_{m1} = (2,8 \sim 3,2)V_{m2}$. Kiểu rung này thỏa mãn yêu cầu của công nghệ đúc liên tục, có lợi cho hàn gắn các vết nứt lớp vỏ và thích hợp nâng cao tốc độ kéo. Dùng cơ cấu bánh răng lệch tâm là thực hiện được cơ cấu rung kiểu này.

- *Rung hình sin:*

Đây là một trong những kiểu rung được sử dụng rộng rãi hiện nay. Quan hệ giữa tốc độ rung và thời gian thành hình sin như đường 3 (hình 3 - 49). Đặc điểm kiểu rung hình sin là tốc độ trong toàn bộ quá trình rung BKT là không đổi nên luôn tồn tại sự chuyển động tương đối giữa phôi và BKT. Ưu điểm của cách này là tốc độ thay đổi trong quá trình rung chậm không có xung lực. Có thể thực hiện rung trượt một cách có hiệu quả lại có thể thích hợp với tăng tốc độ kéo, dễ thay đổi tần số và biên độ rung, thực hiện được yêu cầu tần số rung nhanh, biên độ nhỏ để cải thiện chất lượng bề mặt phôi đúc. Kết cấu đơn giản chỉ cần một cơ cấu lệch tâm là có thể thực hiện được, dễ chế tạo lắp đặt và duy tu thuận lợi.

* Tham số của rung BKT:

- *Quan hệ giữa biên độ và tần số:*

Tham số của chuyển động rung BKT chủ yếu là biên độ và tần số. Thời gian 1 lần rung lên và xuống BKT gọi là chu kỳ rung, ký hiệu là T , đơn vị là giây (s). Số lần rung trong 1 phút của BKT gọi là tần số, ký hiệu là f , đơn vị là số lần/ph. Tần số cao, số vòng quay bánh xe lệch tâm càng cao, cho nên tần số chính là căn cứ để xác định tỷ số chuyển động của số vòng quay mô tơ và hộp giảm tốc. Về mặt công nghệ thì tần số cao phôi đúc trong một trạng thái chuyển động có lợi cho việc chống dính và thoát khuôn.

Thông thường tần số khoảng 0 ~ 150 lần/ph. Máy nam gần đây xuất phát từ cải thiện chất lượng phôi đúc đã bắt đầu sử dụng cơ cấu rung có tần số $f = 400$ lần/ph hoặc cao hơn.

Cự ly chuyển động của BKT từ vị trí nằm ngang đến vị trí thấp hoặc hoặc vị trí cao nhất gọi là biên độ, ký hiệu là S . Như vậy, đứng về mặt công nghệ biên độ nhỏ thì sự ba động của mặt nước thép trong BKT nhỏ. Khi rút, dễ khống chế lại có thể giảm kéo nứt. Thông thường biên độ trong khoảng 0 ~ 25 mm phần lớn lấy giới hạn dưới, có khi lấy 2 ~ 4 mm.

Lúc chuyển động hình sin, nếu thời gian chuyển động của BKT là t , tốc độ chuyển động của bất kỳ một khoảng thời gian nào đó trong khi rung của BKT là V_m và:

$$V_m = V_a \cdot \sin(\omega t) \quad (3 - 30)$$

Trong đó:

V_m – Tốc độ rung của BKT, m/ph

V_a – Tốc độ lớn nhất của rung, m/ph

ω – Tốc độ góc của bánh xe lệch tâm, rad/s

t – Thời gian, s

Như vậy, quan hệ giữa tần số và tốc độ góc là:

$$f = \frac{\omega}{2\pi} \quad (\text{lần/ph}) \quad (3 - 31)$$

Đối với chuyển động hình sin, tỷ lệ trượt âm có thể tính theo công thức sau:

$$\epsilon = \frac{V_m - V}{V} \times 100\% \quad (3 - 32)$$

Trong đó:

V_m – Tốc độ rung bình quân của BKT, m/ph

V – Tốc độ kéo phôi, m/ph

Trong đường cong của rung, dựa theo tốc độ bình quân tính ra diện tích mặt của biên độ cũng bằng hành trình rung, tức là:

$$2S = V_m \cdot \frac{\pi}{\omega} \quad (3 - 33)$$

Chỉnh lý 2 công thức 3 - 31 và 3 - 33 được:

$$V_m = \frac{4Sf}{1000} \quad (3 - 34)$$

S – biên độ, mm

Dựa vào công thức 3 – 34 thay vào công thức 3 – 32 tìm được f:

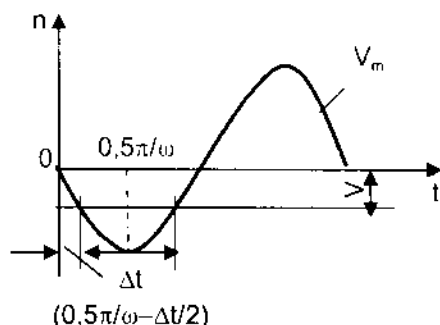
$$f = \frac{100V(1 + \epsilon)}{4S} \quad (3 - 35)$$

Đối với phôi vuông nhỏ, $f = 75 \sim 240$ lần/ph, $S = 3$ mm, $\epsilon = 20 \sim 40\%$.

Đối với phôi dẹt, $f = 49 \sim 120$, có lúc đạt tới 400 lần/ph, $S = 3,5 \sim 5,7$ mm, $\epsilon = 20 \sim 40\%$.

- Thời gian trượt âm:

Hình 3 – 50. Quan hệ của tốc độ lúc trượt âm.



Khi BKT rung, chỉ khi tốc độ rung V_m lớn hơn tốc độ kéo mới xuất hiện trượt âm. Từ hình 3 – 50 có thể thấy: Δt là thời gian trượt âm trong quá trình rung, đưa thời gian BKT đạt đến điểm trượt âm $t = \left(\frac{\pi/2}{\pi} - \frac{4t}{2} \right)$ vào công thức tính tốc độ rung của BKT ($V_m = V_a \cdot \sin \omega t$).

Sau khi chỉnh lý, ta tính được thời gian trượt âm Δt :

$$\Delta t = \frac{60}{\pi f} \cdot \omega s^{-1} \cdot \frac{1}{N} \quad (3 - 36)$$

Trong công thức này, $N = V_a/V_m$. Đối với rung hình sin thì thường chọn $N = 1,8 \sim 2,2$, lớn nhất có thể tới 2,4.

f – Tần số, lần/ph

- Ảnh hưởng của các tham số rung đến chất lượng phôi:

+ Ảnh hưởng của tần số và biên độ rung đến chiều sâu vết hần rung: tần số cao, chiều sâu vết hần rung giảm nhỏ. Khi biên độ rung là 3 mm, tần số f từ 100 lần/ph nâng cao lên 300 lần/ph thì chiều sâu vết hần rung từ 0,3 mm giảm xuống

còn 0,1 mm. Khi tần số rung nhất định, thí dụ $f = 200$ lần/ph biên độ từ 3 mm nâng cao lên đến 8 mm thì độ sâu vết hàn rung từ 0,25 mm tăng lên 0,45 mm.

+ Ảnh hưởng của thời gian trượt âm đến độ sâu vết hàn rung: thời gian trượt âm càng dài độ sâu vết hàn rung càng sâu. Khi tốc độ kéo là 1 m/ph thời gian trượt âm từ 0,05s kéo dài đến 0,25 s thì độ sâu vết hàn rung từ 0,25 mm tăng lên 0,45 mm.

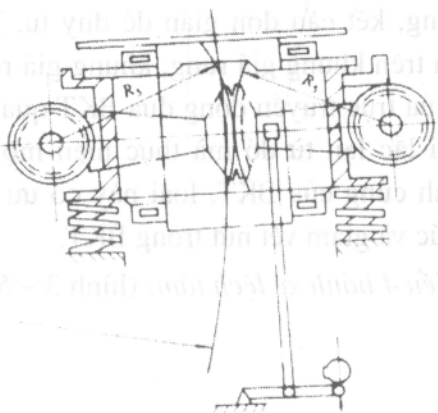
+ Quan hệ giữa thời gian trượt âm với chỉ số vết nứt ngang: thời gian trượt âm càng dài chỉ số vết nứt càng cao. Như thời gian trượt âm từ 0,26 s tăng lên đến 0,29 s thì số vết nứt từ 0,3 tăng lên đến 1.

* Đặc điểm và hình thức kết cấu của cơ cấu rung:

Kết cấu rung là làm cho BKT rung theo yêu cầu, vì vậy bất luận cơ cấu rung nào cũng đều phải thỏa mãn 2 điều kiện cơ bản: thứ nhất làm cho BKT theo một quỹ tích rung nhất định, thứ hai làm cho BKT rung theo một qui luật rung nhất định. Cùng với sự phát triển của máy ĐLT, kết cấu rung của BKT cũng đã trải qua nhiều kiểu và phát triển. Hiện nay, đang sử dụng một số cơ cấu rung phổ biến như sau:

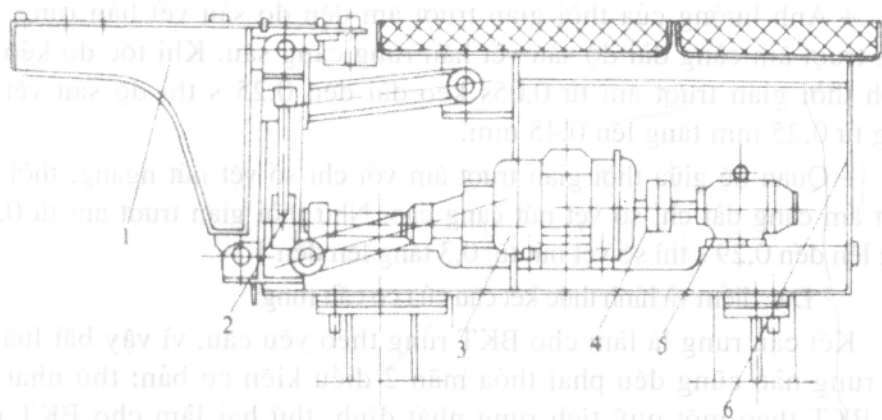
- Cơ cấu truyền động kiểu bánh răng:

Kết cấu kiểu bánh răng hình 3 – 51. BKT cố định trên một khung giá đỡ lò xo, khung giá dựa vào 2 khe bánh răng hình rẻ quạt, có bán kính tròn khác nhau để thực hiện một sự chuyển động hình cung. Đặc điểm của loại kết cấu này là BKT có thể chuyển động theo đường vòng cung một cách chính xác, có thể thay thế nhanh, tiện duy tu và xử lý sự cố. Máy ĐLT phối tám 6 x 1700 và 10,3 x 2300 sử dụng nhiều năm nay hiệu quả khá tốt.



Hình 3 – 51. Cơ cấu rung kiểu bánh răng lệch.

- Cơ cấu rung kiểu 4 trục:

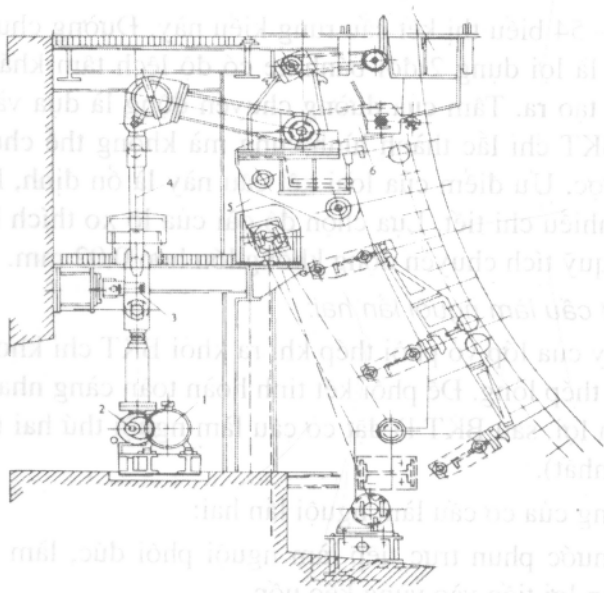


Hình 3 – 52. Cơ cấu rung kiểu 4 trục.

- 1– Giàn rung 3– Biến tốc vô cấp 5– Mô tơ điện
2– Vai rung 4– Cơ cấu trục nối an toàn 6– Giá máy

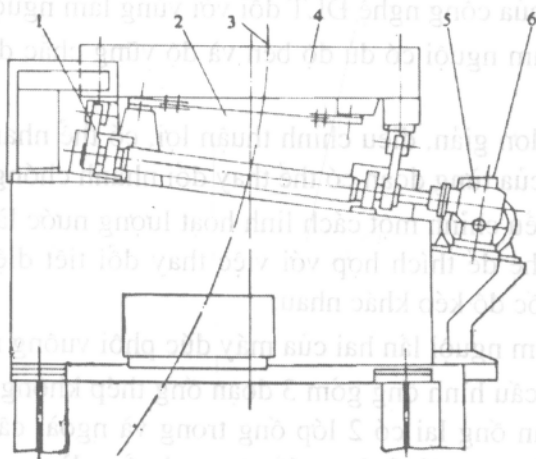
Cơ cấu rung kiểu 4 trục còn gọi là kiểu 2 trục lắc hoặc 2 vai ngán. Hiện nay sử dụng rộng rãi cho các máy đúc liên tục phôi vuông nhỏ hoặc phôi tám lớn. Kiểu rung này có 2 loại là bố trí rung bên trong và bố trí rung bên ngoài. Hình 3 – 52 là cơ cấu rung 4 trục cho đúc phôi vuông nhỏ. Đặc điểm là toàn bộ cơ cấu truyền động và bộ phận rung đều đặt bên trong cung. Hình 3 – 53 là kiểu rung 2 trục, toàn bộ cơ cấu truyền động và rung của nó đều đặt bên ngoài cung, kết cấu đơn giản dễ duy tu. Trong 2 loại kết cấu này, BKT đều cố định trên khung giá rung, khung giá rung nối một phía với 2 trục dưới tác động của trục truyền động đưa BKT quay sang một đầu khác là điểm đỡ cho lắc đi lắc lại, từ đó mà thực hiện một cách chuẩn xác sự chuyển động theo hình cung của BKT, loại này có ưu điểm rõ rệt về nâng cao chất lượng phôi đúc và giảm vết nứt trong BKT.

- Cơ cấu rung kiểu 4 bánh xe lệch tâm: (hình 3 – 53)



Hình 3 – 53. Cơ cấu rung kiểu 2 trục lắc.

- | | | |
|--------------------------|--------------|---------------|
| 1– Mô tơ và hộp giảm tốc | 4– Thanh kéo | 6– Trục lắc |
| 2– Trục lệch tâm | 5– Giá đỡ | 7– Bộ đặt BKT |
| 3– Bộ phận dẫn hướng | | |



Hình 3 – 54. Cơ cấu rung kiểu 4 bánh lệch tâm.

- | | | |
|-------------------------------|------------------------|-----------------------|
| 1– Bánh lệch tâm và thanh nối | 3– Cung ngoài của phôi | 5– Bánh răng phụ |
| 2– Tấm lò xo định tâm | 4– Giàn rung | 6– Mô tơ điện 1 chiều |

Hình 3 – 54 biểu thị kết cấu rung kiểu này. Đường chuyển động hình cung của BKT là lợi dụng 2 đôi bánh xe có độ lệch tâm khác nhau nối với trục khuỷu mà tạo ra. Tâm của đường chuyển động là dựa vào lò xo kiểu 2 tấm làm cho BKT chỉ lắc thành hình cung mà không thể chuyển dịch theo hướng khác được. Ưu điểm của loại kết cấu này là ổn định, khuyết điểm là quá phức tạp, nhiều chi tiết. Lựa chọn độ dài của lò xo thích hợp có thể làm cho sai số của quỹ tích chuyển động không lớn hơn 0.02 mm.

2.2.5. Cơ cấu làm nguội lần hai:

Chiều dày của lớp vỏ phôi thép khi ra khỏi BKT chỉ khoảng 8~15 mm, ở giữa vẫn còn thép lỏng. Để phôi kết tinh hoàn toàn càng nhanh và kéo phôi một cách thuận lợi, sau BKT là đặt cơ cấu làm nguội thứ hai (BKT là cơ cấu làm nguội thứ nhất).

* Tác dụng của cơ cấu làm nguội lần hai:

– Dùng nước phun trực tiếp làm nguội phôi đúc, làm cho phôi đông đặc nhanh thuận lợi tiến vào vùng kéo uốn.

– Qua trục kéo và trục dẫn có tác dụng đỡ và định hướng cho phôi thép có ruột còn ở thể lỏng, mà tránh và hạn chế được hiện tượng lồi bụng, biến dạng và chảy thép của phôi đúc.

– Trục dẫn có tác dụng đỡ và dẫn hướng.

– Đối với BKT thẳng, đây là vùng uốn cong.

* Yêu cầu của công nghệ ĐLT đối với vùng làm nguội thứ hai:

– Cơ cấu làm nguội có đủ độ bền và độ vững chắc dưới tác dụng phôi đúc nhiệt độ cao.

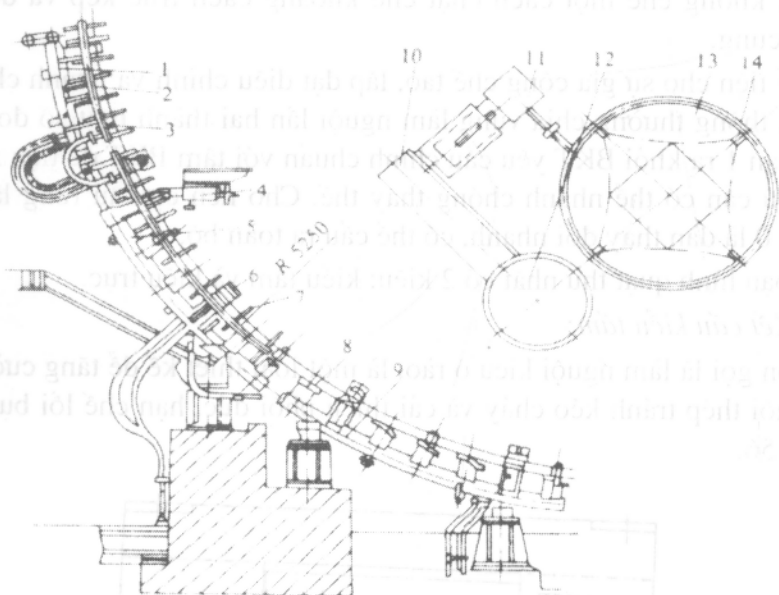
– Kết cấu đơn giản, điều chỉnh thuận lợi, có thể nhanh chóng xử lý sự cố, các cấu kiện của từng đoạn có thể thay đổi nhanh chóng.

– Có thể điều chỉnh một cách linh hoạt lượng nước làm nguội theo yêu cầu của công nghệ để thích hợp với việc thay đổi tiết diện phôi, loại thép, nhiệt độ đúc và tốc độ kéo khác nhau.

* Cơ cấu làm nguội lần hai của máy đúc phôi vuông nhỏ (hình 3 – 55):

Đây là kết cấu hình ống gồm 3 đoạn ống thép không hàn, giá đỡ ống ở bề máy, mỗi đoạn ống lại có 2 lớp ống trong và ngoài cấu thành, khe giữa thông với nước làm nguội. 2 đoạn đầu trong buồng làm nguội, đoạn thứ 3 ở ngoài buồng làm nguội. Nó bao gồm 4 đôi trục kẹp, 5 đôi trục dẫn bên, 12 tấm dẫn và 14 miệng phun nước, dùng miếng đệm để điều chỉnh cự ly trục, thích hợp cho đúc phôi có tiết diện khác nhau. Lượng nước làm nguội phun ở đoạn 1 và 2 là 60%, còn đoạn 3 là 40%. Để tháo lắp thuận lợi, đoạn nguội

sau có thể giãn dài tự do sau khi nung nóng, đầu trên của đoạn trước (1 và 2) là móc treo trên giá thép của giàn thao tác, kết cấu treo cho phép điều chỉnh được 3 hướng của cung.



Hình 3 – 55. Cơ cấu vùng làm nguội lần 2 của máy đúc phôi vuông nhỏ.

- | | | |
|----------------|----------------------------|---------------------|
| 1–Đoạn 1a | 6–Trục kẹp | 11–Ống tổng |
| 2–Ống cấp nước | 7–Ống vòng quanh phun nước | 12–Giá đỡ dẫn hướng |
| 3–Trục dẫn | 8–Tấm dẫn | 13–Ống vòng quanh |
| 4–Móc treo | 9–Đoạn 2 | 14–Miệng phun |
| 5–Đoạn 1b | 10–Giá đỡ ống tổng | |

Đây là kết cấu hình ống gồm 3 đoạn ống thép không hàn, giá đỡ ống ở bộ máy, mỗi đoạn ống lại có 2 lớp ống trong và ngoài cấu thành, khe giữa thông với nước làm nguội, 2 đoạn đầu trong buồng làm nguội, đoạn thứ 3 ở ngoài buồng làm nguội. Nó bao gồm 4 đôi trục kẹp, 5 đôi trục dẫn bên, 12 tấm dẫn và 14 miệng phun nước, dùng miếng đệm để điều chỉnh cự ly trục, thích hợp cho đúc phôi có tiết diện khác nhau. Lượng nước làm nguội phun ở đoạn 1 và 2 là 60%, còn đoạn 3 là 40%. Để tháo lắp thuận lợi, đoạn nguội sau có thể giãn dài tự do sau khi nung nóng, đầu trên của đoạn trước (1 và 2) là móc treo trên giá thép của giàn thao tác, kết cấu treo cho phép điều chỉnh được 3 hướng của cung.

* Cơ cấu làm nguội lần hai của máy đúc phối det (tấm):

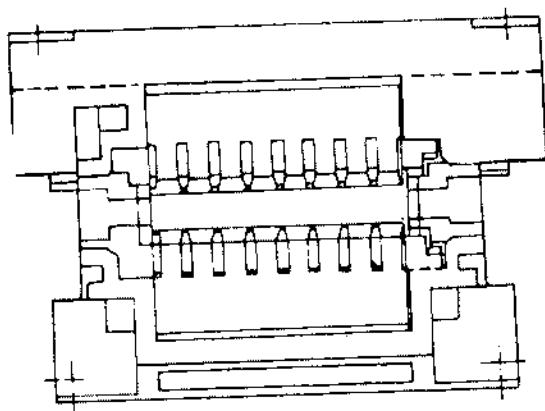
Cơ cấu có phức tạp hơn loại phối vuông nhỏ, để đảm bảo chất lượng của phối đúc cần phải hạn chế chặt chẽ lượng lõi bụng của phối, như vậy cần phải khống chế một cách chặt chẽ khoảng cách trục kẹp và độ chính xác của cung.

Để tiện cho sự gia công chế tạo, lắp đặt điều chỉnh và nhanh chóng xử lý sự cố, thông thường chia vùng làm nguội lần hai thành một số đoạn hình quạt. Đoạn 1 ra khỏi BKT yêu cầu chỉnh chuẩn với tâm BKT để tiện xử lý sự cố và nếu cần có thể nhanh chóng thay thế. Cho nên cơ cấu rung lắp cùng với đoạn 0 là dần thay đổi nhanh, có thể cấu ra toàn bộ.

Đoạn hình quạt thứ nhất có 2 kiểu: kiểu tấm và kiểu trục.

- *Kết cấu kiểu tấm:*

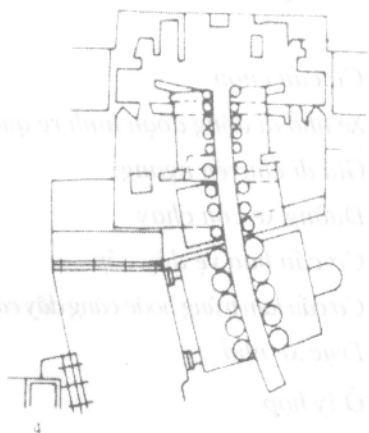
Còn gọi là làm nguội kiểu ô rào, là một loại thiết kế để tăng cường làm nguội phối thép tránh kéo chảy và cải thiện phối đúc, hạn chế lõi bụng, như hình 3 – 56.



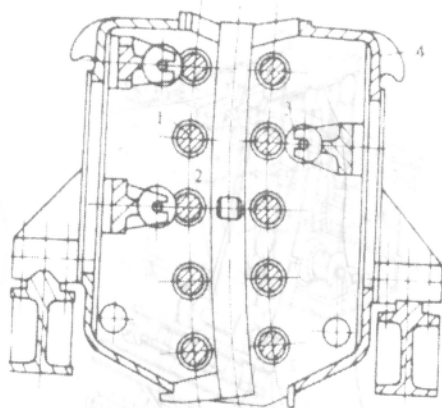
Hình 3 – 56. Các ô làm nguội.

Do 2 tấm rộng và 2 tấm hẹp hình thành 1 ô, trên mỗi ô có nhiều lỗ hình vuông bố trí xô lệch nhau và chính những lỗ này đã dẫn nước làm nguội trực tiếp phun vào bề mặt phối đúc, 4 miếng của 1 ô lắp trong một khung giá, căn cứ vào chiều dài của từng ô rào mà thành 1 đoạn, 2 đoạn hoặc 3 đoạn. Các tấm của ô đúc bằng gang cầu chịu nhiệt và chịu mài mòn. Ưu điểm của kiểu kết cấu này hiệu quả làm nguội tốt, có thể tránh được lõi bụng. Nhược điểm là các tấm vách dễ bị mài mòn biến dạng và tuổi thọ tương đối ngắn.

- *Kết cấu kiểu trực:*



Hình 3 – 57. Giảm đồ kết cấu 1 đoạn trực.



Hình 3 – 58. Đoạn đầu trực kẹp làm nguội lần 2.

- | | | | |
|--------------|----------------------|-----------------|--------------|
| 1– BKT | 3– Đoạn hình rẽ quạt | 1– Trực kẹp | 3– Trực tỳ |
| 2– Giàn rung | 4– Đoạn khung nền | 2– Trực dẫn bên | 4– Khung giá |

Đây là một loại kết cấu mà hiện nay dùng tương đối nhiều. Dùng hàng loạt các đôi trực nhỏ kẹp chặt để cưỡng bức làm nguội và tránh biến dạng cho lớp vỏ và lõi bụng. Hình 3 – 57 là biểu thị một đoạn của loại kết cấu trực này. Hình 3 – 58 là đoạn đầu của máy đúc cong, trực dẫn này được giữ trên đường dẫn có thể kéo nhanh ra phía bên hoặc lên trên để thay thế. Ngoài ra, 3 trực ở đoạn đầu có trực giữ ép chặt dùng để chịu lực uốn nắn.

* Phương pháp tháo lắp nhanh cơ cấu làm nguội lần hai:

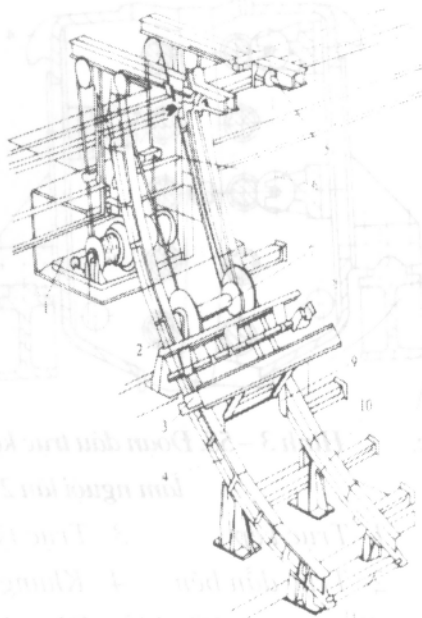
Để nâng cao hệ số tác nghiệp của máy đúc, gần đây đã dùng loại tháo lắp nhanh tương đối phổ biến, dùng phương pháp kiểm tra dọc tuyến để thay các đoạn hình rẽ quạt. Có 3 cách thường dùng:

- Dùng xe con thay từ bên (hình 3 – 59):

Hình lập thể cơ cấu thay gồm có 3 bộ phận: cơ cấu thủy lực để thay xe con, đường dẫn hình cung và tời. Xe con ven theo đường dẫn hình cung có thể căn chuẩn với mỗi đoạn hình rẽ quạt, trên xe con có lắp cơ cấu thủy lực đẩy vào và kéo ra.

Có thể kéo cả một đoạn hình rẽ quạt ra, cuộn tời sẽ chuyển cả xe con và đoạn thiết bị hình rẽ quạt, sau đó thay đoạn hình rẽ quạt nước vào. Dùng

cơ cấu thủy lực đẩy vào vị trí định vị. Cách này thay một đoạn cung chỉ mất khoảng 50 ~ 60 phút và có thể thay bất cứ đoạn cung nào.



- 1- Cơ cấu cuộn
- 2- Xe nhỏ di động đoạn hình rẻ quạt
- 3- Giá di chuyển ngang
- 4- Đường xe con chạy
- 5- Cơ cấu bảo vệ dây cáp
- 6- Cơ cấu làm trùng hoặc căng dây cáp
- 7- Trụ xe nhỏ
- 8- Ô ly hợp
- 9- Tấm chắn hạn chế hành trình xe
- 10- Chốt định vị xe chạy
- 11- Trụ giữ của buồng phun nước

Hình 3 – 59. Hình lập thể cơ cấu thay.

- *Dùng xe con thay từ bên (hình 3 – 59):* là hình lập thể cơ cấu thay gồm có 3 bộ phận: cơ cấu thủy lực để thay xe con, đường dẫn hình cung và tời. Xe con ven theo đường dẫn hình cung có thể căn chuẩn với mỗi đoạn hình rẻ quạt, trên xe con có lắp cơ cấu thủy lực đẩy vào và kéo ra.

Có thể kéo cả một đoạn hình rẻ quạt ra, cuộn tời sẽ chuyển cả xe con và đoạn thiết bị hình rẻ quạt, sau đó thay đoạn hình rẻ quạt nước vào. Dùng cơ cấu thủy lực đẩy vào vị trí định vị. Cách này thay một đoạn cung chỉ mất khoảng 50 ~ 60 phút và có thể thay bất cứ đoạn cung nào.

- *Dùng máng dẫn nâng chuyển:*

Cách này là lắp trên mỗi đoạn cung một cơ cấu máng dẫn, hai bên lắp 2 bánh xe, bánh xe có thể trượt trên máng dẫn mà móc đoạn cung đó ra khỏi vị trí, từ mỗi máng dẫn lại có thể đưa đoạn cung mới lắp vào và định vị.

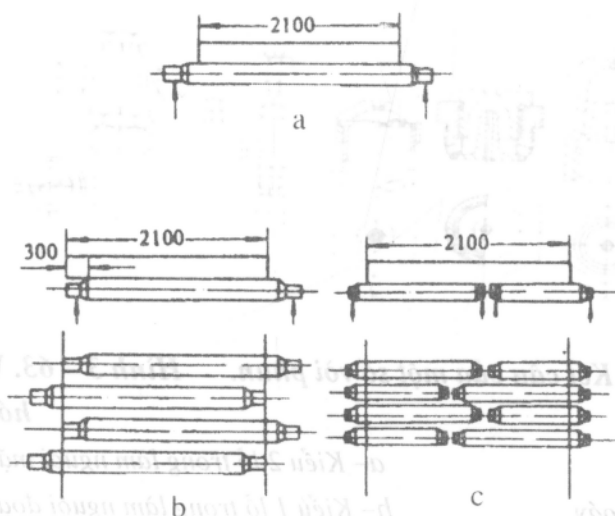
- *Lợi dụng vai lắc để thay:*

Lắp một máng dẫn lắc lư quanh tâm của một cung tròn và máng dẫn ngăn của mỗi cung đoạn để thay mới cung đoạn đó.

Hai cách sau sử dụng tương đối nhiều, cách thứ hai phổ biến nhất.*

* Trục dẫn (trục kẹp):

Theo hướng bán kính cong của máy đúc bố trí trên và dưới theo mặt ngang dọc theo phôi đúc từng đôi trục để đỡ và dẫn phôi nên gọi là trục dẫn dùng để giảm lực ma sát và trở lực kéo. Nhưng đoạn đầu của vùng làm nguội thứ hai vì giới hạn của điều kiện làm việc dễ xuất hiện hiện tượng biến dạng trục gối đỡ mất tác dụng. Nếu tăng đường kính trục sẽ dẫn đến tăng cự ly giữa các trục. Đối với máy đúc phôi dẹt, khoảng cách trục quá lớn thì khó có hiệu quả tránh biến dạng lõm bụng của phôi đúc. Để giải quyết mâu thuẫn giữa đường kính và cự ly trục đối với phôi dẹt dùng kết cấu trục ngắn và trục phân khúc (hình 3 – 60). Gọi là trục ngắn là trục 2 bên trái và phải bố trí giao nhau để kéo dài cự ly, gọi là trục phân khúc, phân khúc trục, 2 đầu mỗi khúc dùng gối đỡ khác nhau. Thí dụ, gối đỡ phôi dẹt 2100 mm, dùng toàn trục dài đường kính 340 mm cách nhau 390 mm, dùng trục ngắn đường kính 290 mm cách nhau 340 mm. Còn dùng có bậc đường kính 240 mm, cách nhau 285 mm. Toàn bộ khối rẻ quạt từ trên xuống dưới, đường kính và cách nhau từ nhỏ đến lớn, số trục giảm dần. Để kéo dài tuổi thọ của trục nên dùng thép hợp kim có khả năng bền nhiệt tương đối tốt, như thép Crôm Molipden chẳng hạn. Ngoài ra yêu cầu trục dẫn có hiệu quả làm nguội tốt, đoạn đầu (đoạn 0,1) thường là nguội bên ngoài, còn các đoạn nguội trong, cũng có trường hợp nguội ngoài.

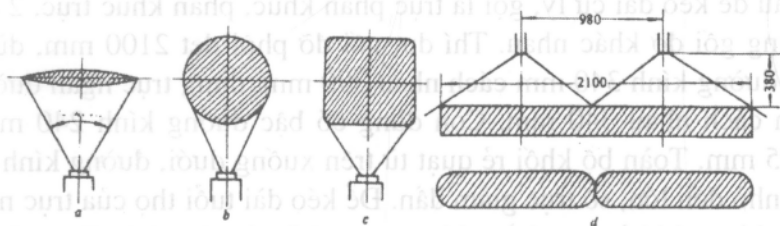


Hình 3 – 60. Trục kẹp ngắn và phân tiết trục kẹp.

a- Toàn chiều dài trục b- Trục kẹp ngắn c- Phân tiết trục

* Miệng phun (vòi phun) nước làm nguội:

Tính năng làm việc của vòi phun ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng phôi đúc và tốc độ kéo phôi. Vòi phun lý tưởng là có thể làm cho nước làm nguội mù hóa, như vậy tốc độ phun cao, tạo ra được mật bao phủ tương đối lớn và phân bố đồng đều trên bề mặt phôi đúc. Hiệu quả làm nguội của nước quyết định bởi hiệu ứng Leydenfrost, tức là khả năng hạt bụi nước có thể xuyên qua lớp hơi nước, có khả năng đó mới có tác dụng làm nguội lớn. Có 2 phương pháp phun mù làm nguội là: dùng nước phun mù làm nguội và dùng nước và khí mù làm nguội. Cách sau là dùng thêm không khí nén để nâng cao thêm khả năng mù hóa của nước. Có nhiều kiểu phun nước làm nguội. Hình 3 – 61 là loại vòi phun thường dùng.



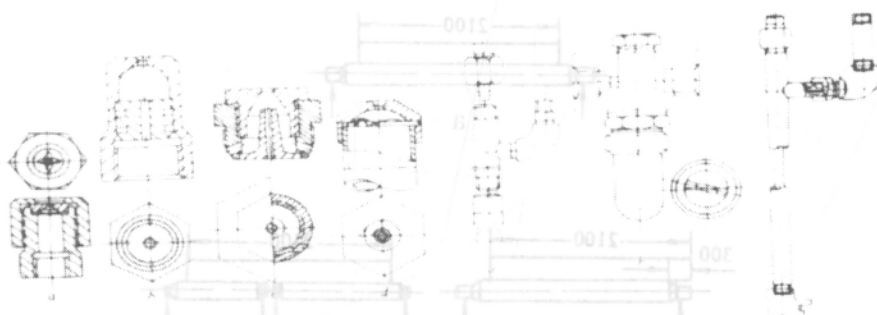
Hình 3 – 61. Các loại hình vòi phun thường dùng.

a– Vòi phun hình bầu dục

c– Vòi phun hình vuông

b– Vòi phun hình chóp tròn

d– Vòi phun hình dẹt



Hình 3 – 62. Kết cấu của một số vòi phun. Hình 3 – 63. Vòi phun mù hóa khí nước.

a– Vòi dẹt

a– Kiểu 2 lỗ trong làm nguội mặt rộng

b– Vòi phun xoáy

b– Kiểu 1 lỗ trong làm nguội đoạn 1 dưới BKT

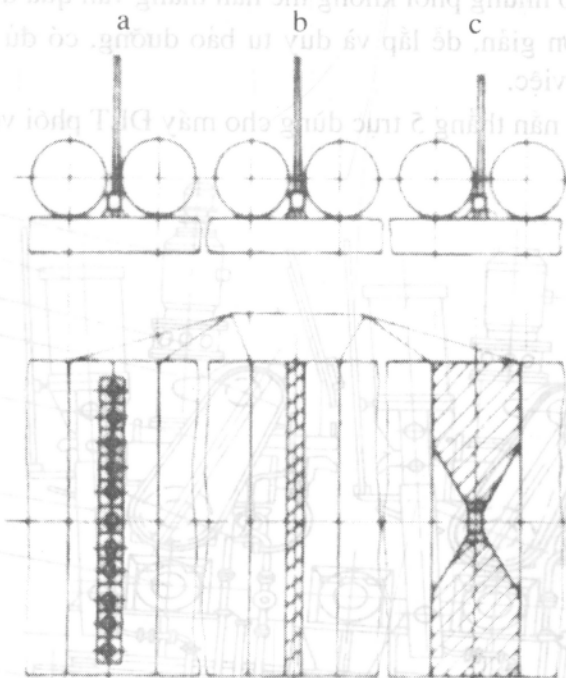
c– Vòi phun chóp tròn

c– Kiểu 1 lỗ trong làm nguội mặt bên (hẹp)

d– Vòi phun kiểu phiến mỏng

Hình 3 – 62 là kết cấu của máy loại vòi phun. Hình 3 – 63 là 3 kiểu vòi phun mù hóa khí nước trộn lẫn từ trong. Loại vòi phun mù hóa khí nước là loại vòi phun có hiệu quả cao và đang được sử dụng ngày một phổ biến cho các loại máy ĐLT.

Bố trí vòi phun cũng phải thực hiện trên nguyên tắc làm nguội đồng đều trên từng phần của phôi đúc. Để đạt được hiệu quả làm nguội tốt nhất nên chọn áp lực lưu lượng khí và nước thích hợp và cự ly của bề mặt làm nguội,... Hình 3 – 64 là 3 loại diện tích phủ kín của vòi phun.



Hình 3 – 64. Diện tích phủ kín của 3 loại vòi phun.

a– Miệng phun hình chóp diện tích phủ kín 35 ~ 40%

b– Miệng phun hình dẹt diện tích phủ kín 10 ~ 15%

c– Miệng phun khí nước diện tích phủ kín 70 ~ 75%

2.2.6. Hệ trục kéo và nắn thẳng:

Máy đúc khi sản xuất đều cần có hệ trục kéo. Đối với máy đúc cong, sản phẩm sản xuất ra phải là phôi thẳng. Sau khi phôi kéo ra khỏi trục phải được nắn thẳng. Trong thực tế sản xuất kéo và nắn là đồng thời thực hiện trên một hệ trục, nên có tên là hệ trục kéo và nắn thẳng.

* Yêu cầu đối với hệ trục kéo và nắn thẳng:

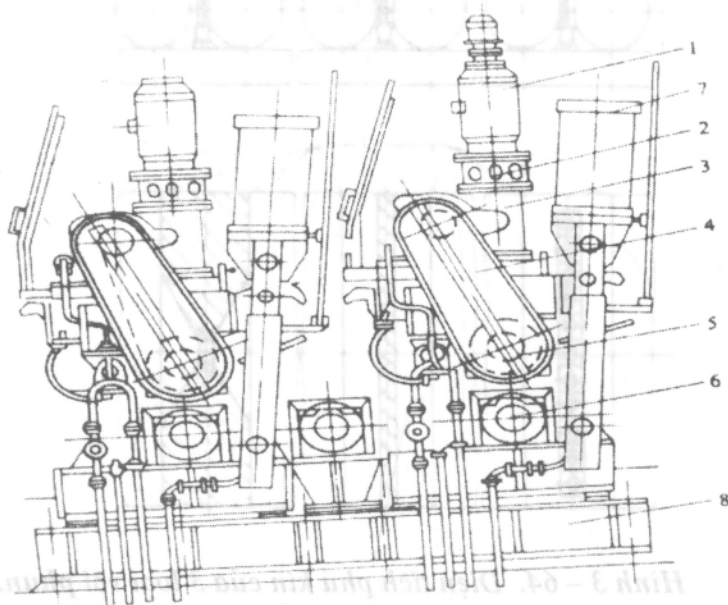
— Có đủ lực để kéo và nắn thẳng phôi đúc, để khắc phục trở lực rất lớn có thể xảy ra trong quá trình đúc và có biện pháp bảo vệ quá tải một cách an toàn chắc chắn.

— Có thể điều chỉnh được tốc độ quay thuận nghịch rất nhạy để đáp ứng sự thay đổi tốc độ kéo trong các điều kiện khác nhau và nhanh chóng đưa được cơ cấu đỡ đầu phôi.

— Trên kết cấu có thể thay đổi được tiết diện phôi trong một phạm vi nhất định, cho phép những phôi không thể nắn thẳng vẫn qua được.

— Kết cấu đơn giản, dễ lắp và duy tu bảo dưỡng, có đủ độ bền và độ vững chắc khi làm việc.

* Cơ cấu kéo nắn thẳng 5 trục dùng cho máy ĐLT phôi vuông nhỏ:



Hình 3 – 65. Máy kéo nắn 5 trục.

1— Mô tơ điện 1 chiều kiểu đứng

2— Cơ cấu điều chỉnh chuyển động

3— Hộp bánh răng

4— Xích truyền động

5— Trục trên

6— Trục dưới

7— Xi lanh ép

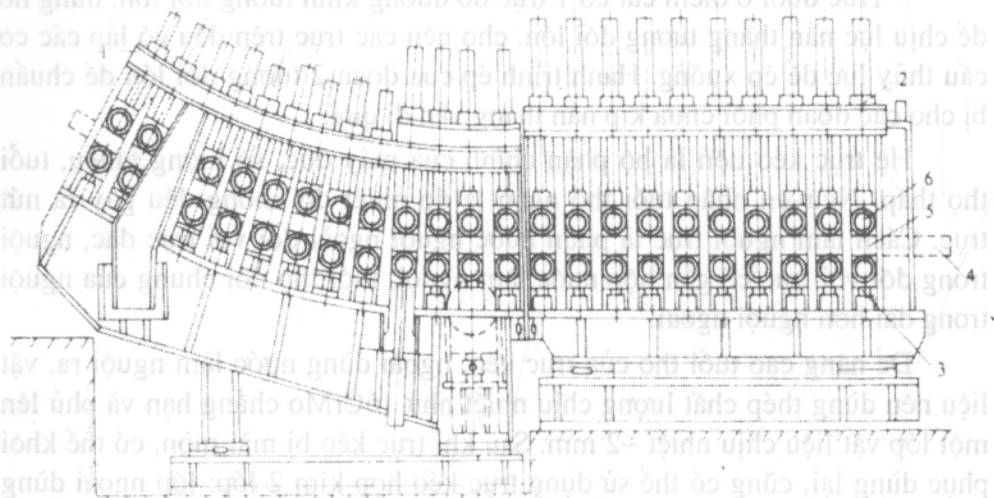
8— Bệ máy

Hình 3 – 65 là bộ kéo nắn 5 trục. Đây là một hệ thống bao gồm: 2 giá máy kiểu kìm chặt và ở giữa thêm một trục dưới và một bộ đỡ. Đặc điểm là

bố trí kéo nắn ở đoạn nằm ngang, mặt trực dưới của đôi trực thứ nhất cắt đoạn cung của máy đúc, qua việc điều chỉnh trực trên để điều chỉnh cự ly giữa các trực thích hợp với yêu cầu đúc các tiết diện khác nhau. Trực trên và trực dưới của hệ trực kéo nắn đều như nhau và có thể dùng lẫn. Hệ thống truyền động đặt phía trên, đặt đứng nên bố trí tương đối gọn, chặt chẽ, giảm được cự ly giữa các dòng đúc.

Để giảm thời gian kiểm tra, dùng kết cấu cả khối tháo lắp nhanh, nâng cao được năng lực sản xuất của máy đúc. Để đảm bảo cho hệ trực kéo nắn làm việc lâu dài trong điều kiện nhiệt độ cao, các chi tiết chính của máy đều đặt trong thùng để cho nước làm nguội, làm nguội trong trực trên và dưới 2 đầu phối trực hợp giảm tốc cũng được làm nguội bằng hộp nước. Dưới tác dụng của xi lanh trực trên có thể dịch chuyển thỏa mãn yêu cầu thay đổi tiết diện đúc các phôi đúc khác nhau, cũng có thể điều chỉnh xi lanh nén để điều chỉnh áp lực, thường dùng áp lực khoảng $0,4 \sim 0,6$ MPa.

* Cơ cấu hệ kéo uốn nhiều trực dùng cho máy đúc phôi det:



Hình 3 – 66. Kết cấu máy kéo nắn nhiều trực.

1– Giá máy

2– Cơ cấu ép xuống

3– Máy kéo nắn và cơ cấu nâng hạ

4– Phôi thép

5– Trực khởi động

6– Trực lăn

Hình 3 – 66 là cơ cấu điển hình của hệ trực kéo uốn này, bao gồm 2 đoạn, đoạn 1 trong vùng hình cung có 11 đôi trực, đoạn 2 sau cắt là đoạn

nằm ngang có 2 đôi trục. Các đôi trục đều lắp có bánh dẫn độc lập. Kết cấu loại này có thể thỏa mãn yêu cầu công nghệ của hệ trục kéo nắn của máy đúc phôi dẹt.

- Để nâng cao tốc độ kéo của máy đúc, hệ trục kéo uốn phải thỏa mãn yêu cầu nắn thẳng dài kim loại lỏng ở tâm phôi để khi phôi trong quá trình nắn thẳng, vùng 2 pha (lỏng rắn) không sinh ra vết nứt, dùng nhiều trục nhiều điểm nắn thẳng làm cho ứng biến nắn thẳng giữa mỗi đôi trục đều trong phạm vi cho phép.

- Để khắc phục trở lực lúc kéo phôi không gây ra lực ép giữa mỗi đôi trục lên phôi đúc quá lớn, dùng nhiều trục truyền động. Trục truyền động dịch chuyển tác dụng lên phía trên đường cung, ở đoạn 1 có 4 đôi trục truyền động, đoạn 2 mỗi một trục dưới đều truyền động.

- Để tránh tác dụng thủy tĩnh của cột kim loại lỏng trong phôi dễ tạo ra sự biến dạng lõi bụng quá lớn, dùng đường kính trục nhỏ xếp dày hơn.

Áp lực của mỗi trục hơi cao hơn áp lực thủy tĩnh của cột thép.

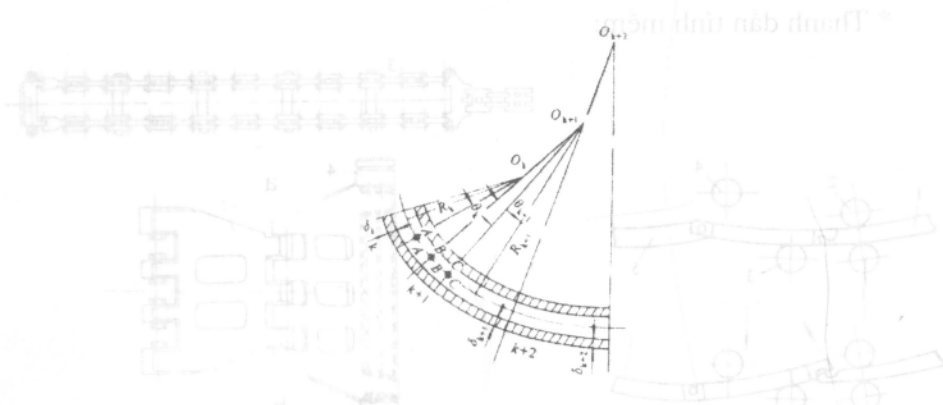
- Trục dưới ở điểm cắt có 1 trục đỡ đường kính tương đối lớn, dùng nó để chịu lực nắn thẳng tương đối lớn, cho nên các trục trên đều có lắp các cơ cấu thủy lực để ép xuống. Hành trình ép của đoạn 2 tương đối lớn để chuẩn bị cho các đoạn phôi chưa kịp nắn thẳng vẫn đi qua.

Hệ trục kéo uốn là bộ phận chính của máy đúc, số lượng nhiều, tuổi thọ thấp. Nguyên nhân tuổi thọ ngắn là do nhiệt độ không đều gây ra nứt trục. Cách làm nguội trục là phun nước nguội ngoài đối với trục đặc, nguội trong đối với trục có gắn hộp nước làm nguội, tuổi thọ nói chung của nguội trong dài hơn nguội ngoài.

Để nâng cao tuổi thọ của trục kéo, ngoài dùng nước làm nguội ra, vật liệu nên dùng thép chất lượng chịu nhiệt như 16CrMo chẳng hạn và phủ lên một lớp vật liệu chịu nhiệt ~2 mm. Sau khi trục kéo bị mài mòn, có thể khôi phục dùng lại, cũng có thể sử dụng trục kéo hợp kim 2 lớp: lớp ngoài dùng vật liệu bền nhiệt, lớp trong dùng thép thường tức là thỏa mãn được yêu cầu của trục kéo lại giảm được giá thành.

* Hệ trục uốn thẳng nhiều điểm:

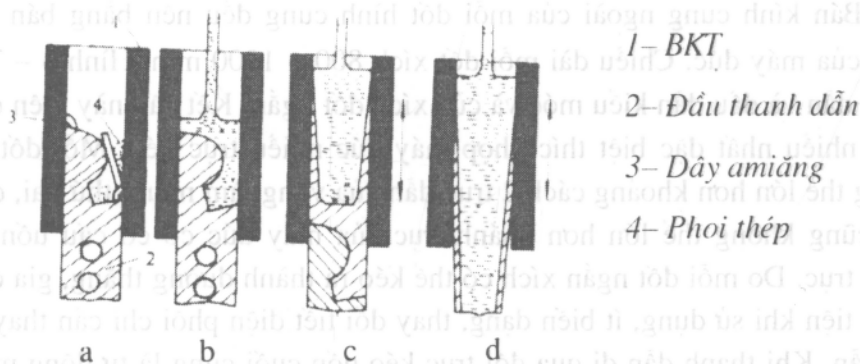
Cùng với sự phát triển của khoa học kỹ thuật, để tránh khi tốc độ kéo gia tăng thì tăng thêm chiều dài của cột kim loại lỏng ở giữa (còn gọi là chiều dài luyện kim), người ta đã sử dụng kỹ thuật nắn thẳng nhiều điểm dài pha lỏng. Hình 3 – 67 biểu thị khi uốn thẳng nhiều điểm làm thay đổi bán kính cong.



Hình 3 – 67. Quá trình biến dạng phôi đúc khi qua nhiều điểm nắn thẳng.

2.2.7. Cơ cấu dẫn phôi:

Cơ cấu dẫn phôi bao gồm cơ cấu đầu dẫn phôi, thanh dẫn và cơ cấu đặt sẵn. Tác dụng: trước khi rót, đầu dẫn phôi là "đáy" của BKT, nút kín miệng dưới và làm cho nước thép đông đặc ở đầu dẫn qua hệ thống kéo kéo thanh dẫn gắn với đầu dẫn kéo phôi ra khỏi BKT (hình 3 – 68) qua vùng làm nguội thứ hai. Sau khi qua hệ trục kéo dẫn, phôi được nắn thẳng và tách khỏi đầu dẫn vào trạng thái kéo phôi bình thường, thanh dẫn tách khỏi tuyến đường sản xuất đi vào vị trí đặt sẵn đợi cho sử dụng khi bắt đầu đúc mẻ sau.



Hình 3 – 68. Quá trình bắt đầu và kéo thanh dẫn.

a– Thanh dẫn nút đầu BKT

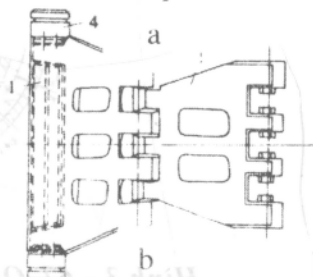
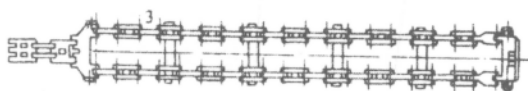
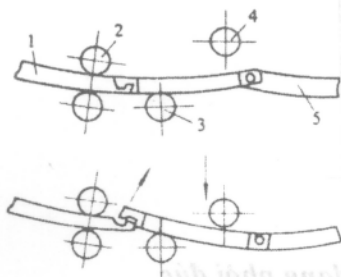
c– BKT rung và kéo phôi

b– Bắt đầu rót đúc

d– Kéo phôi liên tục

Cơ cấu lắp thanh dẫn có thể chia ra thanh dẫn có tính mềm và thanh dẫn tính cứng. Cách lắp có thể chia ra lắp thanh dẫn từ dưới và từ trên.

* Thanh dẫn tính mềm:



a- Kiểu xích dẫn b- Kiểu đầu móc

Hình 3 – 69. Cơ cấu tự rời thanh dốt dài.

Hình 3 – 70. Thanh dẫn kiểu xích dốt ngắn.

- 1- Phôi 4- Trục dẫn trên
2- Trục kéo 5- Dốt xích dài
3- Trục dẫn dưới

- 1- Dẫn thanh dẫn 3- vòng xích dốt ngắn
2- Dốt xích 4- Khối điều chỉnh chiều rộng

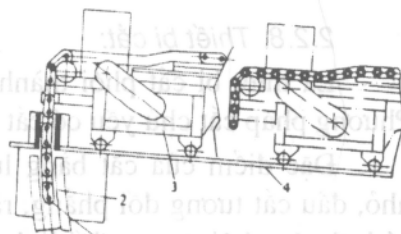
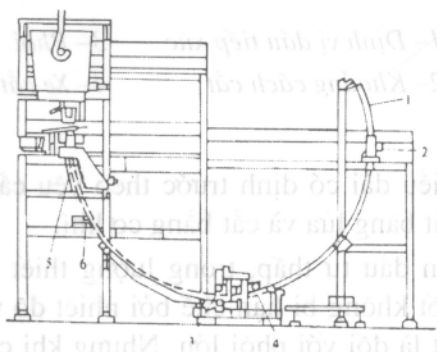
Kiểu này thường làm như kiểu dây xích, có 2 loại dốt dài và dốt ngắn. Hình 3 – 69 là giản đồ cơ cấu thanh dẫn dốt dài tự động tách khỏi phôi đúc. Đầu dẫn làm thành hình móc có thể tự động tách khỏi móc trên cơ cấu kéo uốn. Bán kính cung ngoài của mỗi dốt hình cung đều nên bằng bán kính cong của máy đúc. Chiều dài mỗi dốt xích 800 ~ 1200 mm. Hình 3 – 70 là thanh dẫn và đầu dẫn kiểu móc và của xích dốt ngắn. Kết cấu này hiện đang dùng nhiều nhất đặc biệt thích hợp máy đúc nhiều trục kéo. Mỗi dốt đều không thể lớn hơn khoảng cách 2 trục dẫn của vùng làm nguội thứ hai, đồng thời cũng không thể lớn hơn nhánh trục của máy đúc có cơ cấu uốn nắn nhiều trục. Do mỗi dốt ngắn xích có thể kéo ra thành đường thẳng, gia công thuận tiện khi sử dụng, ít biến dạng, thay đổi tiết diện phôi chỉ cần thay đổi đầu dẫn. Khi thanh dẫn đi qua đôi trục kéo uốn cuối cùng là tự động mở xi lanh thủy lực đẩy đầu dẫn lái về phía trước mà tách ra khỏi phôi đúc nhanh chóng rời vào vị trí đặt sẵn.

* Thanh dẫn tính cứng:

Thanh dẫn này dùng cho máy đúc phôi vuông nhỏ. Thực tế đây là một thanh thép hình cong có đầu móc (hình 3 – 71). Thanh dẫn có thể tháo rời

dầu dẫn. Khi phôi đúc tiến vào cơ cấu kéo uốn có một trục trên trợ giúp sẽ tự ép xuống làm cho phôi đúc và thanh dẫn tách rời ra và đồng thời nắn thẳng phôi đúc. Sau khi thanh dẫn quay khoảng 90° là đến vị trí đặt sẵn. Khi chuẩn bị đúc có cơ cấu khởi động quỹ đạo và bánh răng sẽ kéo thanh dẫn ra và đưa vào trục kéo lại từ trục kéo đưa vào BKT.

Do đặc điểm của máy đúc phôi vuông nhỏ dùng thanh dẫn tính cứng, ở cùng làm nguội thứ hai không cần phải đỡ và dẫn chúng, mà phôi được làm nguội đồng đều có lợi cho việc nâng cao chất lượng phôi đúc và giảm được lượng dầu tư thiết bị, tiện lợi cho việc duy tu và xử lý sự cố, thao tác vận hành thuận lợi.



Hình 3 – 71. Thanh dẫn dài tính cứng. Hình 3 – 72. Thanh dẫn kiểu xe nhỏ.

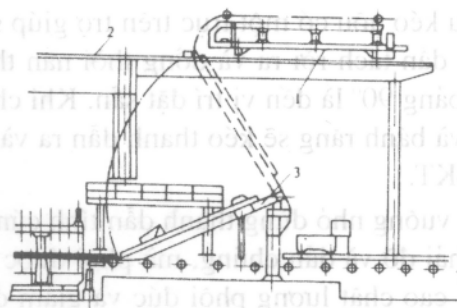
- | | | | |
|---------------------|-------------------------|--------------|-------------|
| 1– Thanh dẫn | 5– Vùng làm nguội lần 2 | 1– Thanh dẫn | 3– Xe nhỏ |
| 2– Cơ cấu khởi động | 6– Trục đỡ phôi | 2– BKT | 4– Giàn đúc |
| 3, 4– Trục kéo | | | |

*** Lắp thanh dẫn từ trên:**

Gọi là lắp thanh dẫn từ trên tức là đưa thanh dẫn từ đoạn trên của máy đúc đưa vào BKT.

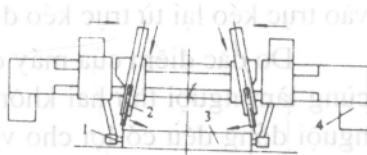
Lắp trên BKT có thể nâng cao hệ số tác nghiệp của máy đúc, rút ngắn được thời gian phụ trợ, có thể rút ngắn được thời gian chuẩn bị trước khi rót tới một nửa.

Thanh dẫn lắp trên dùng kiểu xe con (hình 3 – 72), kiểu lắc lư (hình 3 – 73), kiểu dẫn vào... Kiểu xe con là sau khi đưa thùng rót trung gian chạy đi, đưa xe đặt thanh dẫn sẵn đến phía trên BKT, qua cơ cấu truyền động đưa thanh dẫn từ phía trên BKT xuống đến cơ cấu kéo uốn. Kiểu dẫn lắc lư là có thể dùng dàn lắc có sai tay dài đưa thanh dẫn lắp vào BKT từ trên. Ưu điểm của kiểu lắp này là không chiếm dụng dàn đúc và còn có thể định vị chính xác thanh dẫn trong BKT.



Hình 3 – 73. Thanh dẫn lắp trên kiểu lắc lư.

1– Thanh dẫn 3– Giàn lắc
2– Giàn đúc



Hình 3 – 74. Cơ cấu cắt bằng ngọn lửa

1– Định vị dầu tiếp xúc 3– Phôi
2– Khoảng cách cắt 4– Xe cắt

2.2.8. Thiết bị cắt:

Là thiết bị cắt phôi thành từng chiều dài có định trước theo yêu cầu. Phương pháp cắt chủ yếu có cắt 2 loại: cắt bằng lửa và cắt bằng cơ khí.

Đặc điểm của cắt bằng lửa là: vốn đầu tư thấp, trọng lượng thiết bị nhỏ, đầu cắt tương đối phẳng, rãnh cắt tốt không bị hạn chế bởi nhiệt độ và kích thước phôi, tương đối linh hoạt nhất là đối với phôi lớn. Nhưng khi cắt tiêu hao kim loại, giảm thu hồi phôi tới 1 ~ 2%, ngoài ra gây ô nhiễm môi trường cần phải có thiết bị hút khói và làm sạch xỉ.

Đặc điểm của cắt cơ là: tốc độ cắt nhanh, không mất kim loại, thao tác an toàn, Nhưng trọng lượng thiết bị tương đối lớn, chi phí đầu tư tương đối cao.

Nói chung, đối với máy đúc phôi dẹt, phôi tròn, phôi vuông lớn chiều dày trên 200 mm thì đều dùng cắt lửa, còn phôi vuông nhỏ thì dùng cắt cơ.

* Thiết bị cắt lửa:

Cắt lửa là dùng oxy và khí đốt thông qua mỏ đốt cắt phôi. Khí đốt thường dùng là acetylen, methane, khí tự nhiên, và khí lò cốc...

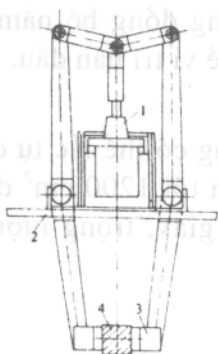
Thiết bị cắt bao gồm xe cắt, thiết bị định chiều dài, thiết bị hỗ trợ có cơ cấu định vị bên, cơ cấu làm sạch rãnh cắt và đường dẫn chuyên dùng...

Xe cắt bao gồm cơ cấu vận chuyển và mỏ đốt. Hình 3 – 74 là kết cấu xe cắt của máy đúc phôi dẹt. Trên xe lắp mỏ cắt (đốt), cơ cấu kẹp giữ đồng bộ, mỏ đốt chuyển động nằm ngang hoặc có khi lắc... Lúc cắt, cơ cấu giữ đồng bộ kẹp chặt phôi đúc làm cho xe cắt chuyển động đồng thời với phôi đúc, cắt xong buông khỏi đầu kẹp, xe quay trở lại hoàn thành một chu kỳ cắt. Cắt phôi tám thường sử dụng 2 mỏ đốt, mỏ đốt 2 bên cắt vào trong khi cách nhau chỉ còn

khoảng 200 mm thì một mỏ đốt ngừng và quay trở lại vị trí ban đầu, còn mỏ đốt kia tiếp tục cắt cho đến hết. Cắt phôi vuông có thể chỉ dùng một mỏ đốt.

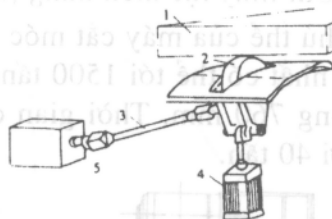
Căn cứ vào kết cấu của mỏ đốt chia ra loại hỗn hợp trong và loại hỗn hợp ngoài. Loại hỗn hợp ngoài an toàn tin cậy, rãnh cắt nhỏ, mỏ đốt có thể điều chỉnh cự ly trong phạm vi 50 ~ 100 mm, nên ứng dụng rộng rãi hơn.

Kết cấu đồng bộ là đảm bảo mỏ đốt trong trong quá trình cắt giữ được đồng bộ với phôi để đảm bảo rãnh cắt phẳng. Có 3 loại kết cấu đồng bộ: kiểu kim, kiểu móc và kiểu ngói lên. Hình 3 – 75 là cơ cấu đồng bộ kiểu kim. Khi phôi chuyển động dúng vào cơ cấu qui định chiều dài, xi lanh kim làm việc kẹp chặt phôi và đưa xe chuyển động đồng bộ với phôi và mỏ đốt cắt phôi. Sau khi cắt xong phôi, kim thả lỏng xe quay trở lại vị trí ban đầu, hoàn thành một chu kỳ cắt.



Hình 3 – 75. Cơ cấu đồng bộ kiểu kim cặp.

- | | |
|------------|------------|
| 1– Xi lanh | 3– Đầu kim |
| 2– Giá xe | 4– Phôi |



Hình 3 – 76. Cơ cấu xác định kích thước kiểu mạch xung.

- | | |
|----------------------|-------------------------|
| 1– Phôi thép | 4– Xi lanh |
| 2– Bánh quay đo | 5– Cơ cấu tạo mạch xung |
| 3– Trục nối vô hướng | |

Cơ cấu xác định chiều dài phôi có 3 loại: loại cơ khí, loại mạch xung và loại quang điện. Loại máy đúc phôi vuông nhỏ nhiều dòng là dùng cơ cấu định chiều dài cơ khí. Hình 3 – 76 là cơ cấu định chiều dài mạch xung dùng cho máy đúc liên tục phôi tấm. Dùng xi lanh đẩy bánh xe đo chiều dài đầu nằm ở mặt dưới phôi dựa vào lực ma sát làm cho bánh xe đỡ quay. Cơ cấu phát sinh mạch xung phát tín hiệu tính ra chiều dài. Khi đạt đến một chiều dài nhất định tức thì máy tính phát tín hiệu bắt đầu cắt phôi. Điểm mấu chốt của cơ cấu này là tín hiệu mạch xung phát ra từ máy phát phải chính xác độ tin cậy cao.

Sau khi cắt bằng ngọn lửa phía dưới của rãnh cắt dính một lớp xỉ nếu không làm sạch sẽ ảnh hưởng đến thao tác cán và chất lượng vật liệu. Cách làm sạch là dùng dao cạo quét sạch xỉ dính phía dưới hoặc dùng bánh răng quay nhanh cào sạch xỉ bám.

*** Thiết bị cắt cơ khí:**

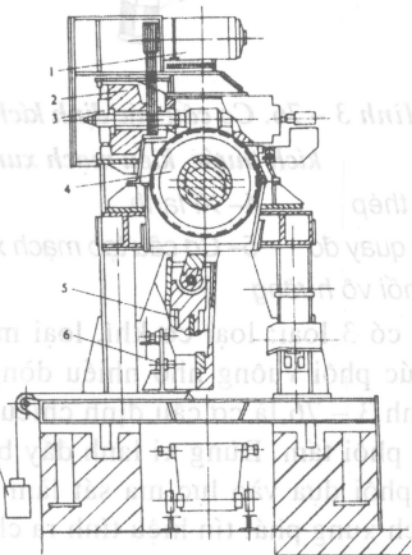
Cắt cơ khí còn gọi là cắt xé, gồm 2 loại: loại điện động và loại thủy lực. Bố trí máy cắt có cắt đứng, cắt nằm và cắt lệch 45°. Máy cắt nằm dùng cho máy đúc kiểu đứng, cắt đứng và cắt nghiêng là dùng cho máy đúc kiểu cong.

- Máy cắt đứng:

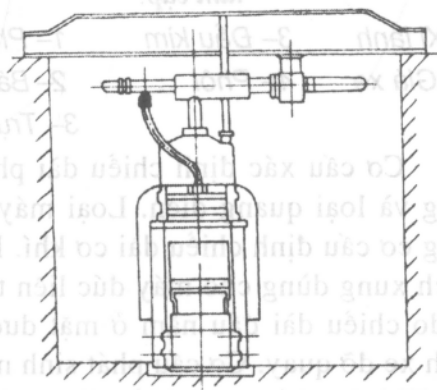
Hình 3 – 77 là máy cắt đứng phôi vuông nhỏ bán kính 5,25 m bao gồm cơ cấu truyền động, cơ cấu đốt. Cơ cấu đồng bộ, cơ cấu phức vị và li hợp, dùng motor điện xoay chiều qua dây cua-roa quay lưỡi cắt cắt phôi. Trong quá trình cắt để dao cắt có thể chuyển động đồng bộ nằm ngang với phôi, cắt xong cơ cấu phức vị đưa dao cắt trở về vị trí ban đầu.

- Cắt thủy lực kiểu đứng (hình 3 – 78):

Chủ thể của máy cắt móc treo trên sàn ngang có thể lắc tự do. Lực cắt lớn nhất có thể tới 1500 tấn, cắt phôi tiết diện tới 1200 cm² dày 250 mm, rộng 760 mm. Thời gian cắt một lần là 16 giây, trọng lượng máy nặng tới 40 tấn.



Hình 3 – 77. Máy cắt cơ.



Hình 3 – 78. Máy cắt thủy lực kiểu đứng.

1– Mô tơ điện xoay chiều

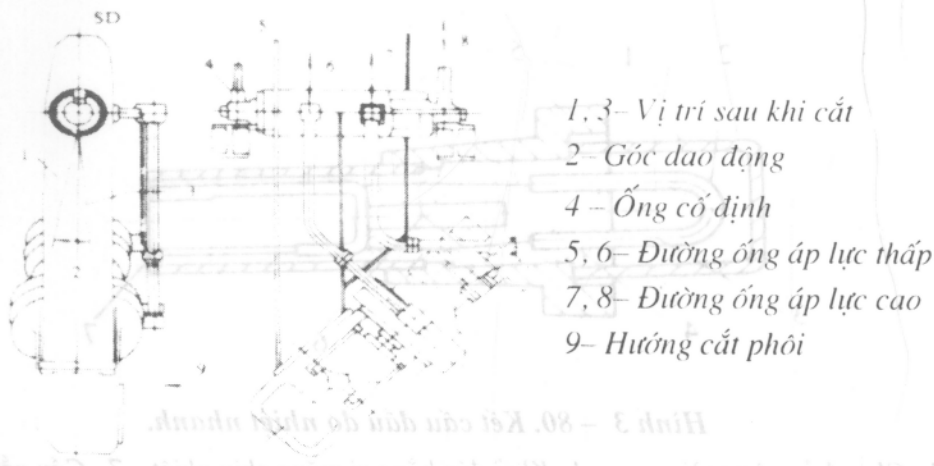
4– Trục vít

7– Đồi trọng cân bằng

- 2- Bánh đà 5- Lưỡi dao
3- Hộp li hợp 6- Cơ cấu nghiêng

- Máy cắt thủy lực 45° (hình 3-79):

Chủ thể của máy cắt nghiêng này lệch với mặt nằm ngang 45°. Dùng kết cấu này là để thiện chất lượng cắt đặc biệt là phôi thép hợp kim cao, nâng cao suất thu hồi phôi.



Hình 3 – 79. Máy cắt bằng thủy lực nghiêng 45°.

Năng lực cắt của dao chọn theo tiết diện phôi đúc lớn nhất, nhiệt độ cắt thấp nhất. Lực cắt tùy thuộc vào nhiệt độ cắt như bảng sau.

Bảng 3–9. Lực cắt theo nhiệt độ phôi ($\times 10^4$ N).

Nhiệt độ cắt, °C		750	800	850	900	950	1000	1050	1100
Tiết diện phôi, mm ²	120x120	189,5	164,9	137,4	113,7	93,7	77,4	64,9	56,1
	150x150	292,2	257,8	218,6	183,6	153,6	127,6	106,1	88,9

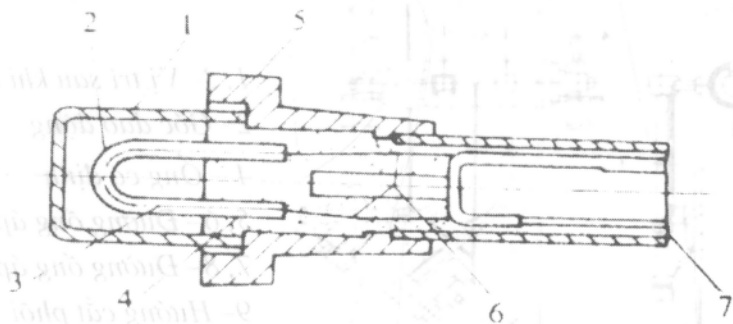
2.3. Khống chế tự động và đo kiểm trong quá trình đúc liên tục

Điều khiển và tự động hóa là một giải pháp có hiệu quả cho đảm bảo sản xuất liên tục và nâng cao năng suất của máy đúc cũng như cải thiện chất lượng phôi đúc. Cùng với sự phát triển và tiến bộ của kỹ thuật đúc liên tục, yêu cầu độ chính xác và tính vi của thiết bị đo kiểm càng ngày càng cao và

các cơ cấu điều khiển tự động tiến tiến, ứng dụng rộng rãi hệ thống điều khiển vì tính dễ thực hiện tự động hóa quá trình đúc liên tục.

2.3.1. Đo kiểm nhiệt độ nước thép trong thùng rót trung gian:

Đúc liên tục yêu cầu nhiệt độ nước thép rất khắt khe, nhất là nhiệt độ nước thép trong thùng rót trung gian cân ổn định, do vậy phải kiểm tra nhiệt độ nước thép trong thùng rót trung gian một cách chặt chẽ.



Hình 3 – 80. Kết cấu đầu đo nhiệt nhanh.

- | | | |
|----------------------|-------------------------------------|------------|
| 1– Chụp bảo vệ ngoài | 4– Khối đúc bằng xi măng chịu nhiệt | 7– Cần cầm |
| 2– Ống thạch anh | 5– Vỏ ngoài | |
| 3– Cặp nhiệt kế | 6– Dây bù | |

* Điểm đo nhiệt độ:

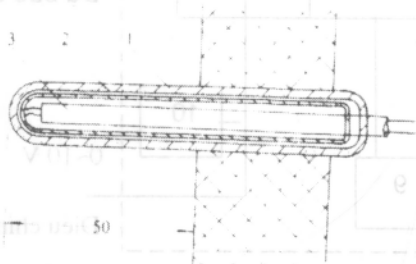
Thường dùng can nhiệt có đầu đo nhiệt độ nhanh và máy hiện số. Kết cấu của đầu đo nhiệt độ nhanh như hình 3-80. Can nhiệt Pt-Rh – Pt10, độ chính xác tương đối cao, cũng có thể dùng can nhiệt loại Pt-Rh nhưng độ chính xác thấp một chút. Chụp bảo vệ (1) làm bằng nhôm hoặc thép để bảo vệ ống thạch anh của đầu đo khi nhúng qua lớp xỉ không bị xỉ làm hỏng, khi đầu đo nhúng vào đến nước thép thì chụp bảo vệ này nóng chảy. Ống thạch anh (2) trực tiếp tiếp xúc với nước thép làm cho cặp nhiệt kế (3) hoạt động báo nhiệt độ. Ống thạch anh trong suốt vừa đảm bảo truyền nhiệt và bức xạ cho cặp nhiệt kế Pt – Rh nâng cao độ chính xác và tốc độ đo nhiệt độ. Và (4) là xi măng chịu nhiệt có độ dẫn nhiệt kém và diện trở lớn, thời gian đông cứng thích hợp.

Chất lượng của đầu đo là điều mấu chốt đảm bảo cho đo nhiệt độ chính xác, mỗi loại đầu đo đều phải lấy mẫu kiểm tra, súng đo cũng thường xuyên kiểm tra cách điện. Giữa dây dẫn bù và thân súng bằng kim loại phải cách

điện, điện trở không nên $< 50 \text{ M}\Omega$, nếu không đồng hồ hiện số sẽ không làm việc bình thường.

* Đo liên tục nhiệt độ nước thép trong thùng trung gian:

Đo liên tục để biết được sự thay đổi nhiệt độ trong quá trình rót đúc ở thùng rót trung gian. Cơ cấu đo như hình 3 – 81.



1– Ống sứ kim loại

2– Ống bằng oxyt nhôm

3– Cặp nhiệt Pt–Rh

Hình 3 – 81. Đo liên tục nhiệt độ nước thép.

Ống sứ kim loại làm bằng MgO – Mo có thành dày $\sim 5 \text{ mm}$, trong lòng một ống thuần oxyt nhôm để tránh khí của áo thùng thoát ra làm bắn, kéo dài tuổi thọ của dây cặp nhiệt, dùng dây Pt – Rh cũng có thể được. Khi lắp, chiều dài của ống bảo vệ nhô ra khỏi thùng không nên nhỏ hơn 50 mm; nếu không nhiệt độ đo sẽ thiếu chính xác. Vì đầu đo được 2 lớp ống bảo vệ nên lượng nhiệt tích vào tương đối lớn, số trị báo có phần chậm nhất định nào đó.

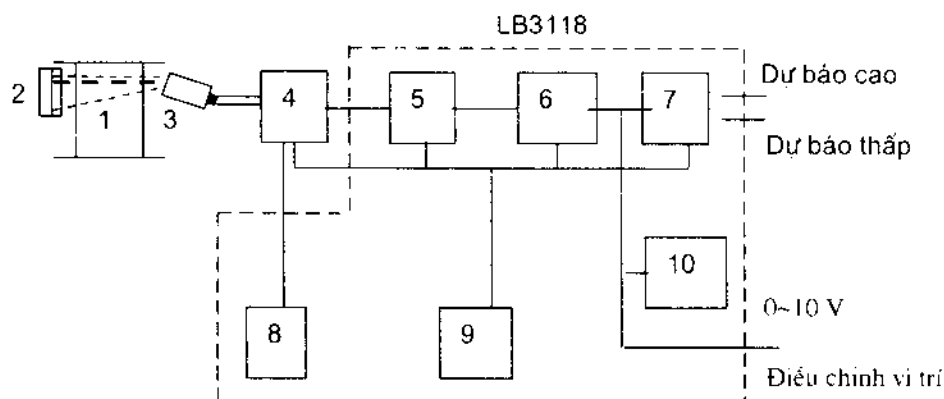
2.3.2. Khống chế mặt nước thép trong bình kết tinh:

Mặt nước thép trong BKT phải ổn định ở một mức nào đó thì sự trao đổi nhiệt trong BKT mới đảm bảo được ổn định. Phía trên mặt nước thép phải có một lớp xỉ dày nhất định, vì nó có tác dụng hết sức quan trọng cho chất lượng phôi đúc. Nhất là đối với phôi nhỏ, đo được bề mặt nước thép trong BKT và cơ cấu khống chế là một trong những vấn đề mấu chốt của thiết bị. Hiện nay có nhiều cách đo.

* Đo bằng đồng vị phóng xạ:

Cơ cấu đo có nguồn phóng xạ Co – 60, máy tính số lóc sáng. Hệ thống đo báo như hình 3 – 82. Nguyên lý làm việc của nó là lợi dụng nước thép hấp thụ tia γ để đo liên tục chiều cao mặt nước thép trong BKT. Từ nguồn phóng xạ luôn phát ra một số lượng tia γ nhất định xuyên qua BKT, khi không có nước thép toàn bộ tia γ đều qua máy tính có lóc sáng, còn khi có nước thép thì bị hấp thụ một phần nên có lượng tia γ đến máy tính lóc sáng giảm đi, từ đó tính cường độ của tia γ suy ra mặt nước thép cao thấp.

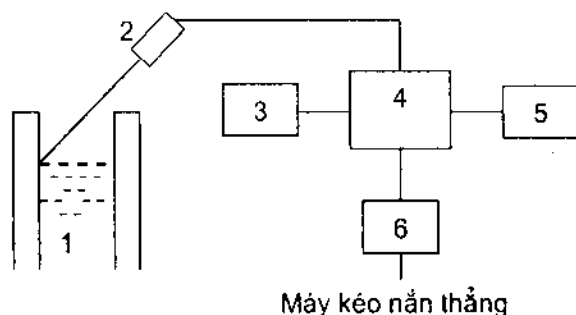
Tia phóng xạ vượt quá một lượng nhất định vào cơ thể người là có hại, nên khi lắp và sửa chữa cần chú ý an toàn, khi không dùng thì nên tắt nguồn.



Hình 3 – 82. Hệ thống khống chế mặt nước thép trong BKT bằng Co-60.

- | | |
|---------------------------|---|
| 1- BKT | 6- Mạch đồng hồ biểu thị tuyến tính |
| 2- Nguồn phóng xạ | 7- Mạch cảnh báo mức nước thép cao thấp |
| 3- Cơ cấu ghi số lọc sáng | 8- Nguồn điện cao áp thay đổi điện 1 chiều – xoay chiều |
| 4- Hộp dây nối trung gian | 9- Nguồn điện áp thấp |
| 5- Mạch phóng đại | 10- Hiển thị vị trí mặt nước thép |

* Đo bằng tia hồng ngoại (hình 3 - 83);



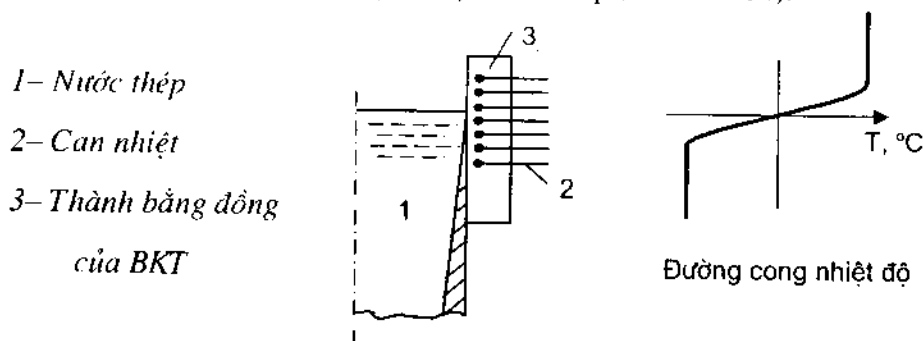
Hình 3 – 83. Hệ thống khống chế và đo mặt nước thép trong BKT bằng tia hồng ngoại.

- | | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| 1- BKT | 4- Cơ cấu điện tử |
| 2- Đầu đo | 5- Máy ghi mặt nước thép |
| 3- Màn hình hiển thị mặt nước thép | 6- Cơ cấu điều chỉnh mặt nước thép |

Lợi dụng đầu phức xạ của tia hồng ngoại tìm vị trí điểm đen của mặt nước thép. Đầu thăm tìm tia hồng ngoại chuyển thông lượng ánh sáng thu được thành tín hiệu điện, tín hiệu điện qua máy khuếch đại điện tử chuyển vào thiết bị điều chỉnh mặt nước thép trong BKT để khống chế tốc độ kéo làm cho mặt nước thép ổn định ở một chiều cao nhất định, từ đó đạt được mục đích khống chế tự động chiều cao mặt nước thép trong BKT.

* Đo bằng cặp nhiệt kế:

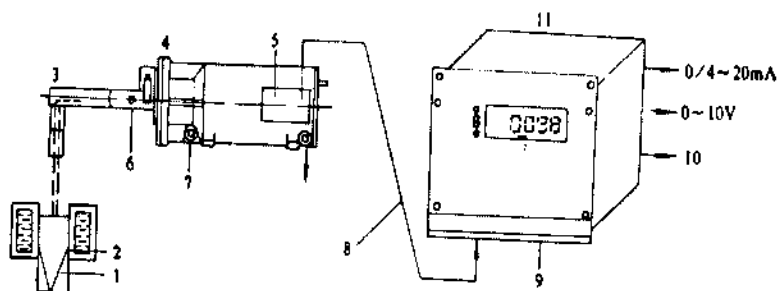
Đặt ở một chiều cao nhất định trong BKT cặp nhiệt điện kế. Khi nhiệt độ bảo thay đổi thì biết được vị trí mặt nước thép (hình 3 - 84).



Hình 3 - 84. Xác định vị trí mặt nước thép bằng cặp nhiệt.

* Đo bằng kích quang:

Máy kích quang kiểu LADAR của nhà máy ENDRESS và HAUSER của Đức đo chiều cao mặt nước thép trong BKT như hình 3 - 85.



Hình 3 - 85. Nguyên lý đo mặt nước thép bằng kích quang.

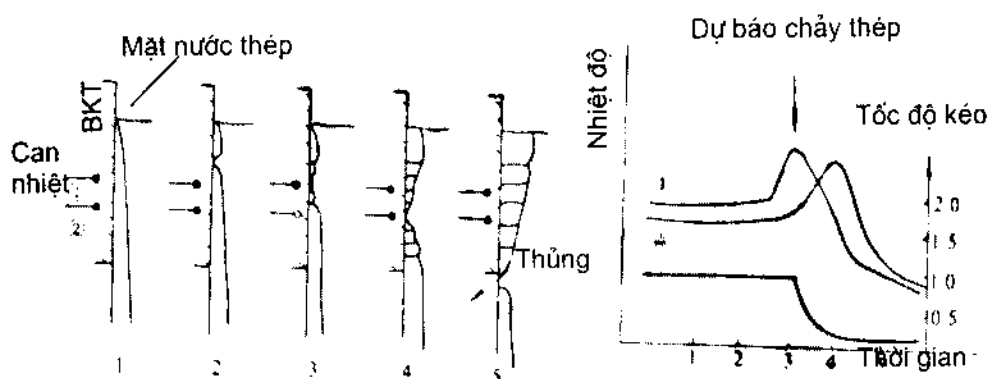
- | | | |
|----------------------|------------------------|------------------------|
| 1- Vòng đúc | 5, 9- Nguồn cấp điện | 8- Cáp điện |
| 2- BKT | 6- Không khí thổi quét | 10- Truyền ra tín hiệu |
| 3- Ống dẫn ánh sáng | 7- Nước làm nguội | 11- Đồng hồ đo |
| 4- Cơ cấu truyền cảm | | |

Từ một bộ phận cảm biến phát ra ánh sáng hồng ngoại qua ống dẫn đến mặt nước thép, gặp mặt nước thép phản quang trở lại qua ống dẫn đến bộ phận đo quang điện của cảm biến. Khoảng cách thời gian phát và thu nhận tia phát là cự ly giữa bộ phận phát xạ hồng ngoại đến mặt nước thép. Đặt một mặt chuẩn trên đường đi, như vậy trừ đi cự ly từ bộ phận phát xạ đến mặt chuẩn tức là cự ly giữa mặt chuẩn và mặt nước thép. Trên mặt nước thép trong BKT có một lớp xi bảo vệ thì phản xạ là từ mặt xi, nên đó là cự ly đến mặt xi. Do vậy cần phải duy trì chiều dày lớp xi bảo vệ nhất định.

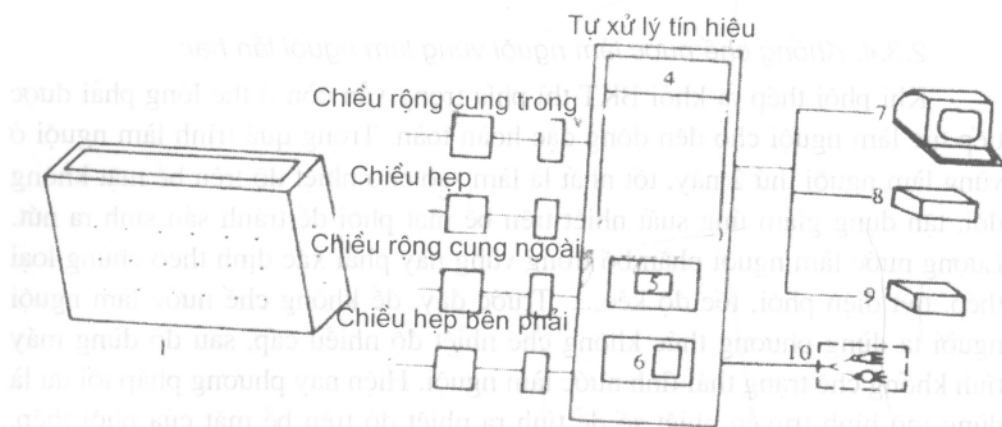
2.3.3. Dự báo phôi thủng:

Khi phôi thép bị dính gây ra thủng trong BKT, nơi vỏ bị nứt hình chữ V mở rộng theo chiều ngang đồng thời lại bị kéo xuống ra khỏi BKT tạo thành phôi thủng. Như vậy, nhiệt độ phía dưới điểm nứt tăng giảm đột ngột như hình 3 – 86.

Trong tình trạng bình thường nhiệt độ đo tại điểm 1 và 2 như đường biểu diễn tương đối bình ổn, nhưng khi bị dính nứt nước thép chảy qua lớp vỏ đông đặc tiếp xúc ngay với thành BKT nên nhiệt độ đo của can tăng đến số trị đỉnh (dự báo thủng). Nếu như không giảm tốc độ kéo mà cứ tiếp tục kéo như vậy đến vị trí can nhiệt 2, đường cong biểu diễn nhiệt độ lại cũng nâng lên đến số trị đỉnh mà cứ không giảm tốc độ kéo hoặc tạm dừng một chút để lớp vỏ dày thêm sẽ bị kéo thủng. Nên lợi dụng cách đo này để dự báo thủng phôi trong BKT. Hệ thống này như hình 3 – 87 và 3 – 88.

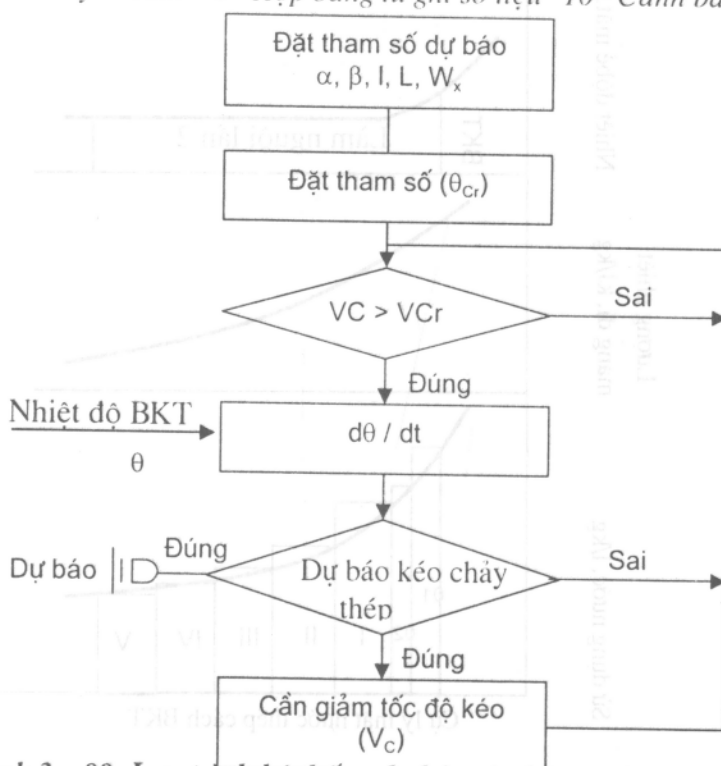


Hình 3 – 86. Cơ lý quá trình dính nứt và chảy thép trong BKT và biến đổi nhiệt độ.



Hình 3 – 87. Hệ thống dự báo kéo chảy thép.

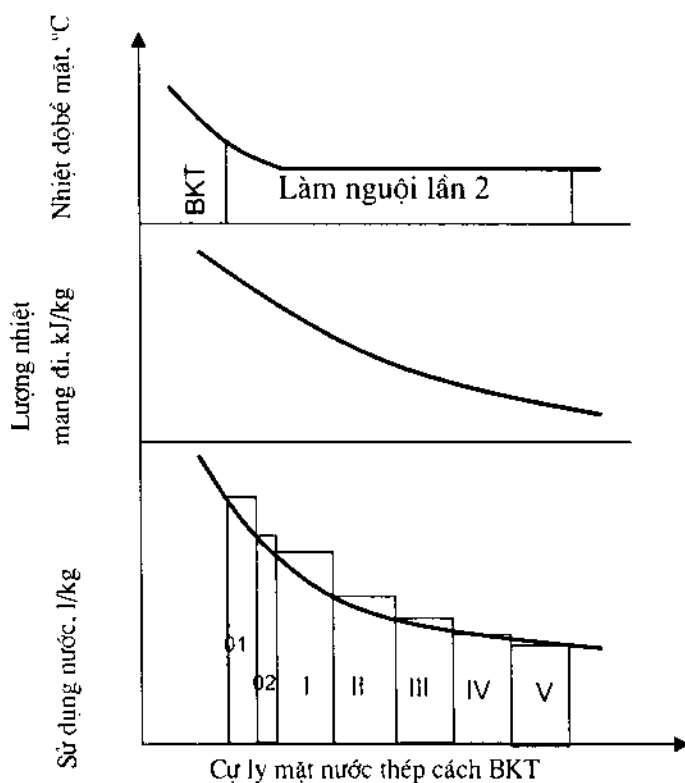
- 1- BKT 4,9- Máy tính 7- Hộp không chế (CRT)
- 2- Cơ cấu nối dây 5- Đĩa cứng 8- Số trị cảnh báo
- 3- Cơ cấu truyền cảm 6- Hộp băng từ ghi số liệu 10- Cảnh báo



Hình 3 – 88. Lưu trình hệ thống dự báo và phòng tránh chảy thép (phôi thùng).

2.3.4. Khống chế nước làm nguội vùng làm nguội lần hai:

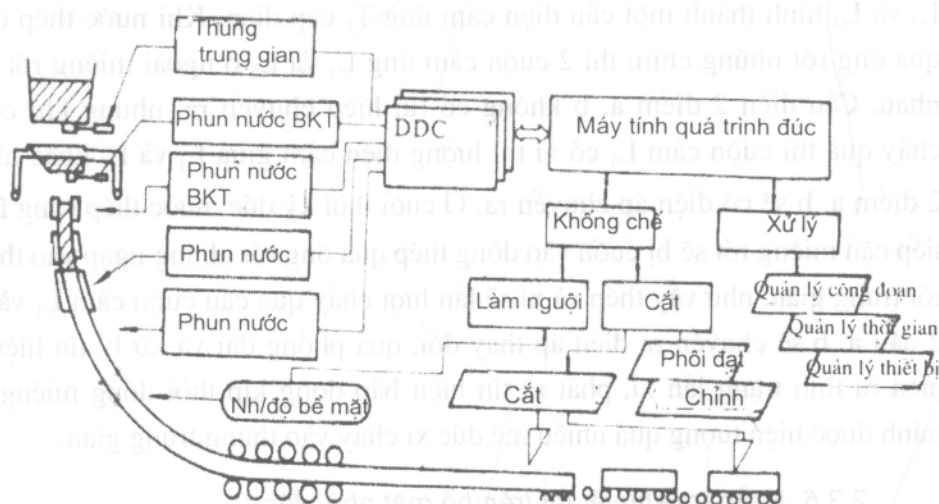
Khi phôi thép ra khỏi BKT thì phía trong vẫn còn ở thể lỏng phải được tiếp tục làm nguội cho đến đông đặc hoàn toàn. Trong quá trình làm nguội ở vùng làm nguội thứ 2 này, tốt nhất là làm sao cho nhiệt độ trên bề mặt không đổi, tận dụng giảm ứng suất nhiệt trên bề mặt phôi để tránh sản sinh ra nứt. Lượng nước làm nguội phân bố trong vùng này phải xác định theo chủng loại thép, tiết diện phôi, tốc độ kéo,... Trước đây, để khống chế nước làm nguội người ta dùng phương thức khống chế nhiệt độ nhiều cấp, sau đó dùng máy tính khống chế trạng thái tinh thể nước làm nguội. Hiện nay phương pháp tối ưu là dùng mô hình truyền nhiệt số để tính ra nhiệt độ trên bề mặt của phôi thép, đồng thời hiệu chỉnh theo nhiệt độ thực tế để được nhiệt độ bề mặt phôi thép nằm trong vùng làm nguội thứ 2 là tốt nhất, dùng máy tính tính ra lượng nước làm nguội cần khống chế. Nguyên lý được thể hiện trên hình 3 – 89.



Hình 3 – 89. Nguyên lý xác định lượng nước làm nguội lần hai.

Đối với mỗi mức thép có một nhiệt độ bề mặt tối ưu để không xảy ra nứt, duy trì được nhiệt độ bề mặt không đối tượng tự như tìm ra đường cong biểu thị lượng nhiệt mất đi. Sự phân bố lượng nước làm nguội như thế nào mới có thể có được đường cong phân bố lượng nhiệt mất đi của phôi đúc như trên, tức là tìm được phạm vi nhiệt độ tối ưu ổn định trên bề mặt phôi.

Tính toán nhiệt độ bề mặt phôi bằng mô hình hóa cần hiệu chỉnh với nhiệt độ đo được thực tế vì khi mô hình hóa tính toán đã giả định khá nhiều, cộng với sự truyền nhiệt của trực dẫn dù cho tiếp cận sát với thực tế nhưng vẫn chỉ là gần đúng

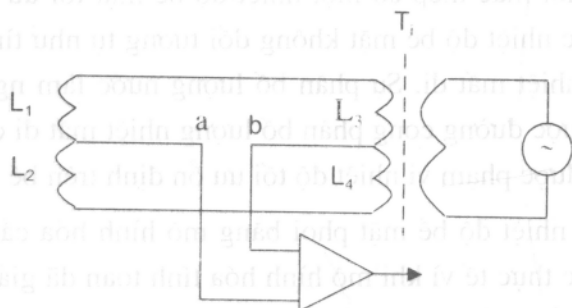


Hình 3 – 90. Các công năng trong hệ thống máy tính dùng cho máy ĐLT.

Hình 3 – 90 là một thí dụ thực tế về khống chế lưu lượng nước. Điều này thực hiện được không chỉ hạn chế được khuyết tật trên bề mặt phôi mà còn hỗ trợ cho việc nâng cao tốc độ kéo.

2.3.5. Kiểm tra xỉ đối với kiểu miệng rót ngập trong thép:

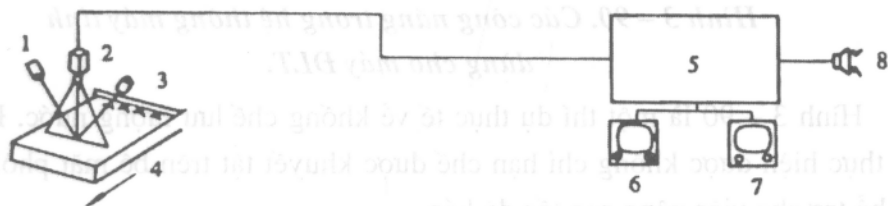
Để tránh xỉ từ thùng rót chảy vào thùng trung gian ở cuối thời kỳ đúc, sử dụng phương pháp cầu điện cảm ứng như hình 3 – 91.



Hình 3 – 91. Nguyên lý đo kiểm xỉ lỏng trong miệng rót.

Phương pháp này là mắc vào ống rót một tổ hợp vòng cảm ứng L_1 , L_2 , L_3 và L_4 hình thành một cầu điện cảm ứng T_1 cấp điện. Khi nước thép chảy qua ống rót nhúng chìm thì 2 cuộn cảm ứng L_1 và L_2 ở ngoài miệng rót như nhau. Cầu điện 2 điểm a, b không có tín hiệu chuyển ra, nhưng khi có xỉ chảy qua thì cuộn cảm L_1 có xỉ thì lượng điện cảm giữa L_1 và L_2 khác nhau, 2 điểm a, b sẽ có điện áp chuyển ra. Ở cuối thời kỳ đúc, nước thép càng ít, xỉ tiếp cận miệng rót sẽ bị cuốn vào dòng thép qua ống rót nhúng ngập vào thùng rót trung gian, như vậy thép và xỉ sẽ lần lượt chảy qua cầu cuộn cảm L_1 và L_2 , 2 đầu a, b sẽ chuyển ra điện áp thay đổi, qua phóng đại và xử lý tín hiệu sẽ hiện ra tình trạng lẫn xỉ, phát ra tín hiệu báo động kịp thời đóng miệng rót tránh được hiện tượng quá nhiều mẻ đúc xỉ chảy vào thùng trung gian.

2.3.6. Kiểm tra khuyết tật trên bề mặt phôi đúc:



Hình 3 – 92. Nguyên lý kiểm tra khuyết tật.

- | | |
|----------------------------|--------------------------|
| 1– Đèn thủy ngân cao áp | 5– Cơ cấu xử lý tín hiệu |
| 2– Máy quay phim trực tiếp | 6– Ảnh bề mặt phôi |
| 3– Máy khử vẩy sắt | 7– Ảnh xử lý |
| 4– Phôi thép | 8– Phán đoán khuyết tật |

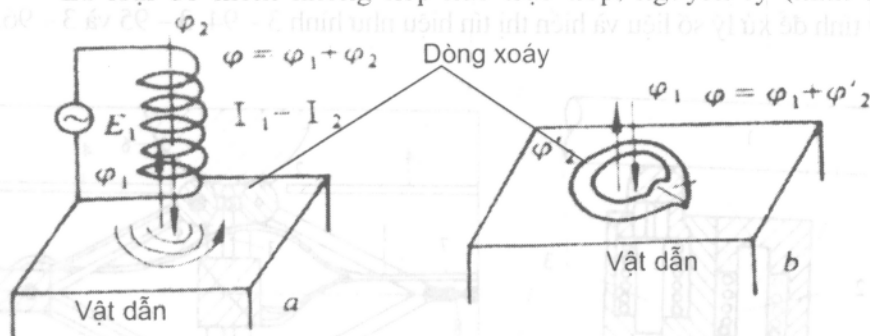
Để có thể cấp phôi nóng liên tục cho xường cán và tiết kiệm năng lượng, điều quan trọng là phải kiểm tra được chất lượng bề mặt phôi đúc khi còn nóng đỏ.

* Quay phim hiện trên màn hình công nghiệp:

Đây là phương pháp đo kiểm gián tiếp bằng quang học. Do phôi thép còn ở nhiệt độ cao có ánh sáng của bức xạ nhiệt nên bên ngoài phải chiếu sáng mạnh và cả 2 phía với góc độ chiếu sáng thích hợp vì nếu chỉ một bên chiếu sáng, không chỉ ảnh vết nứt xuất hiện tối mà cả bề mặt lồi lõm không phẳng của vết hàn cũng hiện lên. Do vậy không dễ gì phân biệt được. Nên phải dùng nhiếp ảnh công nghiệp chiếu từ 2 phía, từ tín hiệu nhìn thấy qua xử lý cho ta sự đo kiểm khuyết tật (hình 3 – 92).

* Đo kiểu dòng xoáy:

Là loại đo kiểm không tiếp xúc trực tiếp, nguyên lý (hình 3 – 93).



Hình 3 – 93. Nguyên lý cách tạo dòng xoáy.

Dòng điện xoay chiều đi qua một cuộn dây dẫn sản sinh ra từ thông φ_1 và sản sinh ra trên vật dẫn một dòng xoáy và trên bề mặt vật dẫn lại sản sinh ra từ thông φ_2 , số trị φ_2 phụ thuộc vào điện áp đi qua cuộn dây, khoảng cách giữa cuộn dây và vật dẫn (bề mặt cần kiểm tra), độ dẫn điện của vật dẫn và hiệu suất dẫn từ lúc đầu. Khi bề mặt vật dẫn cần đo kiểm có khuyết tật thì đường dẫn của dòng xoáy dài ra, hiệu suất dẫn điện sẽ giảm. Tổng lượng từ thông φ là tổng của φ_1 và φ_2 , do bề mặt có khuyết tật dẫn đến sự thay đổi từ thông φ_2 , ảnh hưởng trực tiếp đến sự thay đổi trở kháng của cuộn dây, cho nên do sự thay đổi trở kháng của cuộn dây là có thể đo được khuyết tật trên bề mặt. Dùng máy tính khống chế toàn bộ hệ thống đo kiểm này, đưa tín hiệu truyền ra của cơ cấu cảm ứng dòng xoáy vào mạch mô phỏng và số hóa,

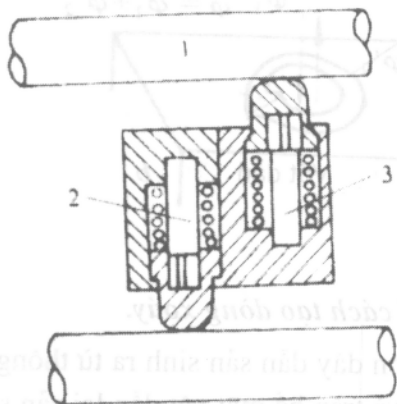
đặc trưng khuyết tật đưa vào phân tích trong hệ vi xử lý là có thể phán đoán được mức độ nghiêm trọng của các loại khuyết tật bề mặt phôi thép và qua màn hình có thể hiện ra hình ảnh đó.

2.3.7. Đo kiểm khoảng cách giữa trục dẫn:

Máy đúc liên tục đều phải có trục đỡ và nắn, khẩu độ cần phù hợp với yêu cầu công nghệ. Nhưng khi làm việc bị mài mòn, lệch tâm, sai vị trí trước và sau, lệch vị trí đường chuẩn,... Sự sai lệch vượt quá một giới hạn nhất định sẽ gây ra các khuyết tật nứt trong, lõi bụng... ảnh hưởng xấu đến chất lượng phôi. Bởi vậy cho nên cần phải đo kiểm khoảng cách để điều chỉnh và tu sửa.

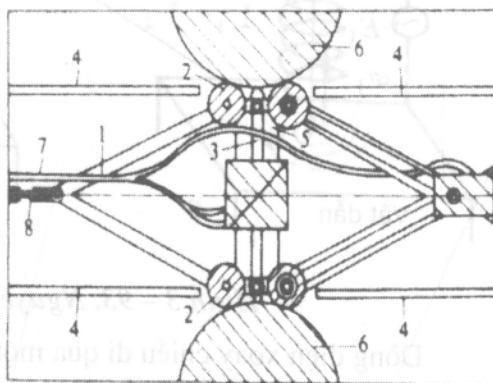
* Cơ cấu đo khoảng cách trục kiểu vô tuyến điện:

Lắp vào cơ cấu kéo dãn thời dẫu đo và máy phát sóng, khi đi qua các trục cự ly giữa 2 trục biến thành lượng điện đi vào máy phát vô tuyến, phát tín hiệu cho máy tính để xử lý số liệu và hiển thị tín hiệu như hình 3 – 94, 3 – 95 và 3 – 96.



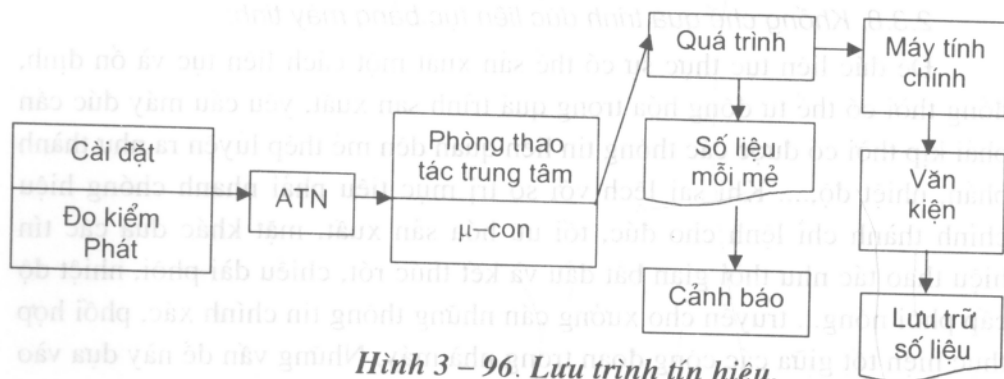
Hình 3 – 94. Nguyên lý đo xác định khoảng cách trục.

- 1– Trục kẹp
- 2– Biến áp chỉ sai lệch
- 3– Biến áp chỉ sai lệch



Hình 3 – 95. Cơ cấu đo khoảng cách trục

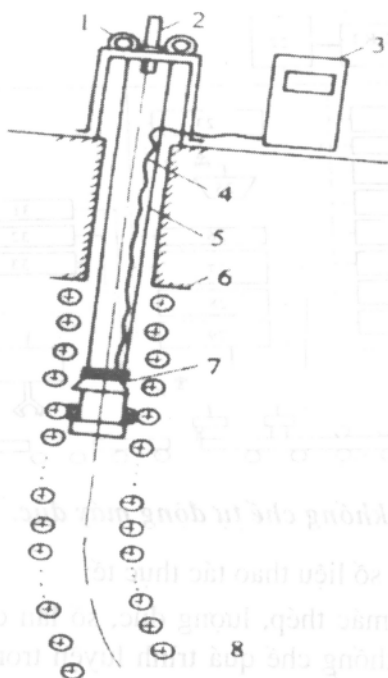
- 1– Cơ cấu dẫn khí động điều chỉnh hình cắt
- 2– Trục tỳ
- 3– Hộp truyền cảm
- 4– Dây cuaroa
- 5– Xi lanh
- 6– Trục
- 7– Cáp điện
- 8– Dây xích



Hình 3 - 96. Lưu trình tín hiệu.

* Cơ cấu đo khoảng cách trực kiểu kích quang (hình 3 - 97):

Kích quang (phát ra ánh sáng mạnh) từ phía trên BKT làm đường chuẩn giả định tiến hành đo các tham số: khoảng cách giữa các đôi trục, góc tạo thành bởi đường chuẩn và đường tâm trục, lượng lệch tâm giữa đường chuẩn và trung tâm giữa 2 trục từ đó xác định ra được lượng sai lệch so với quy định. Phương pháp này đang được dùng nhiều ở Nhật Bản.



- 1- Cơ cấu nâng
- 2- Kích quang
- 3- Xử lý tín hiệu
- 4- Truyền tín hiệu
- 5- Dây cáp treo
- 6- BKT
- 7- Đo kiểm
- 8- Đo định vị trục

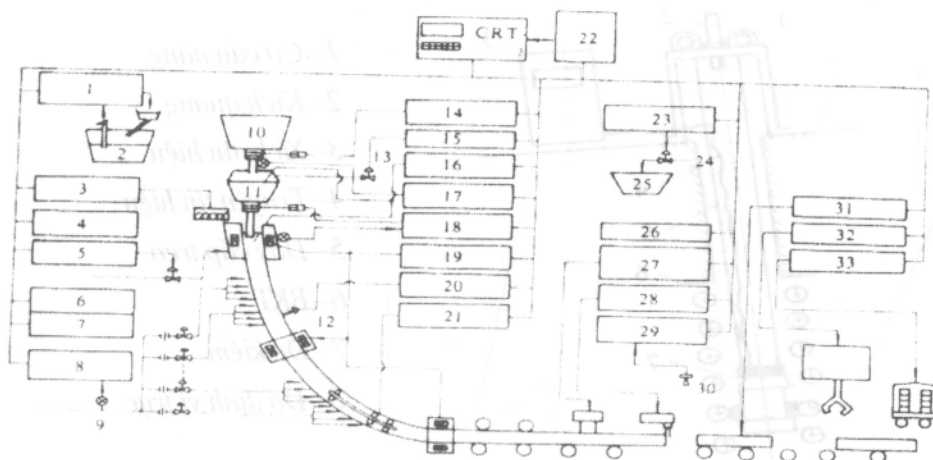
Hình 3 - 97. Cơ cấu đo định vị trục.

2.3.8. Khống chế quá trình đúc liên tục bằng máy tính:

Để đúc liên tục thực sự có thể sản xuất một cách liên tục và ổn định, đồng thời có thể tự động hóa trong quá trình sản xuất, yêu cầu máy đúc cần phải kịp thời có được các thông tin liên quan đến mẻ thép luyện ra như thành phần, nhiệt độ,.... Khi sai lệch với số trị mục tiêu phải nhanh chóng hiệu chỉnh thành chỉ lệnh cho đúc, tối ưu hóa sản xuất, mặt khác đưa các tín hiệu thao tác như thời gian bắt đầu và kết thúc rót, chiều dài phôi, nhiệt độ cấp phôi nóng... truyền cho xưởng cán những thông tin chính xác, phối hợp thực hiện tốt giữa các công đoạn trong nhà máy. Những vấn đề này dựa vào thao tác thủ công thì khó hoàn thành được nên cần phải có máy tính mới thực hiện được.

Máy tính khống chế quá trình liên tục phải phối hợp hợp lý với máy tính khống chế quá trình luyện thép và cán thép, đồng thời nối mạng với thao tác quản lý và xử lý số liệu.

Thông thường hệ thống khống chế bao gồm 4 bộ phận như hình 3 – 98.



Hình 3 – 98. Hệ thống khống chế tự động máy đúc.

* Nối lệnh chỉ huy (chỉ lệnh) với số liệu thao tác thực tế:

Tín hiệu của chỉ lệnh đúc như: mức thép, lượng đúc, số lần cắt phôi, chiều dài phôi. Thông qua máy tính khống chế quá trình luyện trong lò, từ máy tính khống chế quá trình sản xuất truyền cho máy tính khống chế quá trình đúc. Mặt khác, các tín hiệu về sản lượng và thao tác cắt thực tế lại qua máy tính khống chế quá trình luyện của lò rồi truyền đến máy tính khống chế

quá trình sản xuất. Đồng thời các dữ liệu trên lại truyền cho máy tính khống chế quá trình cán để xác định chế độ cán và quá trình gia nhiệt của lò nung.

* Chỉ đạo nhân viên thao tác thực hiện:

Chỉ đạo nhân viên thao tác dùng hiển thị CRT các số liệu sau:

(1) Số liệu nước thép của lò (thành phần, thời gian ra thép, ...).

(2) Theo kết quả tính ra số lượng cắt tối ưu, hiển thị chỉ lệnh cho cắt phôi.

(3) Hiển thị số phôi cắt thực tế với chiều dài phôi.

(4) Hiển thị trọng lượng chính xác, các bước và vị trí chất phôi truyền đến cho lò nung.

(5) Tự động hiển thị khống chế đúc: nước làm nguội, các tình trạng thực của phôi đúc.

(6) Hiển thị khống chế BKT, thùng trung gian, thành bằng đồng của BKT, miệng rót, lượng chứa chất tạo xỉ bảo vệ, ...

(7) Chỉ đạo thao tác trên dàn thao tác: căn cứ vào nước thép và các số liệu liên quan đến xử lý ngoài lò, tính: lượng Al, phế thép cho vào tốc độ rót đúc. Tất cả tập trung chỉ đạo thao tác cho thực hiện đúc được liên tục và ổn định.

* Nối giữa các máy tính và cơ cấu lịch trình:

Dùng máy tính để khống chế quá trình đúc liên tục cần giải các phép tính khống chế tự động sau để chỉ lệnh:

– Tính suất thu hồi lớn nhất của phôi cắt theo chiều dài tối ưu.

– Tính lượng Al và phế thép cần cho thêm vào.

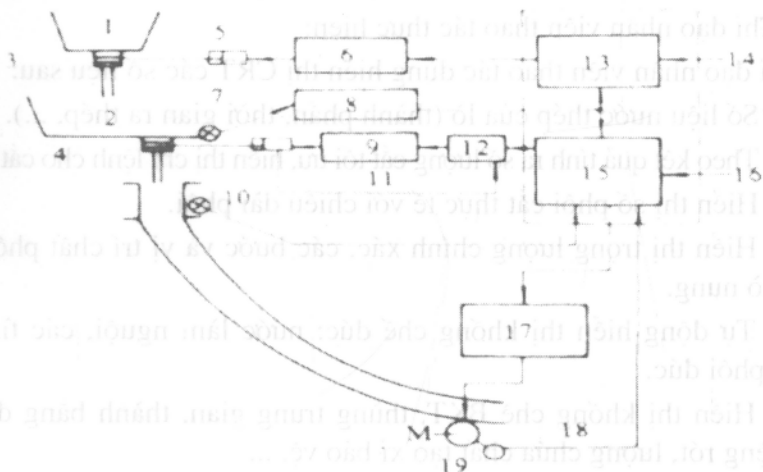
– Căn cứ vào nhiệt độ đo thực tế của phôi để điều chỉnh lưu lượng nước tối ưu của vùng làm nguội thứ hai.

Căn cứ vào các số liệu tính trên truyền vào máy tính nhỏ và cơ cấu trình tự để tiến hành khống chế tự động, đồng thời đưa tình trạng chấp hành khống chế truyền cho máy tính khống chế toàn quá trình. Máy tính này căn cứ vào tín hiệu đưa đến, tính lại và hiệu chỉnh rồi chỉ lệnh, đồng thời lưu lại các tín hiệu chấp hành vào băng từ.

* Thao tác và phân tích các số liệu kỹ thuật:

Truyền thao tác cho máy tính khống chế sản xuất và khống chế các tín hiệu chấp hành chứa trong thiết bị ngoại vi để tùy thời điểm lấy ra tham khảo và phân tích. Thí dụ, phân tích các tín hiệu nước làm nguội lần hai để được số liệu rồi so sánh nhiệt độ trên bề mặt phôi dự tính và thực tế, dự tính độ chính xác khoảng cách trục với sự hiệu chỉnh thực được thực hiện bằng phân tích các số liệu khi đo khoảng cách các trục.

Hệ thống khống chế tự động máy đúc liên tục như hình 3 – 99.



Hình 3 – 99. Kết cấu hệ thống khống chế tự động rót đúc.

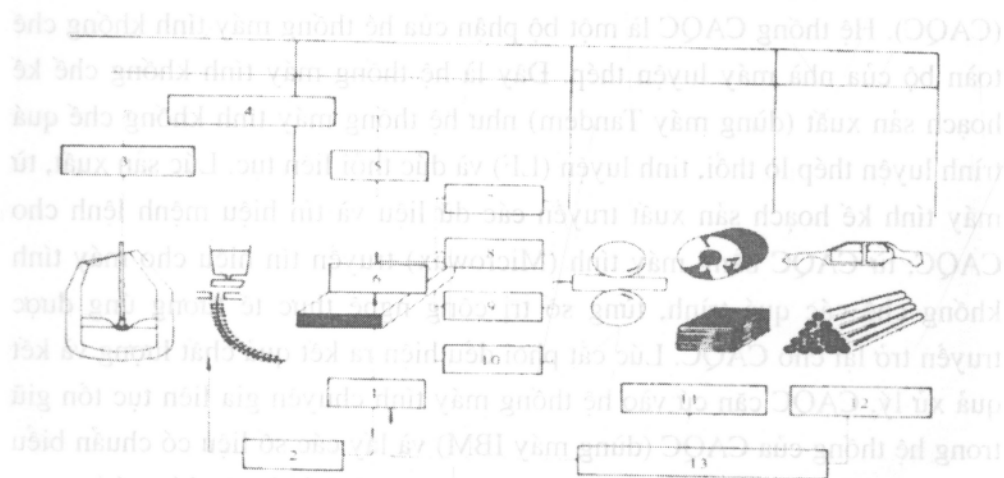
2.3.9. Hệ thống máy tính hỗ trợ khống chế chất lượng – Hệ thống chuyên gia ĐLT:

Khống chế tự động hóa trong quá trình đúc liên tục thể hiện tính ưu việt rất lớn. Trên một phương diện nào đó tính chuẩn xác và linh hoạt của việc khống chế vẫn không như ý muốn. Đặc biệt không thể thỏa mãn được đúc liên tục, chất nóng và cán trực tiếp – một yêu cầu mới của công nghệ sản xuất đối với chất lượng phôi đúc. Vấn đề ở chỗ, phương pháp khống chế thường chỉ qui định khống chế thực thi các tham số thực hiện trong quá trình đúc (chất lượng nước thép trong thùng trung gian, sự ba động mặt nước thép trong BKT, thay đổi nhiệt độ trên bề mặt phôi đúc, trong vùng làm nguội thứ hai...). Nhưng tính đến nguyên nhân cụ thể của các hiện tượng này trong sản xuất là chưa đủ hoặc không có cách nào để mô hình hóa cách tính cơ bản của hệ thống mà biểu thị ra một cách chuẩn xác (vì có nhiều nhân tố xuất hiện, kiểu tín hiệu không chính xác, phi số trị hóa).

Hệ thống máy tính hỗ trợ khống chế chất lượng (CAQC) còn gọi là hệ thống chuyên gia đúc liên tục là một hệ thống trình tự trí năng hóa. Căn cứ vào kinh nghiệm và nhận thức của các chuyên gia, qua kỹ năng của người thực hiện mô hình hóa quá trình tư duy của chuyên gia giúp cho máy tính có thể tìm ra giải đáp, đóng vai trò chuyên gia trong lĩnh vực phức tạp này.

Hệ thống chuyên gia đúc liên tục được thiết lập dựa trên cơ sở của nguyên lý khống chế chất lượng, đặc biệt là: dùng chất lượng dự báo thay thế cho kiểm nghiệm chất lượng của hệ thống từ đó mà đưa mức độ khống chế chất lượng từ trạng thái ngoại tuyến nâng cao đến trạng thái nội tuyến; sau đó căn cứ vào các tham số công nghệ đã biết với các quan hệ phức tạp trong các loại khuyết tật của chất lượng tính ra chất lượng của phôi đúc mà không phải là căn cứ vào số trị sai lệch để dự báo chất lượng, cho nên nó đã vượt qua trình độ của hệ thống khống chế thống kê đối với khống chế chất lượng. Cuối cùng khi lúc ba động trong sản xuất đúc, hệ thống chuyên gia thay đổi hiệu chỉnh tham số thao tác để tiện cho việc điều chỉnh công đoạn sau cùng bù cho chất lượng phôi đúc, cũng chính là hệ thống chuyên gia đúc liên tục có công năng hiệu chỉnh chuẩn. Tóm lại, hệ thống chuyên gia đúc đóng vai trò là hệ thống đảm bảo chất lượng, đảm bảo đủ yêu cầu cho phôi đúc chất nóng, kịp thời nhanh chóng phán đoán những phát sinh trong quá trình sản xuất phôi đúc có thích hợp cho chất nóng không, để cho ra những sản phẩm cuối cùng lý tưởng nhất.

* Khái niệm cơ bản của hệ thống máy tính hỗ trợ khống chế chất lượng:



Hình 3 – 100. Khái niệm cơ bản của hệ thống khống chế chất lượng hỗ trợ của máy đúc.

Hệ thống khống chế chất lượng hỗ trợ máy đúc được hợp thành do các bộ phận chính và công năng chủ yếu như hình 3 – 100, bao gồm đầy đủ các công đoạn trong quá trình sản xuất từ luyện đến xử lý sản phẩm cuối cùng. Các công năng chia thành giai đoạn kế hoạch và giai đoạn xử lý.

- *Giai đoạn kế hoạch* : dựa vào yêu cầu của hệ sử dụng và tiêu chuẩn nghiệm thu sản phẩm để đặt ra tiêu chuẩn chất lượng phôi đúc – tiêu chuẩn 1 và đã đạt được thao tác công nghệ sản xuất theo tiêu chuẩn trên – tiêu chuẩn 2

- *Giai đoạn xử lý*: qua một số phương pháp có thể làm cho phôi đúc đạt được chất lượng của kế hoạch. Khống chế quá trình 3 tận dụng để thao tác sản xuất vận hành đúng tiêu chuẩn và trong quá trình khống chế chỉnh đúng, tức là khi mỗi công đoạn sản xuất phát sinh ba động thì công đoạn sau phải thay đổi thao tác bổ sung. Sau đó tùy thuộc quá trình 4 nắm được số liệu công nghệ thực tế của mỗi đoạn phôi (khoảng 0,5 m) theo yêu cầu hệ thống bảo đảm chất lượng cho dự báo chất lượng 5. Đó đều là dự báo chất lượng kém nhất của mỗi đoạn phôi. Cuối cùng máy tính căn cứ vào dự báo chất lượng quyết định nơi xử lý vị trí của phôi thép 6. so sánh chất lượng dự báo và chất lượng kế hoạch, nếu đạt được giá trị kế hoạch thì đưa vào chất nóng, nếu không thì phải xử lý như thanh lý làm mất khuyết tật hoặc giảm cấp chất lượng.

* Các bộ phận hợp thành hệ thống khống chế tự động hóa hoàn toàn (CAQC). Hệ thống CAQC là một bộ phận của hệ thống máy tính khống chế toàn bộ của nhà máy luyện thép. Đây là hệ thống máy tính khống chế kế hoạch sản xuất (dùng máy Tandem) như hệ thống máy tính khống chế quá trình luyện thép lò thổi, tinh luyện (LF) và đúc thổi liên tục. Lúc sản xuất, từ máy tính kế hoạch sản xuất truyền các dữ liệu và tín hiệu mệnh lệnh cho CAQC, từ CAQC bằng máy tính (Microwax) truyền tín hiệu cho máy tính khống chế các quá trình, từng số trị công nghệ thực tế tương ứng được truyền trở lại cho CAQC. Lúc cắt phôi đều hiện ra kết quả chất lượng và kết quả xử lý. CAQC căn cứ vào hệ thống máy tính chuyên gia liên tục tồn giữ trong hệ thống của CAQC (dùng máy IBM) và lấy các số liệu có chuẩn biểu bảng, quy tắc, các hàm số luyện kim từ những tri thức luyện kim tích trong kho để điều khiển. Bởi vậy, mỗi hệ thống tính của CAQC (dùng máy tính IBM) không ngừng cung cấp lượng đo, công nghệ tính và số liệu chất lượng. Nếu có kết quả mới lại qua hệ thống hiển thị của CAQC và đối thoại với kho dữ liệu luyện kim để thay đổi và mở rộng tri thức làm cho kho dữ liệu càng tối ưu hóa. Các hệ thống máy tính đều qua nối mạng thông tấn Decnet.

2.4. Vật liệu chịu lửa dùng cho đúc liên tục

Những năm gần đây kỹ thuật đúc liên tục có nhiều bước tiến dài, ngoài lý thuyết, trình độ thiết bị, công nghệ cơ bản thì việc nghiên cứu chế tạo ra nhiều loại vật liệu chịu lửa cao cấp lại là nhân tố quan trọng thúc đẩy tiến bộ của công nghệ đúc liên tục và có ý nghĩa to lớn trong sự phát triển của đúc liên tục. (Bảng 3 ~ 10).

Bảng 3-10. Thành phần hóa học và tính năng các loại gạch xây thùng rôt.

Vật liệu Hạng mục	Cao lạnh	Cao nhôm chưa thiêu	Cao nhôm đã thiêu	Nhóm manhê chưa thiêu	Đám nhôm manhê		Gạch vảnh đại xỉ	
					Cấp 1	Cấp 2	Manhê cacbon	Zircon thạch anh
SiO ₂	81	17	4,6	33,6	14	-	4,27	31,03
Al ₂ O ₃	17	17	91,3	63	68	62	1,72	3,5
MgO	-	-	-	12	48	48	9,44	0,19
CaO	-	-	-	-	-	-	1,20	vì lượng
ZrO ₂	-	-	-	-	-	-	-	59,82
Fe ₂ O ₃	0,35	-	-	-	≤ 3	≤ 3	-	-
C	-	-	-	-	-	-	22,8	-
Mật độ thể tích, kg/m ³		2900	3130	2700	2950	>2650	>2450	3540
Xốp, %	15	17,4	14	14,5	9	<24(sấy khô 110°C)	<25(sấy khô 110°C)	19
Cường độ nén, MPa	≥21,6	45	81	51	110 (t ⁰ thường)	>32 sấy khô 200°C	>30	76
Độ chịu lửa, °C	1630				>1770	>1770		
Biên mềm có tải trọng, °C	1140				Bắt đầu 1250- 1330 biến dạng 4%	Bắt đầu 1250- 1330 biến dạng 4%		1630
Độ bền gãy, Mpa ở T ⁰ phòng,		5,53	5,10	11,47				
α 1000°C		1,66	0,98	7,94				
Hệ số giãn nở, % ở 1300°C		40,11	40,77	40,88	+0,83			
α 1500°C		43,11	41,22	43,09				

2.4.1. Vật liệu chịu lửa dùng cho thùng rót (áo thùng):

Áo thùng bao gồm: lớp vịnh cửu, lớp làm việc, vành đai xi và lớp đáy. Lớp vịnh cửu thường xây bằng gạch samot, cũng có khi dùng gạch cao nhôm. Lớp làm việc dùng gạch cao nhôm hoặc gạch manhê cacbon, đầm thiêu kết bằng vật liệu nhôm manhê, gạch zircon thạch anh, ... Dùng kết cấu cần nút thì có gạch ống, gạch đầu nút, gạch nền, gạch lỗ rót, tất cả thường là dùng gạch samot và gạch cao nhôm. Hiện nay thùng rót đúc liên tục ít dùng cần nút mà phần lớn chuyển sang dùng cơ cấu trượt. Đáy lò dùng gạch samot, gạch cao nhôm, lớp đầm nhôm manhê, gạch cao lanh.

– Tính năng và thành phần hóa học như bảng 3 – 10.

– Xu hướng phát triển vật liệu chịu lửa xây thùng rót.

Để nâng cao tuổi thọ và hiệu quả sử dụng thường đi theo 2 hướng sử dụng vật liệu có chất lượng chịu được nhiệt độ cao, cải tiến công nghệ xây và tạo hình.

* Xây tổng hợp:

Dựa theo điều kiện làm việc và nguyên nhân phá hoại ở các bộ phận trong thùng rót khác nhau để xây bằng các loại gạch khác nhau. Thí dụ: vành đai xi xây bằng gạch zircon thạch anh, spinel nhôm manhê hoặc manhê cacbon,.... Thực tiễn sản xuất chứng minh vùng này xây bằng gạch manhê cacbon là khá tốt. Đáy thùng nên sử dụng các loại gạch chịu va đập, chịu xi ăn mòn. Thường đối với các thùng rót và lò tính luyện thì đáy cũng xây bằng gạch như vành đai xi, thí dụ gạch manhê cacbon. Tường thường dùng gạch cao nhôm có thể lên đến 80% Al_2O_3 , tuổi thọ có thể kéo dài tới trên 50 mẻ.

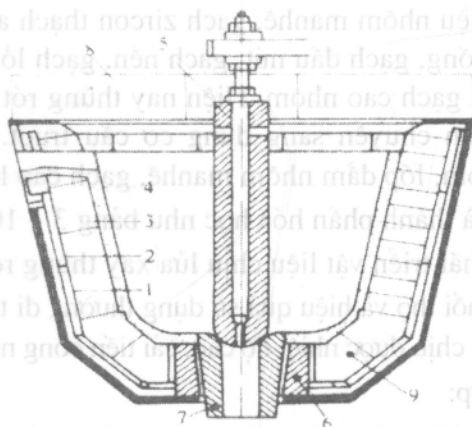
* Phát triển sử dụng vật liệu không định hình:

Hiện nay xu thế các nhà máy đều muốn đầm cả khối thay cho xây từng viên gạch, vừa nhanh mà tuổi thọ lại kéo dài, hiệu quả kinh tế rõ rệt. Nhiều tài liệu cho biết các vật liệu đầm như spinel nhôm manhê hay manhê silic đã nâng tuổi thọ sử dụng lên rất nhiều trên 60 mẻ. Ngoài ra cần cơ khí hóa trong thi công xây để cải thiện điều kiện lao động, nâng cao và ổn định chất lượng thi công.

2.4.2. Vật liệu chịu lửa xây thùng rót trung gian:

Cùng với sự phát triển sản xuất của đúc liên tục, ngoài các chức năng ổn định lực tĩnh của nước thép để khống chế dòng rót, xúc tiến tạp chất nổi lên của thùng rót trung gian ra, còn yêu cầu phải thỏa mãn đúc được liên tục nhiều mẻ và có chức năng gia nhiệt. Vì vậy, vật liệu chịu lửa sử dụng phải chịu được nhiệt độ cao, chất lượng tốt, xây và tháo thuận lợi.

Hình 3 – 101 là sự xếp đặt các lớp gạch trong thùng rót trung gian. Lưu ý: ngoài lớp gạch làm việc ra còn lại các lớp gạch khác đều làm như thùng rót. Lớp làm việc thường dùng loại liệu quét và tấm cách nhiệt.



Hình 3 – 101. Sơ đồ bố trí vật liệu chịu lửa trong thùng trung gian.

- 1– Lớp giữ nhiệt: bằng vật liệu cách nhiệt nhẹ hoặc bông thủy tinh
- 2– Lớp vĩnh cửu: xây gạch Samot
- 3, 4– Lớp làm việc: xây gạch samot, cao nhôm, nhôm manhê, manhê crôm, dinat, ...
- 5– Cần nút: samot cao nhôm, nhôm cacbon
- 6– Gạch bệ: samot cao nhôm
- 7– Gạch rót: samot, cao nhôm manhê, zircon – thạch anh, nhôm cacbon
- 8– Nắp: samot, nhôm manhê
- 9– Đáy thùng: samot cao nhôm, nhôm manhê, ...

*** Liệu quét:**

Sau mỗi lần sử dụng, đều phải làm sạch xỉ và thép bám dính vào lớp áo làm việc, nếu đem hủy hết lớp gạch này sẽ lãng phí công, thời gian và vật liệu chịu lửa, do vậy dùng một lớp liệu quét phủ lên trên lớp công tác thì sau khi sử dụng xong chỉ việc tẩy sạch xỉ và thép bám tức là tẩy luôn lớp liệu quét phủ trên bề mặt này đi, lớp áo làm việc hầu như không bị phá hủy và chỉ cần quét phủ lên một lớp mới là lại đưa vào sử dụng luôn.

Chiều dày của lớp liệu quét này thường chỉ khoảng 15 ~ 20 mm, nguyên liệu là vật liệu cao nhôm, manhêzit và crôm manhêzit, chất kết dính là muối photphoric. Tính chất hóa lý như bảng 3 – 11 và 3 – 12.

Bảng 3 – 11. Tính chất hóa lý của vật liệu lớp quét.

Tên vật liệu		Thành phần hóa học, %		Tính chất vật lý			
				Tỷ trọng, kg/m ³	Độ xốp, %	Hệ số rạn nứt, MPa	Độ dẫn nhiệt, W/m.k
Cao nhôm	Loại thông thường	Al ₂ O ₃ , 61	SiO ₂ , 31	2200	37	6,6	1,28
	Loại có cải tiến	Al ₂ O ₃ , 65	SiO ₂ , 28	1800	40	2,6	0,81
Manhezit	Loại thông thường	MgO, 78	SiO ₂ , 8	2200	31	5	1,39
	Loại có cải tiến	MgO, 87	SiO ₂ , 7	1700	48	1	0,70

Bảng 3 – 12. Tính chất hóa lý của vật liệu lớp quét.

Hạng mục	MC – 1	MC – 2	MC – 3
MgO, %	65	53	85
Cr ₂ O ₃ , %	11	10	
Tỷ trọng, kg/m ³	2650	2320	2500
Cường độ bền (1400 °C x 3 giờ), Mpa	4,5	2,4	1500 °C 7,0
Cường độ nén (1400 °C x 3 giờ), MPa	12,0	7,2	1500 °C 35
Hệ số co sau khi thiêu (1400°C), %	– 0,2	– 1,23	1500 °C – 3,5
Hệ số giãn nở, x 10 ⁻⁶ /°C			
20~1000°C	10	3,7	–
20~1300°C	–	–	12

Ngoài ra còn sử dụng loại vật liệu nhẹ như hiện nay đang dùng là cho chất tạo bột thêm vào liệu quét. Trong quá trình quét liệu đã cuốn vào một lượng không khí lớn làm cho liệu quét hình thành vô số bọt khí hình cầu, giảm mật độ thể tích của liệu và giảm lượng hao tổn vật liệu. Đây là loại vật liệu nhẹ có tính cách nhiệt rất tốt, giảm thời gian sấy thùng, giảm tiêu hao nhiên liệu. Thành phần vật liệu nhẹ để quét như bảng 3 – 13. Trước đây công nghệ quét đối với thùng nhỏ và vừa rất không đồng đều,

hiện nay để kéo dài tuổi thọ đúc liên tục nhiều mẻ tạo điều kiện cho tập chất nổi lên các thùng trung gian đã mở rộng đến 60 ~ 70 tấn, lớp quét dày đến 1 cm, và dùng cơ khí hóa để quét, có nước dùng máy phun phủ tạo ra được lớp quét có chất lượng khá tốt.

Bảng 3 – 13. So sánh tính chất hóa lý của vật liệu lớp quét.

Hạng mục			Lớp quét trước đây	Lớp quét vật liệu nhẹ
Tính năng	Thành phần hóa học	MgO	87	85
		SiO ₂	8	8
	Độ xốp, %	110°C	25,7	48,2
		1500°C	28,8	47,0
	Cường độ nén, MPa	110°C	4,5	1,2
		1500°C	5,4	3,4
	Mật độ thể tích, kg/m ³	110°C	2350	1670
		1500°C	2450	1800
Cường độ bền, MPa	110°C	1,5	0,6	
	1500°C	4	1,5	
Độ dẫn nhiệt, w/m.K	110°C	0,9	0,5	
	1500°C	0,8	0,5	
Một số tính năng khác	Nước %		16~20	21~25
	Thời gian hỗn hợp, ph		5	10
	Mật độ lớp quét thực tế, kg/m ³		2300	1800

* Tắm cách nhiệt:

Vấn đề hạn chế lớn nhất của liệu quét là công nghệ quét, sau khi quét xong vẫn còn một công đoạn nung sấy mất khá nhiều thời gian (do dễ phồng nứt và rơi vỡ), nên đến nay nhiều nước đã ít dùng mà đại bộ phận chuyển sang sử dụng tắm cách nhiệt thay thế. So sánh ta thấy tắm cách nhiệt xây lắp thuận lợi, tốn ít thời gian, giảm tiêu hao nhiên liệu và tính giữ nhiệt tốt...

Bảng 3 – 14. Tấm cách nhiệt thường dùng.

Hạng mục	Tấm cách nhiệt dinat		Tấm cách nhiệt manhezit	
	Áo	Chịu va đập	Áo	Chịu va đập
SiO ₂ %	≥ 85	≥ 85	—	—
MgO %	—	—	85	85
Mật độ thể tích, kg/m ³	1200–1450	1500–1600	1400–1600	≥ 1600
Độ xốp, %	—	35–40	35–40	30–35
Cường độ bề, MPa	≥ 3	4	4	5
Ẩm dư, %	< 0,5	0,7	0,7	0,5
Độ chịu lửa, °C	≥ 1600			
Hệ số dẫn nhiệt, w/m.K	0,28–0,35	0,35	0,35	—

Bảng 3 – 15. Tấm cách nhiệt một số nước khác thường dùng.

Chỉ tiêu	Anh	Nhật Bản		
	Áo	Áo	Nấp	Đáy
SiO ₂ %	89,51	87,94	53,26	88,64
Al ₂ O ₃ %	2,71	1,07	2,69	1,68
Fe ₂ O ₃ %	0,37	1,39	1,51	1,14
CaO %	0,21	0,57	6,45	0,29
MgO %	0,18	0,77	6,82	0,23
TiO ₂ %	0,26	—	—	0,30
Thiếu giảm thể tích, %	6,47	7,61	21,77	3,46
Mật độ thể tích, kg/m ³	1190 – 1270	1400	800	1730
Độ xốp, %	—	43,0	67,2	29,7
Cường độ bề, MPa	1,7 – 4,1	4,8	—	6,7
Độ thấm khí	2,9 – 8	—	—	—
Độ dẫn nhiệt, W/m.K	0,29	—	—	—
Độ chịu lửa	1730	1690	—	1690 – 1710

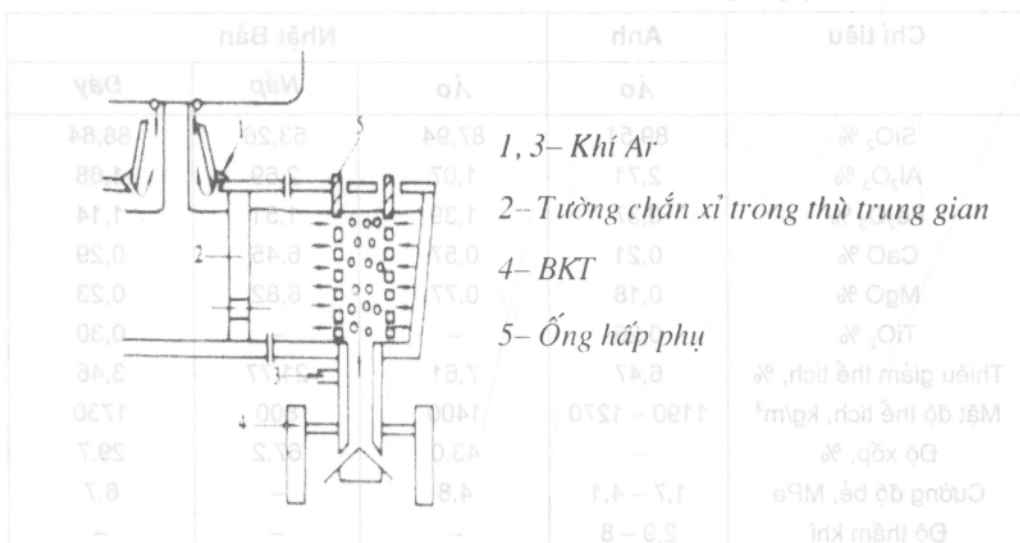
Vật liệu bao gồm dinat, manhezit và manhe amiang, chất dính kết gồm chất hữu cơ và chất vô cơ. Do tấm cách nhiệt dinat ở Trung Quốc sử dụng tương đối nhiều vì nguồn tài nguyên cát thạch anh nhiều dễ kiếm và rẻ. Nhưng tính năng của tấm cách nhiệt dinat không thể chống được sự ăn mòn

của xỉ kiềm. Cho nên đối với đúc thép chất lượng cao cần phải thay thế bằng tấm cách nhiệt manhezit.

Nguyên liệu tấm cách nhiệt manhezit chủ yếu là sạn manhezit, tất nhiên độ dẫn nhiệt lớn hơn dinat, lại phải dùng mỡ thực vật làm chất dính kết. Sau khi xây xong, không để hong sấy, sử dụng yêu cầu nhiệt độ đúc thấp. Ở Trung Quốc, nguồn tài nguyên không nhiều, giá thành cao nên họ triển khai sử dụng loại manhezit amiang, kết quả thử nghiệm khá tốt và đang có xu thế thay dần tấm cách nhiệt bằng manhezit. Bảng 3 – 14 và 3 – 15 là các tấm cách nhiệt đang được sử dụng trên thế giới. Chiều dày tấm cách nhiệt khoảng 35 ~ 40 mm. Trong thùng trung gian bao gồm các tấm cách nhiệt: thành, đầu, đáy, nắp và chịu va đập. Tấm chịu va đập dày trên 50 mm.

*** Bình lọc nước thép:**

Tạp chất phi kim là một vấn đề chính của chất lượng thép trong đúc liên tục. Tạp chất luôn gây sự cố nghiêm trọng làm tắc nghẽn ống rót. Để làm giảm tạp chất phi kim gần đây xuất hiện thiết bị "bình lọc" trong thùng rót trung gian. Hình 3 – 102 mô tả cơ cấu chấn xỉ và ống hấp phụ.



Hình 3 – 102. Mô hình ở trạng thái rót qua cơ cấu lọc.

Vật liệu làm bình lọc có Al_2O_3 - ZrO_2 - CaO , ZrO_2 - Al_2O_3 , spinel, MgO - C . Theo các tài liệu đã công bố thì bình lọc rất có hiệu quả khử lọc được các tạp chất Al_2O_3 , TiN, SiO_2 , MnO, Al_2O_3 , CaO ,... và ảnh hưởng của vật liệu đến khử bỏ tạp chất không lớn. Bảng 3 – 16 là thành phần một số bình lọc đang được sử dụng ở nước ngoài.

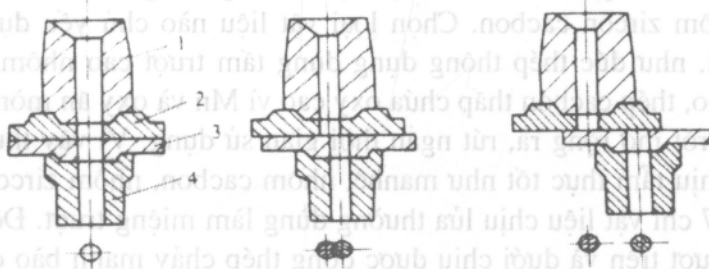
Bảng 3 – 16. Tính chất hóa lý của vật liệu bình lọc.

Hạng mục	Vật liệu CaO	Spinel	Zircon–Coranhđong
%CaO	92,7	–	–
%Al ₂ O ₃	0,5	53 – 66	~ 51
%SiO ₂	0,1	40 – 31	~ 19
%MgO	–	7 – 2	–
%ZrO ₂	–	–	30
%K ₂ O	–	< 0,4	< 0,3

2.4.3. Miệng trượt (bàn trượt):

Hiện nay xu thế dùng miệng trượt lắp ở phía ngoài thay thế cần nút đang được sử dụng ngày một rộng rãi vì không chỉ khắc phục được sự cố thường xảy ra ở đầu cần nút mà còn thích hợp cho đúc liên tục trong thời gian dài, đặc biệt đối với thùng chứa là lò thùng (LF). Ngoài ra cơ cấu này còn có thể sử dụng nhiều lần, thay đổi thuận lợi, kéo dài tuổi thọ sử dụng của thùng chứa, giảm tiêu hao vật liệu chịu lửa, tăng nhanh thời gian chu chuyển, giảm tổn thất nhiệt của áo thùng, tiết kiệm nhiên liệu sấy nóng thùng,....

Nguyên lý làm việc của miệng trượt như hình 3 + 103.



Hình 3 – 103. Nguyên lý làm việc của miệng trượt (bàn trượt)

kiểu 2 tầng.

1– Miệng rót trên

2– Bàn trượt

3– Bàn trượt dưới

4– Miệng rót dưới

Tổ hợp của nó bao gồm 4 phần: miệng rót trên, tấm trượt trên, tấm trượt dưới, miệng rót dưới bằng các loại vật liệu chịu lửa khác nhau. Miệng rót trên và miệng rót dưới chủ yếu là dùng gạch samot, gạch cao nhôm, gạch coranhdông, gạch thạch anh nóng chảy. Khi đúc liên tục nhiều mẻ, gạch miệng rót trên thường dùng Coranhdông và nhôm cacbon. Để tránh nước thép thoát ra khi Al_2O_3 , TiO_2 làm tắc miệng rót thì miệng rót trên làm theo kiểu "ống thổi khí".

Bảng 3 – 17. Tính chất hóa lý của vật liệu tấm trượt.

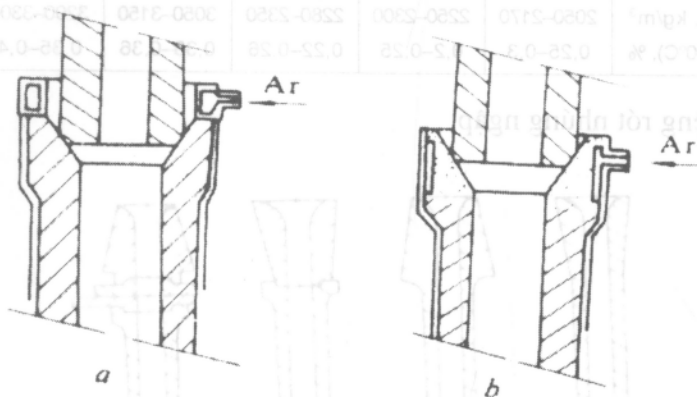
Hạng mục	Miệng rót trên coranhdông	Miệng rót dưới cao nhôm	Tấm trượt cao nhôm cấp 2	Tấm trượt Al-C	Tấm trượt Al-Zr-C	Tấm trượt zircon
Al_2O_3 %	93	60	81,7	66,72	> 70	—
ZrO_2 %	—	—	—	—	> 6	≥ 63
C %	—	—	1,85	10,08	> 7	—
Độ chịu lửa, °C	1800	1700	—	—	—	—
Cường độ nén, MPa	70	20	108,2	158,8	169 – 190	≥ 50
Độ xốp, %	23,0	15	17	2	5,0 – 6,0	≤ 22
Mật độ thể tích, kg/m ³	2900	2450	2890	2700	3140 – 3150	≥ 3400
Cường độ bền, MPa	—	—	—	46,9	—	—

Gạch tấm trượt là bộ phận ảnh hưởng nhiều đến khối chế lưu lượng chảy của nước thép. Trước mắt, vật liệu thường dùng là cao nhôm, nhôm cacbon, nhôm zircon cacbon. Chọn loại vật liệu nào chủ yếu dựa vào đúc loại thép gì, như đúc thép thông dụng dùng tấm trượt cao nhôm, đúc thép chứa Mn cao, thép cacbon thấp chứa oxy cao vì Mn và oxy ăn mòn tấm trượt làm cho lỗ rót mở rộng ra, rút ngắn thời gian sử dụng. Vì vậy thường chọn tấm trượt chịu tẩm thực tốt như manhê, nhôm cacbon, nhôm zircon cacbon. Bảng 3 – 17 chỉ vật liệu chịu lửa thường dùng làm miệng trượt. Để đảm bảo gạch tấm trượt trên và dưới chịu được dòng thép chảy mạnh bào quét và áp lực của nước thép tác dụng lên thời gian dài không bị dò rỉ nước thép, 2 tấm trượt đó cần phải phối hợp khít chặt. Yêu cầu gia công tinh trên bề mặt rất cao, phẳng và nhẵn bóng.

2.4.4. Vật liệu chịu lửa công năng:

Vật liệu chịu lửa công năng dùng cho đúc liên tục là một loại vật liệu chịu lửa sản có những tính năng đặc biệt thích hợp cho sản xuất đúc liên tục thép sạch và nâng cao được năng suất sản xuất, lại có thể khử được tạp chất trong thép, điều chỉnh được nhiệt độ và thành phần nước thép và tất nhiên có thể cải thiện được chất lượng của phôi đúc. Thí dụ: miệng rót dài, miệng rót nhúng ngập bảo vệ nước thép khỏi bị oxy hóa lại, gạch thông khí thổi Ar ở đáy, ống thổi khí Ar ở đỉnh để đồng đều nhiệt độ và thành phần nước thép tạo điều kiện cho tạp chất nổi lên, miệng rót có đường kính không đổi của máy đúc nhỏ, vành phân ly của máy đúc nằm ngang,...

* Miệng rót dài:



Hình 3 - 104. Loại hình miệng rót dài.

a- Miệng rót dài có vành thổi khí Ar

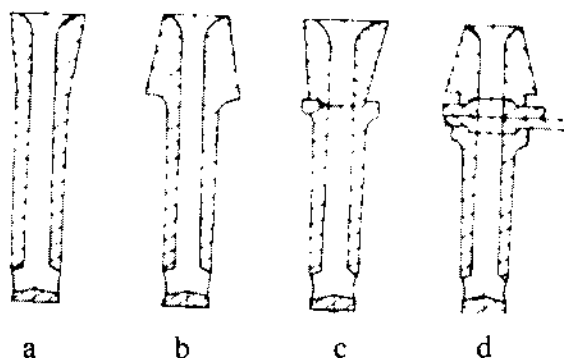
b- Miệng rót dài có mang vật liệu thấm khí

Miệng rót dài là để phòng tránh nước thép chảy từ thùng chứa vào thùng rót trung gian bị oxy hóa lại. Chủ yếu có 2 loại (hình 3 - 104). Vật liệu chủ yếu có $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$, $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-C}$. Loại $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$ chống được tẩm thực của xỉ tốt dùng được cho đúc nhiều loại thép, để tránh graphit trên bề mặt bị oxy hóa nên trên bề mặt có phủ một lớp chống oxy hóa. Để nâng cao tuổi thọ tránh tẩm thực ở vành xỉ có một lớp ZrO_2 . Để bảo vệ dòng thép giữa thùng chứa và thùng trung gian, ngoài sử dụng miệng rót dài ra còn sử dụng thùng trung gian đường kính miệng rót lớn và ngắn, bên trong thổi khí Ar, nước thép chảy qua trung tâm thùng chứa vào thùng trung gian. Bảng 3 - 18 nêu lên tính năng của miệng rót dài và thùng rót trung gian.

Bảng 3 – 18. Tính năng của miệng rút dài và thùng rút trung gian.

Hạng mục	Ống rút dài			Lớp ZrO_2-C		Thùng trung gian
Ký hiệu	1	2	3	1	2	1
Al_2O_3 %	42 – 45	40 – 44	45 – 48	–	–	49 – 53
SiC %	4 – 6	–	–	8 – 10	4 – 6	5 – 7
SiO_2 %	25 – 27	25 – 27	25 – 27	4 – 6	1 – 2	10 – 12
ZrO_2 %	–	–	–	65 – 70	70 – 75	–
C %	28 – 30	29 – 30	25 – 57	17 – 20	17 – 20	28 – 31
Độ xốp, %	17 – 22	12 – 15	11 – 14	18 – 21	6 – 9	22 – 26
Độ bền bẻ, MPa	7 – 9	10 – 12	11 – 13	10 – 12	13 – 16	8 – 12
Mật độ thể tích, kg/m^3	2050–2170	2250–2300	2280–2350	3050–3150	3200–3300	2030–2130
Giãn nở nhiệt ($800^\circ C$), %	0,25–0,3	0,2–0,25	0,22–0,26	0,33–0,36	0,35–0,4	0,35–0,38

* Miệng rút nhúng ngập:



Hình 3 – 105. Loại hình miệng rút kiểu nhúng ngập.

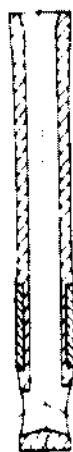
Loại miệng rút này là để bảo vệ nước thép chảy từ thùng trung gian vào BKT không bị oxy hóa lại. Có 4 loại như hình 3 – 105: a– Lắp trong; b– Lắp ngoài; c– Tổ hợp (tổ hợp ống rút ngập và miệng rút thùng trung gian), chỗ tiếp xúc có thể bị không khí hút vào nên không tốt như loại một khối; d– Miệng trượt, miệng nhúng nối với miệng dưới của miệng trượt.

Vật liệu chủ yếu là thạch anh nóng chảy và Al_2O_3-C . Dùng loại nào dựa vào đặc tính của loại thép, loại thép thông dụng dùng thạch anh nóng chảy, thép chất lượng cao dùng Al_2O_3-C . Bảng 3 – 19 cho biết tính năng của loại miệng rút nhúng ngập.

Bảng 3 – 19. Tính năng của loại miệng rót nhúng ngáp.

Hạng mục	Thạch anh nóng chảy				$\text{Al}_2\text{O}_3\text{--C}$		
	Trung Quốc			Nhật Bản	Nhật Bản	Vị trí vành xỉ	Bộ phận thấm khí
	1	2	3				
SiO_2 %	> 99	> 99	> 99	> 99,5	18	–	24
Al_2O_3 %					40	–	47
ZrO_2 %					7	75	–
$\text{ZrC} + \text{SiC}$, %					33	21	27
Mật độ thể tích, kg/m^3	> 1850	> 1860	1900	1900–2000	2290	3460	2180
Độ xốp, %	< 18	< 18	< 14	10–13	17,5	18,1	19,5
Độ bền nén, MPa	> 40	> 40	> 40	> 40	26,5	30	19,5
Giãn nở nhiệt (1000°C), %	–	–	–	0,04–0,07	0,29	0,50	0,23
Độ chịu lửa, $^\circ\text{C}$	1770	1770	1770	–			
Độ thông khí, NI/ph							≥ 5

Để nâng cao khả năng chống tẩm thực ở vành đai của miệng rót cắm ngáp bằng $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--C}$, người ta gắn thêm một lớp bằng $\text{ZrO}_2\text{--C}$ hình 3 – 106.



Hình 3 – 106. Miệng rót nhúng ngáp dạng phức hợp.

a– Vòng thấu khí

b– Cán nút thổi khí Ar

Hình 3 – 107. Miệng rót nhúng ngáp có thể thổi khí Ar để tránh bị tắc miệng.

c– Thành miệng rót có lắp nút thấu khí

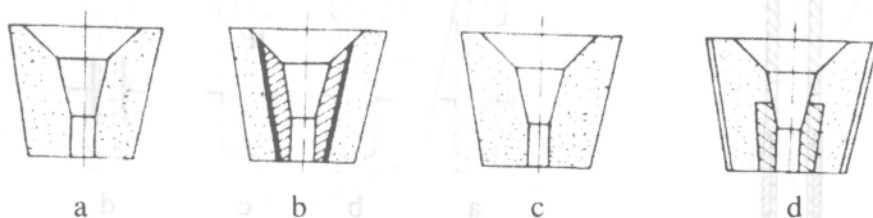
d– Thành miệng rót có khe thổi khí

Để tránh tạp chất như Al_2O_3 , TiO_2 trong thép tiết ra lắng đọng phía trong miệng rót làm tắc lỗ rót, hiện nay có 2 biện pháp xử lý: (hình 3 – 107) và biện pháp khác là cải tiến vật liệu cho thêm CaO trong $\text{ZrO}_2\text{-C}$ và BN trong $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C-BN}$ đều có thể giảm đáng kể sự tích tụ của Al_2O_3 đọng trên lỗ rót. Nhưng $\text{ZrO}_2\text{-C}$ và BN tương đối đắt. Còn một biện pháp kinh tế hơn, đó là phủ một lớp SiC mỏng để chống lại Al_2O_3 tích đọng trong miệng rót.

* Miệng rót có đường kính định sẵn:

Hiện nay ở Trung Quốc thường dùng phổ cập hệ thống không cần nút trong thùng trung gian đúc phôi vuông nhỏ. Để đảm bảo tốc độ kéo ổn định, sử dụng miệng rót của thùng trung gian có đường kính định sẵn yêu cầu phải có tính chống bào mòn cao. Có 4 loại miệng rót hình 3 – 108 : Miệng rót có đường kính định sẵn kiểu cùng một chất (hình a), nguyên liệu ZrO_2 chiếm khoảng 75% sẵn có tính chống ăn mòn tốt, độ bền cao, cả khối lắp đặt có độ tin cậy cao, nhưng giá thành đắt. Miệng rót có đường kính định sẵn kiểu phức hợp nhiều cấp (hình c) nguyên liệu là zircon thạch anh không cho thêm ZrO_2 , chỉ có quanh miệng rót thêm ZrO_2 để nâng cao độ bền và tính chống tẩm thực, giảm giá thành hiện đang được sử dụng nhiều nhất. Hình b là gắn thêm khối đường kính định sẵn, cả khối là vật liệu cao lanh có thể nung thiêu hoặc không nung thiêu, dùng chất dính kết gắn chặt với thân. Hình d là loại phức hợp, thân là cao lanh (sămot) đầm, sau đó đưa khối phức hợp ép chặt tạo thành khối chỉnh thể tương đối an toàn.

Đường kính định sẵn thường khoảng 12 ~ 16 mm. Để tránh miệng rót bị tắc trong khi rót, yêu cầu hàm lượng Al trong thép thấp hơn 0,006% nên thường cho thêm bột Ca-Si vào thùng trung gian để giải quyết vấn đề tắc lỗ.



Hình 3 – 108. Miệng rót có đường kính định sẵn.

a– Cùng một chất

c– Kiểu phức hợp nhiều cấp

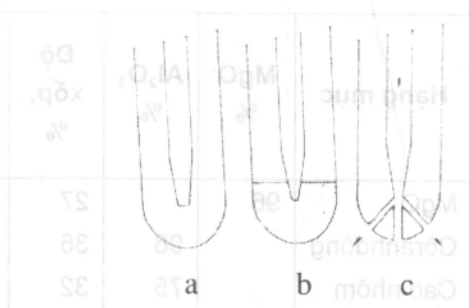
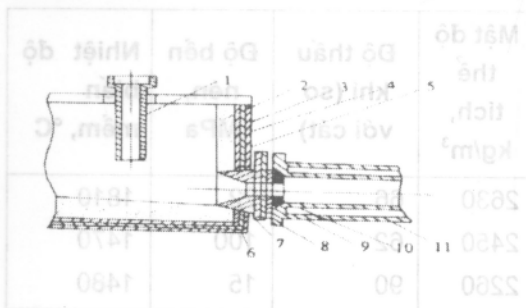
b– Kiểu gắn khảm

d– Kiểu tạo hình rung

Đường kính định sẵn thường khoảng 12 ~ 16 mm. Để tránh miệng rót bị tắc trong khi rót, yêu cầu hàm lượng Al trong thép thấp hơn 0,006% nên thường cho thêm bột Ca-Si vào thùng trung gian để giải quyết vấn đề tắc lỗ.

* Vành phân cách của máy đúc nằm ngang:

Bố trí của máy đúc liên tục nằm ngang như hình 3-109. Vành phân cách gắn trực tiếp vào BKT, nước thép vào đến vành phân cách là bắt đầu kết tinh hình thành ngay một lớp vỏ, tiếp đó lại tách ra khỏi vành phân cách hình thành phôi đúc. Để làm cho phôi và vành phân cách tách ra thuận lợi, yêu cầu vành phân cách không được để thép dính ướt, có độ bền cao, khả năng chống mài mòn và tản nhiệt tốt. Để lắp chính xác BKT và vành phân cách, yêu cầu chế tạo vành phải được thật chuẩn xác. Vật liệu chế tạo vành thường dùng nhiều loại như BN, Si_3N_4 , BN- Si_3N_4 ... Trung Quốc thường dùng vật liệu BN làm nền, sau đó phối hợp thêm CaO , B_2O_3 , Al_2O_3 ... làm chất trợ thiêu kết. Vành phân cách nền BN dùng phương pháp ép ở nhiệt độ cao, sản phẩm sau cùng đều phải gia công tinh.

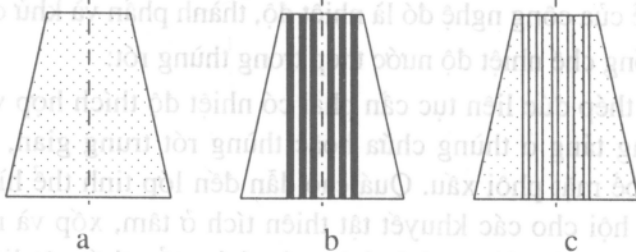


Hình 3-109. Bố trí các loại vật liệu chịu lửa của kiểu máy nằm ngang. Hình 3-110. Loại hình cán nút cả khối.

lửa của kiểu máy nằm ngang.

* Cán nút khối và gạch thấu khí:

- Cán nút cả khối: dùng để khống chế dòng rót trong thùng trung gian, để tránh lỗ rót bị tắc và làm sạch nước thép có thể thổi Ar qua cán nút vào nước thép như hình 3-110. Các loại cán nút cả khối: 1- Loại phổ thông chỉ có tác dụng khống chế dòng chảy, 2- Loại phức hợp đầu là vật liệu chứa ZrO_2 để nâng cao tuổi thọ, 3- Loại thấu khí có một hoặc nhiều lỗ thấu khí. Vật liệu làm cán nút cả khối là $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$.



Hình 3-111. Gạch thấu khí thổi từ đáy thùng rót.

- *Gạch thấm khí*: lắp ở đáy thùng để thổi khí Ar qua đó vào thép (hình 3 – 111). Loại a là kiểu phân tán rất khó khống chế đường kính bọt khí nên khó điều tiết lưu lượng khí, khả năng chống va đập của nước thép kém, tuổi thọ thấp. Loại b có rãnh chống va đập mạnh nhưng chiều rộng của rãnh dễ thay đổi, ảnh hưởng đến sự phân bố và lưu lượng khí thổi. Loại c là có lỗ thông thẳng, đây là loại được đánh giá chống va đập mạnh tốt nhất, độ thấm khí không thay đổi, kích thước và phân bố bọt khí Ar thổi vào đồng đều, tuổi thọ cũng dài.

Vật liệu làm gạch thấm khí là MgO, côranhđồng (Al_2O_3 , nóng chảy), cao nhôm. Tính năng hóa lý như bảng 3 – 20.

Bảng 3 – 20. Tính năng hóa lý của vật liệu làm gạch thấm khí.

Hạng mục	MgO %	Al_2O_3 %	Độ xốp, %	Mật độ thể tích, kg/m ³	Độ thấm khí (so với cát)	Độ bền nén, MPa	Nhiệt độ biến mềm, °C
MgO	96		27	2630	66	22	1810
Côranhđồng		96	36	2450	62	100	1470
Cao nhôm		75	32	2260	90	15	1480

III. CÔNG NGHỆ ĐÚC PHÔI THÉP LIÊN TỤC

3.1. Công nghệ

3.1.1. Công việc chuẩn bị:

Đúc liên tục là một quá trình nước thép nằm ở trạng thái chuyển động, dùng biện pháp làm nguội mạnh tạo hình và liên tục sản xuất phôi đúc. Đặc điểm của công nghệ là yêu cầu rất nghiêm ngặt chất lượng nước thép: nhiệt độ, thành phần, mức độ khử oxy và độ sạch... Ở đây tập trung thảo luận không chế 3 vấn đề của công nghệ đó là nhiệt độ, thành phần và khử oxy.

* Không chế nhiệt độ nước thép trong thùng rót:

Nước thép đúc liên tục cần phải có nhiệt độ thích hợp và ổn định. Quá thấp dễ đóng tảng ở thùng chứa hoặc thùng rót trung gian, dẫn đến đứt và chất lượng bề mặt phôi xấu. Quá cao dẫn đến lớp tinh thể hình trụ quá phát triển tạo cơ hội cho các khuyết tật thiên tích ở tâm, xốp và nứt... phát triển. Đồng thời tăng nhanh oxy hóa lại nước thép, tổn thất vật liệu chịu lửa làm bẩn nước thép. Nhiệt độ quá cao còn dễ tạo ra lớp vỏ quá mỏng gây ra sự cố

chảy thùng phôi thép, phải đổi tốc độ đúc chậm lại hạ thấp năng suất của máy đúc. Bởi vậy bảo đảm nhiệt độ đúc thích hợp là tiền đề của sản xuất, là cơ sở của chất lượng phôi đúc. Do thời gian đúc dài hơn đúc khuôn nên nhiệt độ tổn thất lớn, cùng đúc một loại thép nhiệt độ nước thép đúc liên tục cao hơn đúc khuôn 20 ~ 50°C. Nhiệt độ thép trong thùng chứa thứ nhất cao hơn thùng chứa thứ hai 10 ~ 15°C. Suốt quá trình đúc nhiệt độ nước thép ổn định đồng đều, phạm vi ba động nhỏ hơn 10 ~ 20°C. Nhiệt độ trên dưới trong thùng chứa cân chênh nhau ít, chênh nhau giữa các mẻ đúc cũng phải nhỏ.

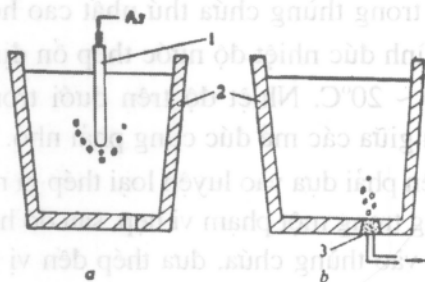
Để thỏa mãn các yêu cầu trên, đầu tiên phải dựa vào luyện loại thép gì mà khống chế chặt chẽ nhiệt độ ra thép, ba động trong một phạm vi hẹp, sau đó hạn chế ở mức tối đa giảm nhiệt độ từ ra thép vào thùng chứa, đưa thép đến vị trí đúc, và quá trình rót thép vào thùng trung gian. Các nhân tố làm giảm nhiệt độ nước thép có rất nhiều, đồng thời lại phải đảm bảo nhiệt độ nước thép trong thùng chứa đồng đều cho nên trong thực tế sản xuất là phải dùng biện pháp điều chỉnh nhiệt độ nước thép trong thùng chứa, như: thổi khí Ar để đồng đều nhiệt độ, thêm hồi liệu để giảm nhiệt độ hoặc gia nhiệt để nâng nhiệt độ.

- Thổi khí Ar để đồng đều nhiệt độ:

Sau khi đổ nước thép vào thùng chứa, nhiệt của nước thép sẽ tích vào lớp áo quanh tường và đáy, bức xạ nhiệt trên miệng đồng thời tỏa nhiệt ra ngoài cho nên nhiệt độ nước thép xung quanh thấp hơn nhiệt độ ở trung tâm tối đa có thể tới 30 ~ 70°C. Nếu trực tiếp đúc thì rất có thể lúc đầu nhiệt độ thấp còn giữa kỳ đúc thì nhiệt độ lại cao rồi lại thấp. Do vậy, ta phải dùng biện pháp tương đối phổ biến là thổi khí Ar vào khuấy trộn để đồng đều nhiệt độ trong thùng chứa.

Có 2 cách thổi (hình 3 - 112). Cách thổi dưới phạm vi thổi rộng hơn, hiệu quả tốt hơn mà lại bỏ đi được ống thổi cắm từ trên. Lưu ý, các phương pháp tinh luyện nếu đã tiến hành trong thùng chứa như: khuấy trộn bằng thổi khí Ar, bằng điện từ, chân không... đều cho hiệu quả tốt nên không cần phải sử dụng biện pháp trên nữa. Thổi khí khuấy trộn thùng chứa không những có hiệu quả đồng đều nhiệt độ (hình 3 - 113) mà còn có thể khử bỏ được nitơ, hydro, và tạp chất phi kim nổi lên. Các kết quả nghiên cứu xử lý thổi khí Ar vào thùng chứa 25 tấn trên thế giới cho thấy: nếu thổi khí khuấy trộn nhiệt độ đúc trước và giữa kỳ chỉ lệch nhau khoảng 3°C, còn nếu không thổi khí khuấy trộn thì nhiệt độ đúc trước và giữa kỳ chênh nhau tới 14°C, có nghĩa là lệch so với xử lý tới 11°C. Ngoài ra xác định hàm lượng oxy cũng giảm tới 15 ppm, [N] giảm 4 ppm, tạp chất phi kim đều giảm. Tất cả mối quan hệ đó

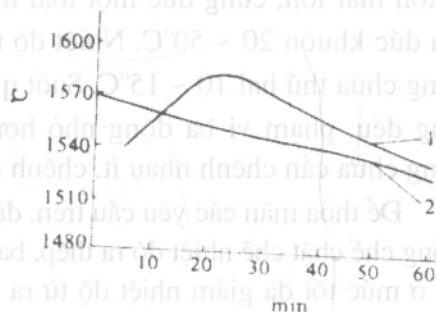
(hình 3 – 114) và (hình 3 – 115). Thực tế chứng minh thổi khí Ar tiêu hao khoảng 0,1 ~ 0,5 Nm³/tấn thép, sau 3 ~ 5 phút là thỏa mãn yêu cầu đồng đều nhiệt độ.



a- Thổi từ trên b- Thổi từ dưới

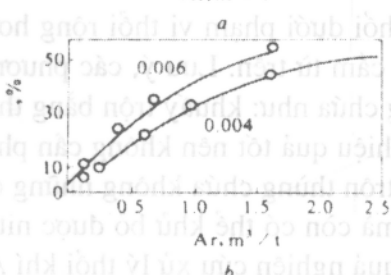
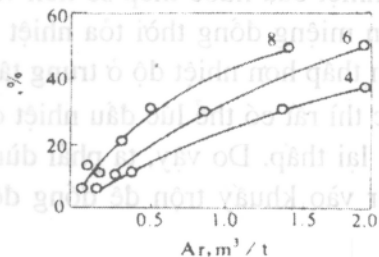
Hình 3 – 112. Sơ đồ thổi khí Ar vào thùng chứa.

1- Cản thổi 2- Thùng chứa
3- Gạch thấu khí



Hình 3 – 113. Sự thay đổi nhiệt độ nước thép trong thùng trung gian.

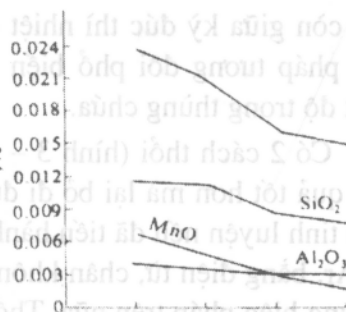
1- Không thổi khí
2- Thổi khí



Hình 3 – 114. Mối quan hệ giữa lượng tiêu hao khí Ar với khử khí

[H] và [N] trong thùng chứa.

a- Khử [H] b- Khử [N]



Hình 3 – 115. Ảnh hưởng của thổi khí Ar đến khử tạp chất phi kim.

- *Chất hồi liệu điều chỉnh nhiệt độ:*

Khi nhiệt độ nước thép quá cao có thể dùng hồi liệu (phế thép sạch) cho vào thùng chứa để giảm nhiệt độ nước thép và tăng thu hồi nước thép. Theo kinh nghiệm cứ cho khoảng 1% hồi liệu thì giảm nhiệt độ nước thép $\sim 14^{\circ}\text{C}$. Tương tự, muốn giảm nhiệt độ nước thép 1°C thì cho vào 0,7 kg/tấn nước thép

- *Gia nhiệt tăng nhiệt độ nước thép trong thùng chứa:*

Từ khi ra thép đến lúc đúc xong nước thép phải trải qua nhiều khâu làm nhiệt độ giảm xuống, để thích ứng buộc phải ra thép nhiệt độ cao để bù lại tổn thất đó. Hậu quả là kéo dài thời gian luyện, ảnh hưởng rất xấu đến chất lượng nước thép, ăn mòn áo lò tăng lên, xác suất đứt dòng tăng. Chất lượng phôi giảm là điều khó chấp nhận được. Mặt khác, thao tác bất thường hoặc thiết bị gặp sự cố, nhiệt độ nước thép giảm thấp hết cách đúc chỉ còn cách mang đổ vào lò nấu lại trừ phi có phân xưởng đúc khuôn. Như vậy làm nhiều loạn kế hoạch tác nghiệp gây tổn thất kinh tế nhất định.

Vậy làm thế nào để gia nhiệt nước thép trong thùng chứa, như vậy có thể ra thép nhiệt độ không cần cao nữa, giảm gánh nặng cho khâu luyện mà lại có thể khống chế chuẩn xác được nhiệt độ và thành phần nước thép, cứu vãn sự cố nhiệt độ thấp, cân bằng tổ chức sản xuất giữa luyện và đúc liên tục.

Đầu những năm 80 thế kỷ 20 đã xuất hiện nhiều công nghệ đơn giản gia nhiệt cho thùng chứa như CAS-OB, DR-UT và đốt oxy, ...

Phương pháp CAS-OB có thể nâng nhiệt độ $5 \sim 10^{\circ}\text{C/ph}$, cao nhất có thể đạt 19°C/ph . Quá trình xử lý nâng nhiệt này ảnh hưởng đến thay đổi thành phần và tạp chất trong thép rất nhỏ. Thổi oxy đốt 15 phút có thể nâng nhiệt lên $25 \sim 30^{\circ}\text{C}$. Hiện nay các phương pháp gia nhiệt thùng chứa đang ngày một nghiên cứu ứng dụng mở rộng vì nó mang lại nhiều tính ưu việt.

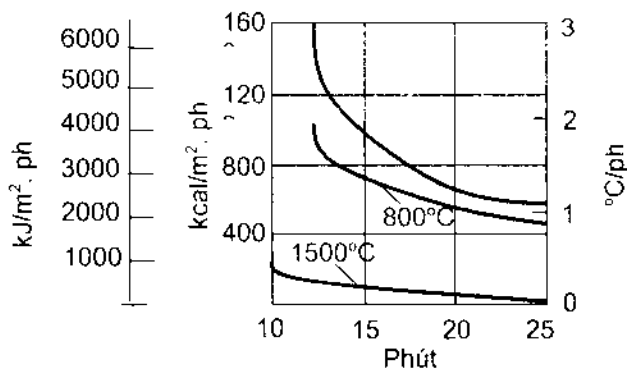
- *Giữ nhiệt cho thùng chứa:*

Đây có thể xem là một biện pháp quan trọng để giảm tổn thất nhiệt, giữ nhiệt độ nước thép ổn định. Thường có nhiều biện pháp:

- Có nắp đậy: nhiệt bức xạ qua miệng thùng là rất lớn. Đậy nắp giữ nhiệt cho bề mặt nước thép và xỉ phía trên, còn giảm tản nhiệt của áo lò, lợi cho nâng cao nhiệt độ áo lò, từ đó mà giảm thời gian sấy thùng.

- Dùng lớp cách nhiệt nhẹ giảm tổn thất nhiệt qua áo lò.

- Tăng tốc độ nâng nhiệt sấy thùng và tăng tốc độ chu chuyển sử dụng thùng để giảm thời gian chết chờ đợi, thực hiện ra thép vào "thùng đỏ hồng". Như vậy, có thể giảm tổn thất nhiệt độ trong thùng dưới $0,3 \sim 0,4^{\circ}\text{C/ph}$.



Hình 3 – 116. Ảnh hưởng của nhiệt độ áo thùng đến tốc độ nhiệt lưu.

Hình 3 – 116 cho ta thấy ảnh hưởng của nhiệt độ thùng chứa đến tốc độ của dòng nhiệt tỏa đi.

– Cho chất giữ nhiệt trên mặt nước thép: thực tế chứng minh dùng trấu lúa, rơm rạ, nham thạch xốp... đều có tính giữ nhiệt tốt.

* Khống chế thành phần nước thép:

Làm thế nào để đảm bảo thành phần ra thép và thành phần đúc chỉ thay đổi trong một phạm vi rất hẹp, đảm bảo thành phần thổi đúc đúng mức thép cần luyện. Các thành phần cần khống chế:

– Cacbon: là thành phần cơ bản ảnh hưởng lớn nhất đến tổ chức của thép, đặc biệt ảnh hưởng trực tiếp đến khuynh hướng nứt nóng của phôi đúc, thí dụ: nhà máy thép Bảo Sơn (Trung Quốc) có thống kê đúc liên tục phôi dẹt hàm lượng cacbon trong phạm vi 0,09 ~ 0,14% có xác suất nứt dọc cao nhất. Lúc này cần điều chỉnh các thành phần khác như Mn để hiệu chỉnh. Theo yêu cầu công nghệ đúc liên tục, hàm lượng C của nước thép nên tránh nằm trong phạm vi 0,18 ~ 0,23%. Vì ở phạm vi này nước thép kết tinh sinh ra phản ứng bao tinh có ứng suất chuyển pha tương đối lớn, khiến cho lớp vỏ theo chiều dọc không dày đều dễ sinh ra gradien nhiệt độ hướng ngang dẫn đến dễ làm cho bề mặt phôi bị nứt dọc. Ngoài ra đúc liên tục nhiều mẻ, hàm lượng C chênh nhau giữa 2 mẻ không được quá 0,02%.

– Silic và mangan: Si và Mn khống chế khử oxy của thép, ngoài ra còn ảnh hưởng đến cơ tính và tính đúc của thép nữa. Theo quy định, trong phạm vi mức thép nếu tăng hàm lượng Mn (dùng giới hạn trên) sẽ tăng độ bền của thép và cải thiện được tính lỏng của thép. Si có tác dụng khử oxy, sản phẩm lại là SiO_2 làm tăng độ nhớt của nước thép nên với yêu cầu của mức thép nên giảm hàm lượng Si (dùng giới hạn dưới). Tức là khống chế tỷ số Mn/Si, thí

dúc đúc liên tục mác thép CT38 nên không chế hàm lượng Mn/Si khoảng 4 có thể giảm được nứt nhiệt của C gây nên trong vùng nhạy cảm.

- Lưu huỳnh và photpho: S và P là 2 nguyên tố quan trọng ảnh hưởng rất nhạy cảm đến nứt của thép, đặc biệt là phôi đúc liên tục. Trên bề mặt phôi chịu ứng suất nhiệt lớn do bị làm nguội mạnh lại còn bị ứng suất cơ tác dụng lên do kéo nắn thẳng tăng tính nhạy cảm của nứt phôi. Như vậy ảnh hưởng của S và P đối với chất lượng thép là khó kiểm soát hơn cả. Thí dụ: đúc phôi dẹt hàm lượng S là 0,025 ~ 0,30% nứt bề mặt tăng lên do S làm cho độ giãn dài của thép hạ thấp gây nên. Bởi vậy phải khử S và P ở mức độ lớn nhất. Hiện nay có nhiều biện pháp kỹ thuật tinh luyện mới đã giảm được hàm lượng S và P, do vậy giảm hàm lượng S và P xuống dưới 0,03%, hay cả S và P cộng lại không quá 0,05%. Đối với một số mác thép đặc biệt nên giảm hàm lượng S và P dưới 0,005%.

Ngoài những nguyên tố kể trên những nguyên tố dễ gây ra giòn như Cu và Sn nên giảm dưới 0,02% và As, Sb cũng không vượt quá 0,05%.

* Không chế mức độ khử oxy:

Đúc thép lỏng Al là nguyên tố khử oxy cuối cùng. Thực chất của việc không chế mức độ khử oxy chính là không chế hàm lượng Al trong thép. Qua thực tiễn và nhiều nghiên cứu cho biết khi $[Al] < 0,0015\%$ dễ sinh ra bọt khí dưới lớp vỏ của phôi đúc, nhưng nếu $[Al] > 0,006\%$ thì lại dễ sinh ra tắc lỗ rót, tạp chất trong phôi tăng lên. Tùy thuộc vào đúc loại thép mà không chế $[Al]$ cho thích hợp. Thông thường dùng chất khử hỗn hợp Mn-Si-Al, so sánh với khử oxy bằng Al ở nhiệt độ 1500°C như hình 3 – 117.

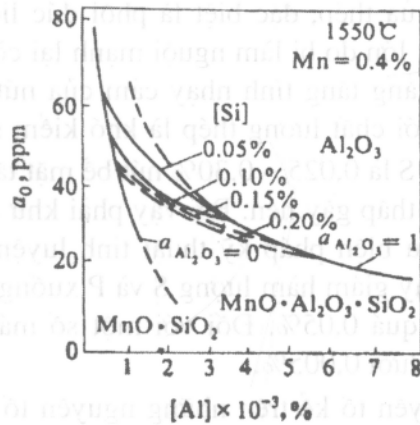
- Cho Si và Mn vào làm tăng khả năng khử oxy của Al. Khi $[Si] < 0,1\%$ thì Si làm tăng khả năng của Al lên khá rõ rệt, nhưng đến khi $[Si] > 0,15\%$ thì khả năng tăng đó lại giảm yếu.

- Khi $[Si]$ như nhau, Si tăng khả năng khử oxy của Al tùy thuộc vào lượng Al tăng hay giảm. Vùng $a_{Al_2O_3} = 1$ tức là thuần Al_2O_3 , tại vùng này Si không tham gia phản ứng khử oxy.

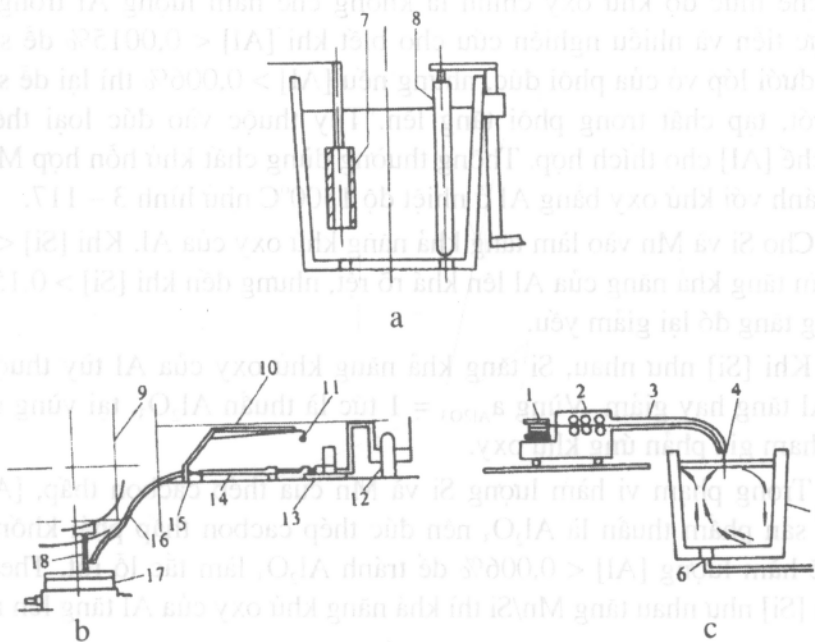
- Trong phạm vi hàm lượng Si và Mn của thép cacbon thấp, $[Al]_{du} > 0,006\%$ sản phẩm thuần là Al_2O_3 , nên đúc thép cacbon thấp phải không chế chặt chẽ hàm lượng $[Al] < 0,006\%$ để tránh Al_2O_3 làm tắc lỗ rót. Theo tính toán khi $[Si]$ như nhau tăng Mn/Si thì khả năng khử oxy của Al tăng lên rõ rệt.

Ở đây cần nhấn mạnh khả năng khử oxy của Ca rất mạnh, nên hiện nay thường dùng hợp chất khử oxy là Ca-Si, Si-Ca-Al-Fe, Si-Ca-Ba-Al-Fe... (khi trong Fe lỏng chứa 10% Si thì độ hòa tan của Ca có thể đạt tới 0,35%). Khi

dùng Si-Ca khử oxy sản phẩm là phức $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ rất dễ nổi lên tránh được kết bấu tắc lỗ rót. Ca-Si-Al-Ba-Fe là chất khử oxy rất tốt làm sạch thép đang được nghiên cứu ứng dụng nhiều.



Hình 3-117. Ảnh hưởng của hàm lượng $[\text{Si}]$, $[\text{Mn}]$ đến mối quan hệ $[\text{Al}]-[\text{O}]$.



a- Cho dây Al qua ống nhúng b- Cơ cấu phát xạ Al c- Cách cho thêm dây Al

Hình 3 - 118. Giảm độ cách cho Al vào thùng chứa.

1- Cuộn dây Al	7- Ống đưa dây Al	13- Cho Al
2- Trục kẹp chặt	8- Cán nút	14- Ống cố định
3- Ống dẫn	9- Lò LD	15- Nối ống
4- Dây Al	10- Nâng hạ ống dẫn	16- Ống cong
5- Thùng chứa	11- Xe	17- Thùng chứa
6- Nút nhiều lỗ	12- Bình khí	18- Dòng thép (ra thép)

Dùng Al khử oxy do tỷ trọng của Al nhẹ khó nhúng sâu vào được nước thép, ảnh hưởng đến hiệu suất khử oxy. Để khống chế chuẩn xác [Al] và [O], trong thực tế sản xuất thường dùng các biện pháp như hình 3 – 118.

(1) Cho Al trong ruột ống nhúng. Trước khi ra thép cho ống nhúng chất Al trong ruột vào thùng chứa để tránh Al nổi lên tiếp xúc với xỉ khi ra thép nâng cao hiệu suất khử oxy.

(2) Khi ra thép, vừa ra thép vừa nhúng Al vào (gọi là tán phát), như vậy dây Al từ một độ sâu nhất định trong nước thép đồng thời khử oxy tạp chất nổi lên và hòa tan vào thép.

(3) Cách nhúng dẫn. Sau khi ra thép nhúng dẫn dây Al vào thùng chứa hoặc BKT. Thường là để điều chỉnh hàm lượng [Al], cách này cũng rất thích hợp cho dùng một số nguyên tố khử oxy đặc biệt như đất hiếm và canxi.

Phương pháp khống chế khử oxy có liên quan rất nhiều đến việc tách xỉ khi ra thép. Chấn xỉ của lò thổi hoặc ra thép ở đáy lò điện hiệu quả rất tốt.

3.1.2. Khống chế nhiệt độ nước thép trong thùng trung gian:

* Xác định nhiệt độ đúc:

Nhiệt độ đúc của đúc liên tục tức là nhiệt độ nước thép trong thùng trung gian. Nhiệt độ đúc bằng nhiệt độ chảy t_{ch} cộng thêm với độ quá nhiệt thích hợp Δt tức là:

$$t_{đúc} = t_{ch} + \Delta t$$

Như vậy khống chế nhiệt độ đúc thực chất là khống chế độ quá nhiệt Δt của nước thép trong thùng trung gian.

Δt lại phụ thuộc vào mức thép, tiết diện phôi và điều kiện đúc. Như thép C thấp, kích thước phôi nhỏ thì Δt lớn; còn thép C trung bình chứa Si, Mn cao mà kích thước phôi lớn thì Δt lấy giá trị thấp. Điều kiện đúc tức là muốn đề cập đến điều kiện gia nhiệt cho thùng chứa và thùng trung gian tức sự tổn thất nhiệt của nước thép trong thùng chứa và thùng trung gian dẫn đến nhiệt độ thấp.

$$\Delta t = t_{\text{ra thép}} - \Delta t_{\text{qua nhiệt}} - t_{\text{ch}} \quad (3 - 37)$$

Trong đó:

$\Delta t_{\text{qua nhiệt}}$ là nhiệt độ mà nước thép bị hạ thấp trong quá trình từ ra thép đến bắt đầu đúc. Có thể biểu thị như sau:

$$\Delta t_{\text{qua nhiệt}} = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4 + \Delta t_5 \quad (3 - 38)$$

Trong đó:

Δt_1 - Nhiệt độ hạ thấp khi ra thép

Δt_2 - Nhiệt độ hạ thấp ở thùng chứa sau khi ra thép

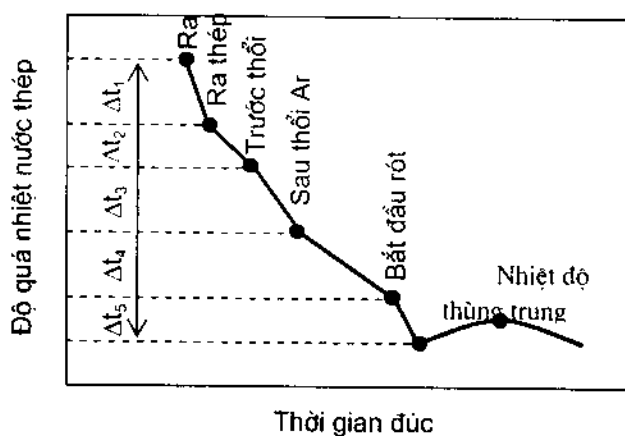
Δt_3 - Nhiệt độ hạ thấp trong quá trình vận chuyển xử lý ở thùng chứa

Δt_4 - Nhiệt độ hạ thấp sau khi xử lý đến lúc bắt đầu rót

Δt_5 - Nhiệt độ hạ thấp khi rót thép từ thùng chứa vào thùng trung gian

Có thể biểu thị các tổn thất hạ nhiệt độ như hình 3 - 119.

Δt_1 : khi ra thép bản thân nhiệt độ dòng thép bức xạ và đối lưu ra xung quanh, cho ferro thu nhiệt và hút nhiệt của áo thùng, do vậy nó là hàm số của nhiệt độ ra thép, thời gian ra thép, lượng và loại ferro cho vào thùng, tình trạng sử dụng của thùng,... Nhân tố ảnh hưởng tương đối lớn chính là tình trạng sử dụng của thùng chứa, tức là nhiệt độ sấy của áo, đáy có dính thép, không có nắp đáy,... Số liệu tại một xưởng lò thổi sử dụng thùng chứa 20 ~ 70 tấn do tình trạng sử dụng khác nhau mà ba động của Δt_1 tới 40 ~ 70°C.



Hình 3 - 119. Sơ đồ sự thay đổi nhiệt độ nước thép trong quá trình đúc.

Δt_2 : Phụ thuộc vào dung lượng thùng chứa vật liệu và nhiệt độ của áo lò, đồng thời là cự ly vận chuyển thùng chứa. Trong điều kiện bình thường ba động Δt_3 không lớn ảnh hưởng không nhiều đến $\Delta t_{\text{qua nhiệt}}$.

Δt_4 : Phụ thuộc vào phương pháp và thời gian xử lý. Thí dụ, thổi Ar khuấy trộn làm tăng đối lưu truyền nhiệt ra ngoài, bản thân khí Ar thu nhiệt, thời gian thổi dài lượng Ar thổi tăng thì Δt_4 tăng.

Δt_4 : Phụ thuộc vào thời gian thùng chứa vận chuyển đến vị trí rót và nhiệt độ giảm trong thùng chứa, tương tự như ảnh hưởng của Δt_2 nhưng áo thùng đã được bổ xung gia nhiệt nên áo thùng hấp thụ nhiệt lượng dẫn đến giảm nhiệt độ ít hơn tức là $\Delta t_4 < \Delta t_2$.

Δt_5 : Liên quan đến dung lượng, vật liệu, nhiệt độ sấy và biện pháp bảo ôn của thùng chứa.

Từ các phân tích trên đây cho ta thấy ngoài bố trí hợp lý khi thiết kế làm sao các công đoạn tiếp cận nhau là biện pháp giảm việc hạ nhiệt độ của thép lỏng trong thùng chứa và thùng trung gian. Thường người ta hay quy định độ quá nhiệt lớn nhất (Δt_{max}) cho từng loại thép và tiết diện phôi như sau:

Bảng 3 – 21. Độ quá nhiệt lớn nhất (Δt_{max}).

Đúc thép	Phôi dẹt và vuông lớn	Vuông nhỏ
Thép C cao và Mn cao	+ 10°C	+ 15~20°C
Thép kết cấu hợp kim	+ 5~10°C	+ 15~20°C
Thép C thấp và hợp kim thấp	+ 15~20°C	+ 25~30°C
Thép không gỉ	+ 15~20°C	+ 20~30°C
Thép Silic	+ 10°C	+ 15~20°C

T_{ch} : Nhiệt độ bắt đầu nóng chảy, còn gọi là nhiệt độ đường pha lỏng của thép (°C). Thường được tính theo các công thức kinh nghiệm sau:

$$\begin{aligned}
 T_{\text{ch}} &= 1537 - \{88[\%C] + 8[\%Si] + 5[\%Mn] + 30[\%P] + 25[\%S] \\
 &\quad + 5[\%Cu] + 4[\%Ni] + 2[\%Mo] + 2[\%V] + 1,5[\%Cr]\} \quad (3 - 39) \\
 &= 1536 - \{100,3[\%C] - 22,4[\%C] - 0,61 + 13,55[\%Si] - 0,64[\%Si] \\
 &\quad + 5,82[\%Mn] + 0,3[\%Mn]^2 + 4,2[\%Cu] + 4,18[\%Ni] + 0,01[\%Ni]^2
 \end{aligned}$$

$$+ 1,59[\%Cr] - 0,07[\%Cr]^2 \quad (3 - 40)$$

$$= 1536 - \{90[\%C] + 6,2[\%Si] + 1,7[\%Mn] + 28[\%P] + 50[\%S] + 2,6[\%Cu] + 2,9[\%Ni] + 1,8[\%Cr] + 5,1[\%Al]\} \quad (3 - 41)$$

Thép cacbon thông dụng, thép hợp kim thấp dùng công thức (3 - 39) và (3 - 40); thép hợp kim cao dùng công thức (3 - 41) để tính.

* Ứng dụng giữ nhiệt và vòng Al-Mg của thùng trung gian:

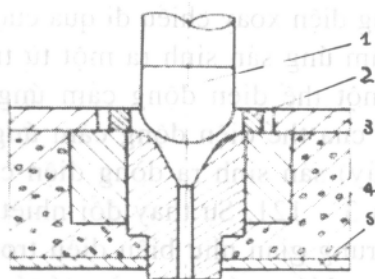
Dung lượng thùng trung gian nhỏ lại, thời gian rót dài, đường kính lỗ rót nhỏ nên tổn thất nhiệt bức xạ của bề mặt nước thép là rất lớn. Qua đo đạc và tính toán, tổn thất nhiệt đó chiếm tới 80 ~ 90% tổng tổn thất nhiệt của thùng trung gian. Bởi vậy thùng trung gian phải có biện pháp giữ nhiệt trên bề mặt. Thí dụ như bảng 3 - 22.

Bảng 3 - 22. So sánh không phủ đáy dùng xỉ, tấm cách nhiệt và chất giữ nhiệt, vỏ trấu.

Phủ che chắn	Không che phủ	Xỉ che chắn	Tấm cách nhiệt và chất giữ nhiệt	Vỏ trấu
Tổn thất nhiệt trên bề mặt, kJ/m ² .ph	17263~11326	10450~6897	7520	627

Dung lượng thùng trung gian nhỏ lại, thời gian rót dài, đường kính lỗ rót nhỏ nên tổn thất nhiệt bức xạ của bề mặt nước thép là rất lớn. Qua đo đạc và tính toán, tổn thất nhiệt đó chiếm tới 80 ~ 90% tổng tổn thất nhiệt của thùng trung gian. Bởi vậy thùng trung gian phải có biện pháp giữ nhiệt trên bề mặt. Thí dụ như bảng 3 - 22.

Ngoài ra còn phải tính đến việc sấy nóng thùng rót, giảm tổn thất tản nhiệt của áo thùng cũng có hiệu quả khá tốt. Thao tác bắt đầu đúc cũng là một khâu rất quan trọng, đặc biệt là thùng trung gian mới có tấm cách nhiệt còn nguội giữa, do quanh khu vực miệng rót hút nhiệt, nhiệt độ nước thép hạ xuống nhanh chóng dẫn đến lỗ rót bị bịt hoặc dính cần nút, nên để đảm bảo mở rót được thuận lợi nên rắc bột phát nhiệt Si-Ca quanh lỗ rót để khi Si-Ca cháy gia nhiệt tức thời cho nước thép quanh miệng rót, nhưng cách này tiêu hao nhiều hợp kim đắt tiền và không dễ khống chế. Gần đây người ta hay dùng một kỹ thuật mới là dùng vòng chất phát nhiệt Al-Mg (xem bảng 3 - 23) đặt bao quanh lỗ rót (hình 3 - 120).



- 1- Đầu cần nút
- 2- Vành Al-Mg
- 3- Tấm cách nhiệt
- 4- Lớp vịnh cửa
- 5- Vỏ ngoài

Hình 3 – 120. Sơ đồ lớp vành phát nhiệt Al-Mg.

Bảng 3 – 23. Các tham số của vật liệu phát nhiệt.

Nhiệt độ cháy, °C	Nhiệt độ cháy, °C	Lượng phát nhiệt, kJ/g	Thành phần hóa học, %			
			Mg	Al	Fe	Khác
427	2000	26,58	65 ± 3	35 ± 3	~ 0,5	~ 1,6

* Gia nhiệt cho nước thép trong thùng trung gian:

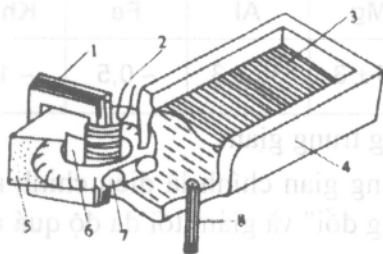
Gia nhiệt cho nước thép ở thùng trung gian chính là điều chỉnh nhiệt độ nước thép trong thùng trung gian "không đổi" và giảm tối đa độ quá nhiệt là một công nghệ tất yếu.

- Công nghệ gia nhiệt nước thép trong thùng trung gian: là công nghệ mới phát triển. Nhưng so với công nghệ gia nhiệt cho thùng chứa thì đều có tác dụng là giảm nhiệt độ ra thép, bổ xung lượng nhiệt của nước thép không đủ, nhưng có điểm khác nhau là gia nhiệt cho thùng chứa không thể giải quyết được sự ba động của nhiệt độ nước thép trong lúc đúc liên tục không ổn định, còn gia nhiệt trong thùng trung gian có thể căn cứ trực tiếp yêu cầu điều chỉnh nhiệt độ đúc đạt đến được rót thép ở "nhiệt độ không đổi", gia nhiệt cho thùng chứa chiếm một thời gian của công đoạn, còn gia nhiệt trong thùng trung gian có thể tiến hành đồng thời vừa rót vừa gia nhiệt, cơ cấu gia nhiệt cho thùng chứa tương đối lớn, gia nhiệt thùng chứa xong rồi chuyển thiết bị đi, nhiệt độ lại vẫn giảm. Cơ cấu gia nhiệt thùng trung gian nhỏ và gia nhiệt trong quá trình rót hiệu suất nhiệt cao. Vì vậy, công nghệ này được ứng dụng hết sức rộng rãi và nhanh chóng.

Có 2 cách gia nhiệt: cảm ứng và plasma trong đó plasma được ứng dụng rộng rãi hơn.

- Gia nhiệt cảm ứng:

Nguyên lý cho một dòng điện xoay chiều đi qua cuộn cảm ứng (cuộn sơ cấp), xung quanh cuộn cảm ứng sản sinh ra một từ trường biến thiên, từ trường này sản sinh ra một thể điện động cảm ứng ở liệu kim loại (cuộn thứ cấp), do tác dụng của thể điện động cảm ứng này trong vòng khép kín (kim loại nóng chảy) sản sinh ra dòng điện cảm ứng làm kim loại được gia nhiệt như hình 3 – 121. Sự thay đổi nhiệt độ khi gia nhiệt cho nước thép trong thùng trung gian như biểu diễn trong hình 3 – 122. Khi dùng cảm ứng điện từ gia nhiệt nước thép còn có tác dụng khuấy trộn tạo điều kiện cho tạp chất phi kim loại nổi lên. Tốc độ nâng nhiệt có thể đạt 25 °C/ph và hiệu suất nhiệt tới 90%.



Hình 3-121. Gia nhiệt cảm ứng mặt bên thùng trung gian. **Hình 3-122. Thay đổi nhiệt độ gia nhiệt và không gia nhiệt nước thép trong thùng trung gian.**

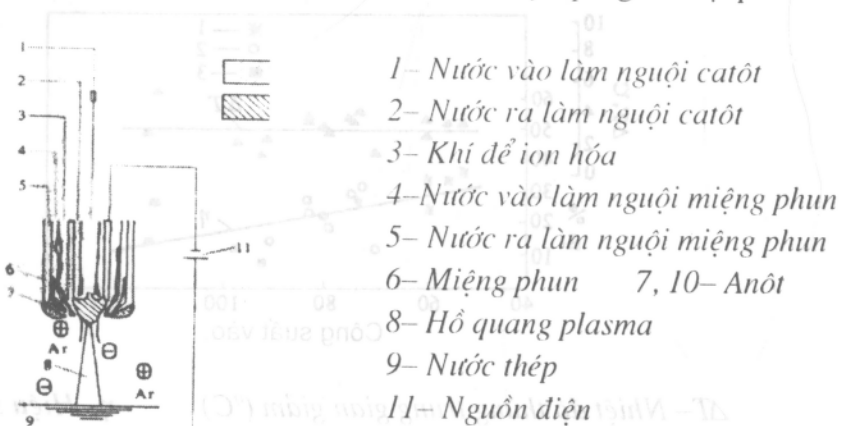
- | | |
|---------------------|------------------------|
| 1- Lõi sắt | 5- Vật liệu chịu lửa |
| 2- Vòng cảm ứng | 6- Vòng làm nguội |
| 3- Nước thép | 7- Đường dẫn nước thép |
| 4- Thùng trung gian | 8- Miếng rót |

- Công nghệ gia nhiệt bằng plasma:

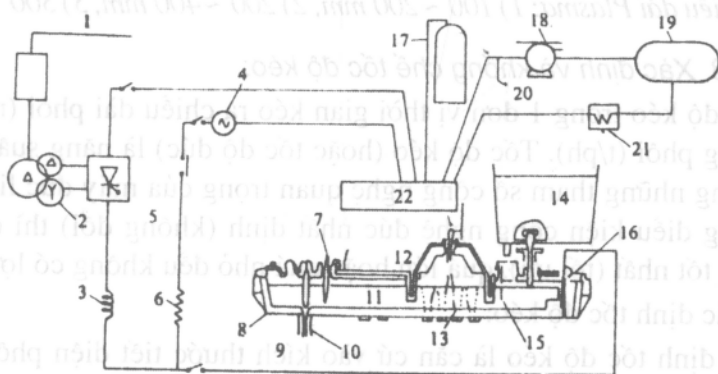
Gần đây kỹ thuật dùng plasma gia nhiệt cho lĩnh vực kim loại được ứng dụng ngày một rộng rãi. Điển hình là 2 công ty PEC (Mỹ) và TRD (Anh) đã sản xuất bán ra thị trường thế giới rất nhiều thiết bị plasma dùng cho gia nhiệt thùng trung gian. Đến nay hầu như các nhà máy luyện thép cỡ lớn và hiện đại của thế giới đều có sử dụng thiết bị plasma gia nhiệt cho nước thép trong thùng trung gian. Nguyên lý gia nhiệt plasma là dùng dòng

điện một chiều hoặc xoay chiều (gia nhiệt thùng trung gian chủ yếu dùng điện một chiều) phóng điện giữa 2 hoặc nhiều điện cực làm cho thể khí ở giữa điện ly (gia nhiệt thùng trung gian có thể dùng khí Ar hoặc N_2 , dùng khí Ar tốt hơn) mức độ ion hóa (plasma hóa) càng cao, sản sinh ra nhiệt độ càng cao. Thể khí điện ly hình thành dòng plasma có thể phát ra hồ quang sáng, gọi là hồ quang plasma. Cơ cấu sản sinh ra hồ quang plasma gọi là súng (mô đốt) plasma. Hồ quang plasma có nhiệt độ rất lớn, ở tâm có thể tới 3000°C vì thế gia nhiệt được cho nước thép. Cơ cấu (hình 3 – 123) và (hình3 – 124).

Dùng cơ cấu plasma gia nhiệt cho thùng trung gian ba động trong phạm vi $\pm 5^{\circ}\text{C}$ làm cho khả năng đúc được nước thép khi nhiệt độ đúc chỉ cao hơn nhiệt độ chảy $15 \sim 20^{\circ}\text{C}$. Hình 3 – 125 là hiệu quả gia nhiệt plasma.



Hình 3 – 123. Giản đồ chùm plasma.



Hình 3 – 124. Cách bố trí thiết bị plasma trong thùng trung gian.

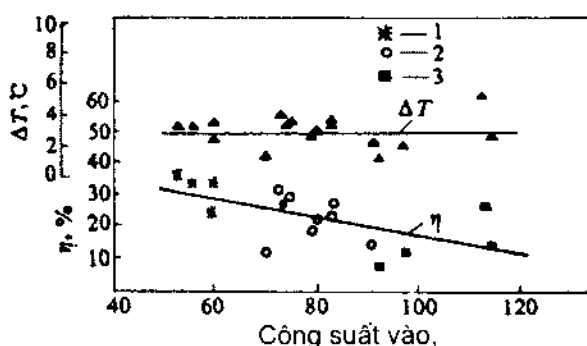
1 – Cầu dao cao áp

9 – BKT

17 – Thùng chứa khí

2- Biến thế	10- Miếng rót ngáp	18- Bơm
3, 6- Chính lưu	11- Nước thép	19- Thùng gang
4- Điện kháng 1 chiều	12- Gia nhiệt	20- Cấp điện
5- Sinh cao tần	13- Khí thổi từ đáy	21- Bình trao đổi nhiệt
7, 15- Can nhiệt	14- Thùng rót	22- Dòng plasma
8- Thùng trung gian	16- Anôt	

Năng lượng gia nhiệt cho nước thép tập trung, nhiệt độ gia nhiệt cao, dùng khí trơ không làm xấu chất lượng thép, thao tác gia nhiệt nhạy và ổn định, không gây ô nhiễm môi trường (có thể khí).



ΔT — Nhiệt độ thùng trung gian giảm ($^{\circ}\text{C}$) η — Hiệu suất nhiệt

Hình 3 – 125. Hiệu quả gia nhiệt bằng plasma.

Dòng điện 500 A, lưu lượng Ar 0,75 l/ph,

Chiều dài Plasma: 1) 100 ~ 200 mm, 2) 200 ~ 400 mm, 3) 300 ~ 500 mm

3.1.3. Xác định và khống chế tốc độ kéo:

Tốc độ kéo trong 1 đơn vị thời gian kéo ra chiều dài phôi (m/ph) hoặc trọng lượng phôi (t/ph). Tốc độ kéo (hoặc tốc độ đúc) là năng suất của máy, là một trong những tham số công nghệ quan trọng của máy đúc liên tục. Tất nhiên trong điều kiện công nghệ đúc nhất định (không đổi) thì chỉ có một tốc độ kéo tốt nhất (tối ưu), quá lớn hoặc quá nhỏ đều không có lợi.

* Xác định tốc độ kéo:

Xác định tốc độ kéo là căn cứ vào kích thước tiết diện phôi, nhiệt độ và loại thép đúc. Khi xác định là dựa vào tính chiều dày lớp vỏ tối thiểu yêu cầu khi ra khỏi BKT hoặc là tính chiều dài luyện kim (cột kim loại lỏng ở giữa) của máy đúc. Theo kinh nghiệm có thể chọn:

- *Tính chiều dày lớp vỏ ra khỏi BKT:*

Theo định luật đông đặc của nước thép:

$$\delta = K\sqrt{\tau} \quad (\text{mm}) \quad (3 - 42)$$

Trong đó:

δ – Chiều dày lớp vỏ khi ra khỏi BKT, mm

K – Hằng số đông đặc trong BKT, mm/ph^{0,5}

τ – Thời gian phơi lưu trong BKT, ph

Giả sử chiều dày tối thiểu của lớp vỏ ra khỏi BKT là $\delta_{\min}$, khi chiều dài BKT là L (đối với BKT dài 700 mm thì chọn $L = 650$ mm), V là tốc độ kéo lớn nhất :

$$\delta_{\min} = K\sqrt{\frac{L}{V}} \Rightarrow V = L\left(\frac{K}{\delta_{\min}}\right)^2 \quad (3 - 43)$$

Thông thường $\delta_{\min} = 10 \sim 15$ mm (phôi vuông nhỏ chọn giới hạn dưới, phôi dẹt chọn giới hạn trên).

- *Tính theo chiều dài cột kim loại lỏng ở giữa:*

Theo định luật kết tinh, thời gian đông đặc hoàn toàn là:

$$\frac{1}{2}D = K\sqrt{\frac{l}{v'}} \quad (3 - 44)$$

Trong đó:

D – Chiều dày của phôi đúc, mm

K – Hệ số đông đặc bình quân, mm.ph^{0,5}

(phôi dẹt là 27, phôi vuông là 30)

l – Chiều dài cột kim loại lỏng ở giữa, m

v' – Tốc độ kéo lý thuyết, m/ph

$$\text{Như vậy: } v' = \frac{4K^2 l}{D^2} = 4l\left(\frac{K}{D}\right)^2 \quad (3 - 45)$$

- *Theo công thức thực nghiệm:*

$$V_0 = f \frac{L'}{A} \quad (3 - 46)$$

Trong đó:

V_n – Tốc độ kéo (làm việc), m/ph

A – Tiết diện phôi, mm²

L' – Chu vi phôi, mm

f – Hệ số có liên quan đến loại thép, hình dạng phôi, tham số BKT, chế độ làm nguội... (phôi vuông là 45 ~ 60, phôi dẹt 35 ~ 45; nhỏ lấy giới hạn trên, lớn lấy giới hạn dưới).

Như vậy, tính ra được công thức tính tốc độ kéo theo kinh nghiệm là:

$$V = \frac{0,118(1 + B)}{d.B} \quad (3 - 47)$$

Trong đó:

V -- Tốc độ kéo, m/ph

d – Chiều dày phôi

B – Tỷ số chiều rộng/chiều dày

* Các nhân tố ảnh hưởng đến tốc độ kéo:

- *Loại thép:*

Loại thép khác nhau thì tính dẻo nhiệt độ cao, độ bền nhiệt độ cao và khả năng dẫn nhiệt đều khác nhau. Thí dụ, thép không gỉ austenit ở điều kiện thông thường không chuyển biến dạng tinh thể, tính dẻo ở nhiệt độ cao tốt, độ bền ở nhiệt độ cao tốt, có thể dùng tốc độ kéo lớn. Nhưng ngược lại, thép cacbon cao, thép không gỉ ferit, thép hợp kim thấp thì tốc độ kéo nên thấp. Thép ổ bi, thép gió, thép silic vì tính dẫn nhiệt kém, phạm vi đông đặc rộng, rất nhạy cảm với nứt thì tốc độ kéo lại phải càng thấp vì tính dẫn nhiệt kém, ứng suất nhiệt sản sinh lúc làm nguội lớn. Để tránh nứt chỉ còn cách dùng cường độ làm nguội nhỏ, kéo chậm. Cũng như vậy, phạm vi nhiệt độ kết tinh rộng, co ngót lớn, do nước thép bổ sung không kịp sinh ra lỗm co và xốp thì cũng phải dùng tốc độ kéo thấp để bảo đảm chất lượng bên trong của phôi đúc tốt.

- *Kích thước và hình dạng phôi:*

Hình dạng tiết diện khác nhau thì kích thước chu vi của một đơn vị trọng lượng phôi khác nhau, bề mặt được làm nguội của một đơn vị trọng lượng cũng khác nhau. Đơn vị diện tích bề mặt của hình tròn nhỏ hơn hình vuông và hình chữ nhật, làm nguội chậm tất nhiên tốc độ kéo cần nhỏ một chút. Lúc phôi chữ nhật đông đặc trong BKT bên hẹp đông đặc nhanh hơn

bên rộng nên vỏ tách ra khỏi mặt BKT hình thành khe hở sớm hơn làm cho tốc độ đông đặc giảm, khiến cho tốc độ kéo của phôi chữ nhật nên nhỏ hơn phôi vuông một chút. Ngoài ra, hình dạng tiết diện phôi có liên quan đến đặc điểm kết tinh của phôi, thí dụ tốc độ kéo phôi hình tròn quá nhanh dễ sinh ra xoắn và nứt ở giữa vì thế mà tốc độ kéo của phôi tròn thường thấp hơn phôi vuông và dẹt. Bảng 3 - 24 và 3 - 25 chỉ ra cho thấy ảnh hưởng của loại thép và tiết diện phôi đến tốc độ kéo.

Bảng 3-24. Ảnh hưởng tiết diện phôi đến tốc độ kéo.

Tốc độ kéo, m/ph	Kích thước mặt cắt phôi vuông, mm ²						
	80 x 80	90 x 90	100 x 100	120 x 120	130 x 130	150 x 150	200 x 200
Tên công ty							
Demag (Đức)		3,5-4,0		2,5-2,8		1,75-1,6	
Concast (Thụy Sĩ)		3,8-4,2	3,6-3,8	2,6-2,8	1,8-2,3	1,5-1,8	1,0-1,3
Olessen (Mỹ)	4,2-5,0	3,5-4,7	3,0-4,1	2,3-3,2	2,3	1,4-1,8	1,2-1,6
Vöest (Áo)	3,7	3,7	3,0	2,5	2,0	2,0	1,5
Daniell (Ý)		2,7-4,4					

**Bảng 3 - 25. Quan hệ giữa kích thước tiết diện
và tốc độ kéo thép không gỉ, chịu axit.**

Tiết diện phôi	Tốc độ kéo, m/ph	Bán kính cong của máy, m	Sản phẩm cuối cùng
100 x 100	2,7	6,0	Thép tròn, dây
120 x 120	2,0	4,0	Thép tròn
125 x 125	1,8 - 2,2	8,0	Thép góc
150 x 150	1,5	đứng	Thép tròn
150 x 200	1,4 - 1,8	8,0	Thép tròn
160	1,3	6,0	Thép tròn
165	1,3	đứng	Thép góc
178	1,0 - 1,2	12,2	
210	1,0 - 1,2	đứng	
210 x 250	1,0 - 1,2	đứng	Dây, ống k° hàn
265	0,65 - 1,0	10,0	Ống không hàn
124 x 124	2,7 - 2,8	12,2	Dây
250 x 250	0,5 - 0,65	đứng	Dây, tròn

- Nhiệt độ đúc và hàm lượng S, P:

Trong thực tế sản xuất, căn cứ vào nhiệt độ nước thép trong thùng trung gian mà quyết định tốc độ kéo (xem bảng 3 – 26). Khi nhiệt độ đúc hơi cao, [S] và [P] hơi cao thì nên kéo chậm một chút. Trong thực tế cho phép nhiệt độ chênh lệch trong một phạm vi nhất định, nếu như nhiệt độ chênh lệch tốt nhất $< \pm 5^{\circ}\text{C}$ có thể kéo bình thường, khi chênh lệch $\pm (5 \sim 10)^{\circ}\text{C}$ thì giảm hoặc tăng tốc độ kéo $\sim 10\%$. Nếu chênh lệch $> \pm 10^{\circ}\text{C}$ thì không nên kéo. Khi $[\text{S}] > 0,025\%$, $[\text{S}] + [\text{P}] > 0,045\%$ thì tốc độ kéo nên không chế ở giới hạn dưới.

Bảng 3 – 26. Mối quan hệ tốc độ kéo và nhiệt độ đúc.

Kích thước phôi	Tốc độ kéo phụ thuộc vào nhiệt độ trung thùng trung gian, m/ph		
	$> 1550^{\circ}\text{C}$	$1550 - 1530^{\circ}\text{C}$	$< 1530^{\circ}\text{C}$
1	2	3	4
150 x 1000	1,2	1,3	1,4
220 x 1000	0,9	1,05	1,1
220 x 1100	0,9	1	1,1
220 x 1200	0,9	1	1,1
220 x 1300	0,9	1	1,1
220 x 1400	0,9	1	1,1
220 x 1500	0,9	1	1,1
320 x 1650	0,45	0,5	0,55

Ngoài các nhân tố trên ảnh hưởng đến tốc độ kéo ra còn các nhân tố khác cũng có ảnh hưởng nhất định như chiều dài cột kim loại lỏng, kiểu rung của BKT, tính chất của xỉ bảo vệ... nên phải căn cứ vào tình hình cụ thể mà quyết định.

** Không chế tốc độ kéo:*

Tốc độ kéo phải thích ứng với tốc độ rót nước thép từ thùng trung gian vào BKT. Tốc độ rót ngoài liên quan đến đường kính lỗ rót và lượng của nước thép ra còn phải duy trì một chiều cao mặt nước thép trong thùng trung gian (tức lượng nước thép ổn định). Chiều cao mặt nước thép quá lớn, áp lực của cột nước thép lớn, khó đảm bảo dòng rót ổn định và lực va đập tương đối lớn, chảy vào BKT tạo nên bắn tóe mạnh và đập mạnh vào lớp vỏ mới kết tinh ảnh hưởng đến chiều dày lớp vỏ không đều. Nhưng ngược lại nếu chiều cao mặt nước thép quá thấp dòng chảy không ổn định, khi mặt nước thép thấp hơn độ cao tối hạn nước thép trên lỗ rót sẽ xuất hiện xoáy hình phễu cuốn xỉ phủ trên bề mặt chảy vào

BKT làm xấu chất lượng phôi. Bởi vậy cho nên để đảm bảo chất lượng phôi thép, thao tác tiến hành thuận lợi, các nhà máy cần căn cứ vào các nhân tố tiết diện phôi, loại thép, dung tích thùng trung gian, nhiệt độ đúc, ... duy trì chiều cao mặt nước thép trong thùng trung gian ổn định để khống chế tốc độ kéo ổn định.

3.1.4. Khống chế làm nguội phôi đúc:

Khống chế làm nguội phôi đúc bao gồm làm nguội lần thứ nhất (trong BKT) và lần thứ hai. Làm nguội lần thứ nhất đã được phân tích ở phần trên nên ở đây tập trung vào phân tích làm nguội lần thứ hai.

* Xác định cường độ làm nguội:

- Nguyên tắc xác định cường độ làm nguội lần thứ hai:

– Do phôi thép từ BKT tiến vào vùng làm nguội thứ hai, lượng thép lỏng ở trong còn rất lớn, vỏ phôi mỏng, nhiệt trở bé, ứng suất tạo ra do lớp vỏ co ngót còn ít nên lúc này tăng tốc độ làm nguội có thể tăng nhanh chóng chiều dày lớp vỏ và có thể tăng tốc độ kéo cũng không bị đứt. Khi chiều dày lớp vỏ tăng đến một giới hạn nhất định, nhiệt trở lớp vỏ tăng lên sẽ dần dần giảm cường độ làm nguội để tránh ứng suất nhiệt trên bề mặt phôi quá lớn sinh ra nứt. Bởi vậy cho nên toàn bộ khu vực làm nguội lần thứ hai nên dùng nguyên tắc làm nguội từ trên xuống dưới, từ mạnh đến yếu.

– Để nâng cao năng suất của máy đúc nên sử dụng tốc độ kéo lớn, hiệu suất làm nguội cao; nhưng nâng cao hiệu suất làm nguội phải đồng thời với việc tránh sao cho không có cục bộ nhiệt độ trên bề mặt phôi giảm đột ngột gây ra nứt, tức là hướng ngang hay hướng dọc nhiệt độ giảm trên bề mặt đồng đều. Thông thường, tốc độ làm nguội trên bề mặt phôi nên nhỏ hơn $200^{\circ}\text{C}/\text{m}$. Nhiệt độ trên bề mặt hồi sinh (cao lại) nên nhỏ hơn $100^{\circ}\text{C}/\text{m}$.

– Trong phạm vi nhiệt độ $700 \sim 900^{\circ}\text{C}$ là vùng nhiệt độ có tính giòn của phôi đúc, nếu như bề mặt nhiệt độ vùng này lại bị nắn thẳng thì dễ sinh ra nứt. Vì vậy, khống chế cường độ làm nguội lần thứ hai không nên để nhiệt độ bề mặt $> 900^{\circ}\text{C}$, tức là trên vùng giòn tiến hành nắn thẳng. Ngoài ra để đảm bảo lượng lõi bụng bé nhất hình thành giữa các trục đỡ ở vùng làm nguội thứ hai thì nên hạn định nhiệt độ bề mặt phôi trong phạm vi khu vực làm nguội lần hai này dưới 1100°C . Đồng thời trong trường hợp cấp phôi nóng, cán trực tiếp thì nên khống chế nhiệt độ bề mặt phôi sau cắt cao hơn 1000°C .

– Xác định cường độ làm nguội cần phải tính đến đặc điểm của mác thép, đặc biệt là loại thép có tính nhạy cảm với nứt mạnh thì nên làm nguội yếu.

Thí dụ như thép ống hợp kim thấp cần làm nguội nhẹ hơn thép tấm mỏng.

- Lựa chọn cường độ làm nguội:

Bảng 3 – 27. Ảnh hưởng của loại thép tới cường độ làm nguội.

Loại thép	Cường độ làm nguội, l/kg
Thép cacbon thấp và hợp kim thấp	1,0 – 1,2
Thép cacbon vừa và cao, thép hợp kim	0,6 – 0,8
Thép có tính nhạy cảm mạnh với nứt	0,4 – 0,6
Thép gió	0,1 – 0,3

Cường độ làm nguội thường biểu thị bằng tỷ số trong một đơn vị thời gian lượng nước làm nguội (lít) chỉ cho trọng lượng phôi thép (kg) ở vùng làm nguội lần hai, đơn vị là l/kg. Hay có thể dùng trong một đơn vị thời gian, một đơn vị diện tích bề mặt phôi nhận được lượng nước làm nguội, dùng mật độ dòng nước để đo, đơn vị là $l/m^2.s$. Khi nâng cao lượng nước hoặc mật độ dòng nước do lượng nước phun ra từ vòi phun tăng lên, tia nước đến mặt phôi đại bộ phận bị bốc hơi mang nhiệt lượng đi, khiến cho hệ số truyền nhiệt (h) tăng nên cải thiện thêm hiệu quả làm nguội. Nhưng tăng quá mức mật độ dòng nước sẽ làm cho nước trong một đơn vị thể tích quá nhiều dẫn đến dòng nước bắn tới bề mặt phôi và đập vào dòng nước từ bề mặt phôi bị văng trở lại và chạm nhau mà tổn thất một phần động năng. Đồng thời lượng nước lớn sẽ hình thành trên bề mặt phôi một màng hơi nước cản trở nước tiếp xúc trực tiếp với bề mặt phôi mà giảm hiệu quả làm nguội. Qua nghiên cứu cho thấy, mật độ dòng nước $> 20 l/m^2.s$ nếu nâng cao mật độ dòng nước ảnh hưởng đến sự truyền nhiệt không lớn.

Cường độ làm nguội lần hai còn thay đổi theo loại thép, kích thước mặt cắt, kiểu máy, tốc độ kéo... như bảng 3 – 27. Nó thường dao động trong phạm vi 0,5 ~ 1,5 l/kg.

Ngoài ra còn cần phải tính đến nhiệt độ nắn thẳng và có cấp nóng cho cán không. Có 3 phương án:

(1) Nhiệt độ bề mặt phôi trong toàn khu vực làm nguội lần hai hạ thấp dần dần, trước khi nắn thẳng nhiệt độ bề mặt trên $900^{\circ}C$. Cường độ làm nguội nhỏ thường 0,5 ~ 1,0 l/kg. Sau khi kéo nắn thẳng, nhiệt độ bề mặt tương đối cao tiện cho cấp phôi nóng.

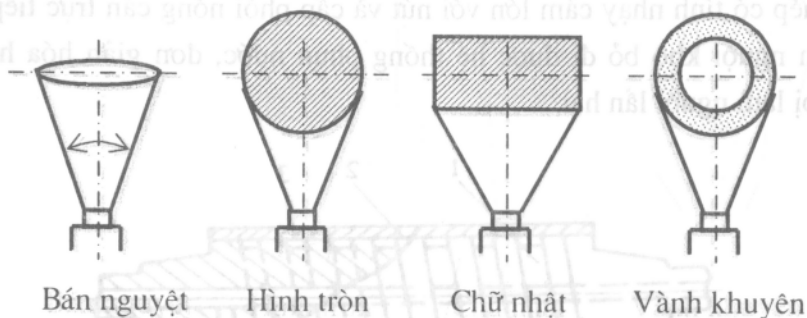
(2) Nhiệt độ bề mặt phôi trong khu vực làm nguội lần hai không đổi. Sau khi ra khỏi khu vực làm nguội lần hai, nhiệt độ bề mặt nâng lên nên nắn thẳng ở nhiệt độ trên vùng giòn.

(3) Cường độ làm nguội tương đối lớn, nhiệt độ bề mặt trong toàn vùng làm nguội lần thứ hai luôn ở mức thấp khiến thể austenit trong phôi chuyển biến hết sang ferit ($\gamma \rightarrow \alpha$). Ở phạm vi nhiệt độ $700 \sim 650^{\circ}\text{C}$ nắn thẳng tránh được vùng giòn. Cường độ làm nguội thường trong phạm vi $2 \sim 2,5 \text{ l/kg}$. Đây là phương án dùng nhiều nhất.

* Các phương thức làm nguội lần hai:

- Nước phun mù:

Dùng một loại vòi phun chuyên dùng sau khi làm cho nước làm nguội mù hóa phun thẳng vào bề mặt phôi thép để làm nguội. Căn cứ vào hình dạng mù nước khác nhau, có các loại vòi phun: chóp tròn có tâm và chóp tròn rỗng tâm, hình chữ nhật và rẻ quạt (hình 3 – 126). Hệ thống đường ống cấp nước đơn giản, dễ bảo dưỡng, giá thành thấp nhưng đường kính bộ phận tiết lưu rất nhỏ, nước không sạch dễ bị tắc, phạm vi tiết lưu lượng nước hẹp, làm nguội không đồng đều.



Hình 3 – 126. Các loại vòi phun nước.

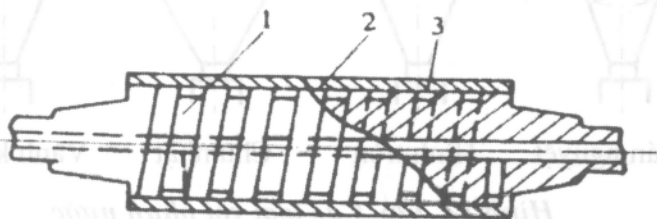
- Khí – nước phun mù:

Hiệu quả làm nguội của nước quyết định bởi khả năng của giọt nước nhỏ xuyên qua được lớp hơi nước mới có hiệu quả làm nguội lớn. Dùng không khí nén thổi trong vòi phun làm cho giọt nước mù hóa thêm một bước nữa, làm cho giọt nước phun ra khỏi vòi càng nhỏ, tốc độ tăng từ dòng mù hóa rất cao có lực phun đập mạnh đạt đến hiệu quả làm nguội và mức độ đồng đều rất cao. Ưu điểm của loại này là sự cố tắc lỗ phun rất thấp, có thể giảm yêu cầu về chất lượng nước, tiết kiệm phí duy tu bảo dưỡng. Có thể thay đổi tỷ số khí – nước để mở rộng phạm vi điều tiết lưu lượng nước một cách có hiệu quả, giọt nước nhỏ $0 \sim 200 \mu\text{m}$, lực đập mạnh, lượng nước bị bốc hơi lớn, hiệu quả làm nguội cao. Mật bao phủ tương đối lớn, bề mặt phôi

được làm nguội tương đối đồng đều, phạm vi dao động nhiệt độ trên bề mặt thu nhỏ tới $50 \sim 80^{\circ}\text{C}$, ba động nhiệt độ làm nguội $200 \sim 300^{\circ}\text{C}$. Nhiệt độ bề mặt phôi cao hơn loại nước phun mù tới 50°C có lợi cho cấp phôi nóng. Hạ thấp lượng nước tiêu hao, thường chỉ bằng $1/2$ loại nước phun mù. Nhưng phương thức làm nguội này đầu tư lớn nên hiện nay phần lớn chỉ dùng cho đúc phôi tấm và phôi vuông lớn.

- Làm nguội khô:

Có nghĩa là không phun nước mà thông gió giữa các trục dẫn để làm nguội. Trục dẫn có tác dụng làm nguội dẫn truyền nhiệt qua trục nhưng tác dụng làm nguội rất nhỏ. Trong phương thức làm nguội khô, trục dẫn làm thành hình xoắn ốc như hình 3 – 127 trong thông nước làm nguội. Hiệu suất làm nguội khô thấp, có thể làm cho sự làm nguội trên bề mặt phôi đồng đều mà cải thiện được chất lượng bề mặt. Vì vậy, nó rất thích hợp với công nghệ đúc thép có tính nhạy cảm lớn với nứt và cấp phôi nóng cán trực tiếp, ngoài ra làm nguội khô bỏ đi được hệ thống phun nước, đơn giản hóa hệ thống thiết bị làm nguội lần hai.



Hình 3 – 127. Giản đồ trục làm nguội xoắn ốc.

1– Trục xoắn ốc 2– Thao trục 3– Ống nước làm nguội

* Phân phối nước làm nguội lần hai:

Lượng tiêu hao nước làm nguội lần hai có thể tính theo công thức sau:

$$Q = f \cdot Q_h \quad (3 - 48)$$

Trong đó:

Q – Lượng nước làm nguội lần hai, m^3/h

f – Cường độ làm nguội, $\text{m}^3/\text{t thép}$

Q_h – Sản lượng giờ lý thuyết của máy đúc, t/h

Khu vực làm nguội lần hai, theo chiều dài cứ càng xa BKT thì chiều dày lớp vỏ tăng lên, lượng nhiệt truyền qua lớp vỏ mất đi giảm tương ứng với lượng nước phun vào giảm nhỏ.

$$\text{Từ công thức: } \frac{\lambda_m (T_l - T_s)}{K \sqrt{\tau}} = h(T_s - T_0)$$

Trong đó:

λ_m – Hệ số truyền nhiệt của thép T_l – Nhiệt độ chảy (đường pha lỏng)

T_s – Nhiệt độ bề mặt phổi K – Hệ số kết tinh

τ – Thời gian kết tinh

T_0 – Nhiệt độ của nước

h – Hệ số truyền nhiệt của nước với bề mặt phổi

Biết được $h \propto \frac{1}{\sqrt{\tau}}$, vì h tăng theo tăng lượng nước làm nguội như hình

3 – 128, tức là h tỷ lệ thuận với lượng nước làm nguội nên $Q \propto \frac{1}{\sqrt{\tau}}$.

Phân đoạn cấp nước làm nguội khu vực lần hai thành n đoạn thì tổng lượng nước của n đoạn là:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n = \Sigma Q_i \quad (3 - 49)$$

Lượng nước làm nguội bất cứ đoạn nào đó đều phù hợp $Q \propto \frac{1}{\tau}$.

Vì $\tau = \frac{H}{V}$ (H là khoảng cách từ mặt nước thép trong BKT đến

bất cứ điểm nào đó, V là tốc độ kéo), do đó :

$$Q \propto \frac{1}{\sqrt{H} V} \quad (3 - 50)$$

Từ đây xác định được lượng cấp nước của các vị trí khác nhau trong khu vực làm nguội lần hai, tức là:

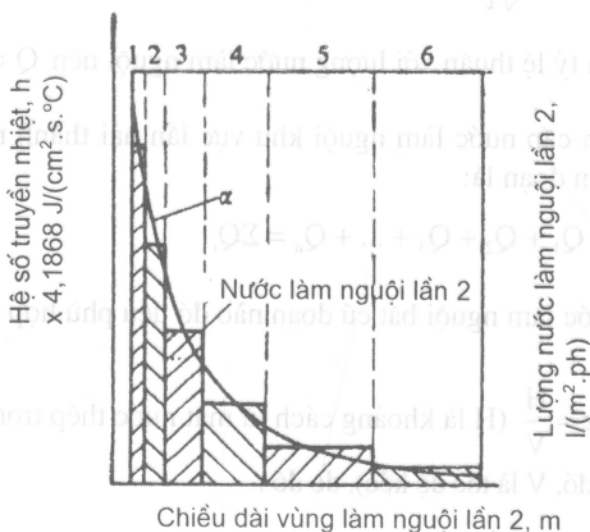
$$Q_1 : Q_2 : Q_3 : \dots : Q_n = \frac{1}{\sqrt{H_1}} : \frac{1}{\sqrt{H_2}} : \frac{1}{\sqrt{H_3}} : \dots : \frac{1}{\sqrt{H_n}}$$

$$\text{Do } Q_{\Sigma} = \Sigma Q_i \text{ nên } \Sigma \frac{1}{\sqrt{H_i}} = \frac{1}{\sqrt{H_1}} + \frac{1}{\sqrt{H_2}} + \frac{1}{\sqrt{H_3}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{H_n}}$$

$$\text{Do vậy: } Q_1 = Q_{\Sigma} \cdot \frac{1}{\sqrt{H_1} \cdot \Sigma \frac{1}{\sqrt{H_i}}}, Q_2 = Q_{\Sigma} \cdot \frac{1}{\sqrt{H_2} \cdot \Sigma \frac{1}{\sqrt{H_i}}},$$

$$Q_3 = Q_{\Sigma} \cdot \frac{1}{\sqrt{H_3} \cdot \Sigma \frac{1}{\sqrt{H_i}}}$$

Trong đó $Q_1, Q_2, Q_3 \dots$ là lượng nước làm nguội trong các đoạn thứ nhất, thứ hai, thứ ba... trong vùng làm nguội thứ hai. Còn $H_1, H_2, H_3 \dots$ là khoảng cách từ mặt nước thép đến tâm điểm làm nguội của các đoạn thứ nhất, thứ hai, thứ ba... như hình 3 – 129.



Hình 3 – 128. Quan hệ giữa hệ số truyền nhiệt và lượng nước làm nguội lần hai.

Thực tế sản xuất phân phối lượng nước khu vực làm nguội lần hai theo các phương án sau:

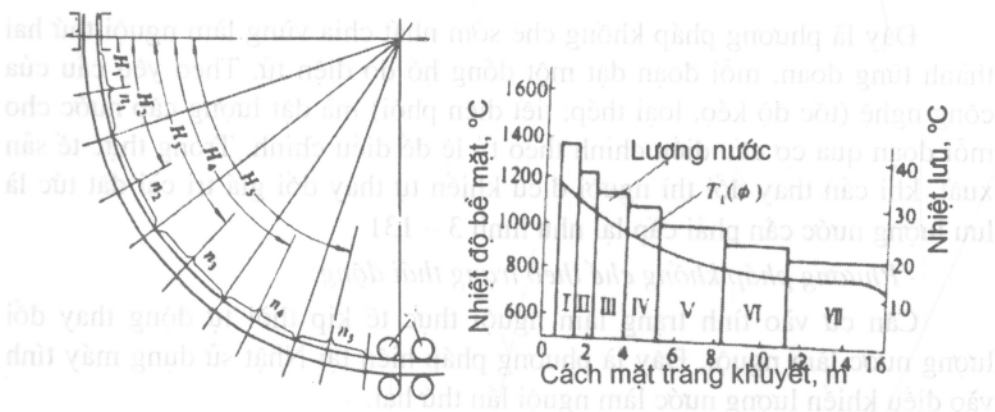
- Thay đổi phụ tải để nhiệt độ bề mặt không đổi;

Phối thép vào vùng làm nguội lần thứ hai tức là tăng cường độ làm nguội để tăng tốc độ kết tinh làm cho nhiệt độ bề mặt nhanh chóng giảm

xuống còn khoảng $900 \sim 1100^{\circ}\text{C}$ là nhiệt độ nơi kéo uốn. Sau đó phân đoạn giảm lượng cấp nước làm cho nhiệt độ bề mặt không đổi. Ưu điểm của cách này là phía trên cường độ làm nguội lớn đồng đặc nhanh, co ngót đồng đều có lợi cho việc giảm khuyết tật bên trong và sự hình thành khuyết tật. Nhưng để giữ cho được nhiệt độ bề mặt không đổi cần phải có được thông tin phản hồi để kịp thời điều chỉnh lưu lượng nước, phương án chỉ dựa vào đồng hồ đo thì người thao tác rất khó thực hiện.

- Phân đoạn theo tỷ lệ giảm cấp nước:

Phân vùng làm nguội thứ hai thành một số đoạn, mỗi đoạn có hệ thống cấp nước riêng để khống chế lượng cấp nước tức là khống chế theo nguyên tắc giảm lượng nước dần từ trên xuống dưới. Ưu điểm của cách này là hiệu suất sử dụng làm nguội cao, thao tác tiện lợi và có thể điều chỉnh một cách có hiệu quả hồi sinh của nhiệt độ bề mặt phôi mà ngăn được hiện tượng phôi bị "lồi bụng" và nứt trong. Hình 3 – 130 là thí dụ của cách làm nguội này.



Hình 3 – 129. Các đoạn làm nguội **Hình 3 – 130. Phân đoạn làm nguội**
trong vùng làm nguội lần hai. **trong vùng làm nguội lần hai.**

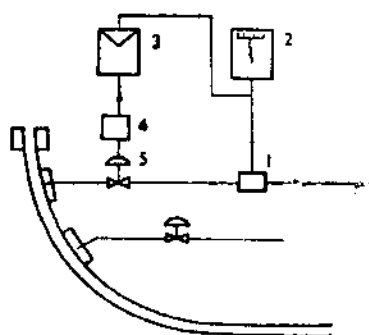
- Phụ tải cấp nước không đổi (theo hệ số truyền nhiệt không đổi):

Cấp nước cho các đoạn làm nguội trong vùng làm nguội thứ hai không đổi, duy trì hệ số truyền nhiệt không đổi. Cách này bố trí các đường ống cấp nước đơn giản, thao tác thuận lợi. Phần lớn các loại máy đúc nhỏ dùng, khuyết điểm lớn nhất của phương pháp này là phía trên cường độ làm nguội không đủ, phía dưới lại quá lớn làm cho thời gian đông đặc đoạn trên kéo dài, nhiệt độ bề mặt đoạn dưới hơi thấp, lượng lớn nước làm nguội không được lợi dụng một cách có hiệu quả.

* Phương pháp khống chế nước làm nguội lần hai:

Hiện nay có 2 phương pháp khống chế.

- Dùng hệ thống khống chế bằng đồng hồ đo:



1- Lưu lượng kế điện từ

2- Máy ghi lưu lượng

3- Điều tiết Pt

4- Phóng đại

5- Van điều chỉnh

Hình 3 – 131. Hệ thống khống chế đồng hồ đo vùng làm nguội lần hai.

Đây là phương pháp khống chế sớm nhất chia vùng làm nguội thứ hai thành từng đoạn, mỗi đoạn đặt một đồng hồ đo điện từ. Theo yêu cầu của công nghệ (tốc độ kéo, loại thép, tiết diện phôi) mà đặt lượng cấp nước cho mỗi đoạn qua cơ cấu điều chỉnh theo tỷ lệ để điều chỉnh. Trong thực tế sản xuất, khi cần thay đổi thì người điều khiển tự thay đổi giá trị cài đặt tức là lưu lượng nước cần phải cấp lại như hình 3 – 131

- Phương pháp khống chế theo trạng thái động:

Căn cứ vào tình trạng làm nguội thực tế kịp thời tự động thay đổi lượng nước làm nguội. Đây là phương pháp hiện tại Nhật sử dụng máy tính vào điều khiển lượng nước làm nguội lần thứ hai.

+ Phương pháp thực nghiệm:

Phân loại qui nạp sau khi tập hợp được các số liệu về công nghệ (loại thép, tốc độ kéo, tiết diện) và lượng nước làm nguội của phôi đúc đạt yêu cầu nhiều lần trong thực tế sản xuất thu được một quan hệ giữa lượng nước làm nguội với loại thép, tiết diện phôi, tốc độ kéo quy nạp vào máy tính. Như vậy, máy tính sẽ căn cứ vào số liệu này tự động tìm ra lượng nước làm nguội cần cấp.

+ Phương pháp khống chế nhiệt độ bề mặt phôi:

Để thực hiện cấp nước làm nguội và khống chế nhiệt độ bề mặt phôi cần phải kịp thời đo chuẩn xác nhiệt độ bề mặt phôi tại các vị trí khác nhau mà nhiệt độ bề mặt phôi lại chịu ảnh hưởng của hơi nước, lớp vỏ oxit sắt nên

sai số đo khá lớn. Ngoài ra cục bộ làm nguội hoặc vôi phun bị tắc ở một nơi nào đó là dẫn đến số trị đo không chuẩn xác nữa, đồng thời cũng không thể đặt đo tại rất nhiều điểm trong vùng làm nguội thứ hai. Do vậy, buộc phải qua mô hình hóa, tức là nhập các dữ liệu như loại thép, tiết diện phôi, độ quá nhiệt của nước thép, tốc độ kéo... vào máy tính ra nhiệt độ bề mặt phôi trên các đoạn trong vùng làm nguội thứ hai. Qua điều chỉnh lưu lượng nước làm nguội các đoạn để nhiệt độ trên bề mặt đạt đến một phạm vi tối ưu, sau đó lại căn cứ vào số liệu đo thực tế được tiến hành đối chiếu hiệu chỉnh.

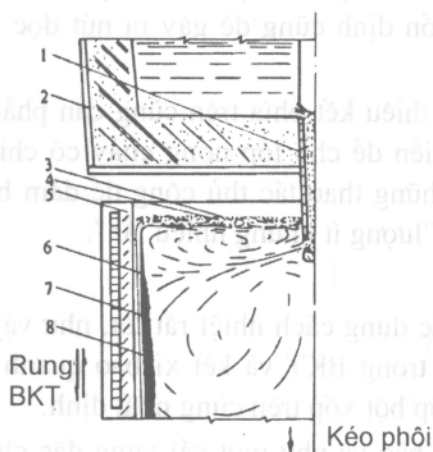
Đây là phương pháp không chế được thừa nhận là không thể thiếu được trong máy đúc phôi liên tục đối với những máy đúc hiện đại.

3.1.5. Xử bảo vệ:

Trừ một số loại máy đúc có tiết diện phôi nhỏ ra, còn đều sử dụng xỉ bảo vệ kết hợp với ống rót cắm ngập. Thực tế đã chứng minh đây là một trong những điều kiện kỹ thuật quan trọng đảm bảo cho chất lượng phôi đúc tốt và thao tác bình thường của đúc phôi thép liên tục.

* Hành vi và tác dụng của xỉ bảo vệ trong bình kết tinh:

- Hành vi của xỉ bảo vệ:



Hình 3 - 132. Xử bảo vệ trên ống rót nhúng của đúc phôi thép.

1- Miệng cắm

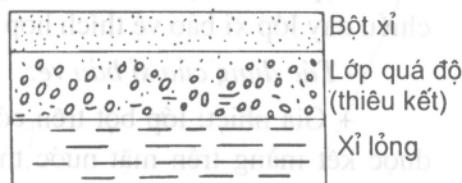
2- Thùng trung gian

3- Xỉ bột

4- Lớp xỉ

5- BKT

6- Vỏ



Hình 3 - 133. Giải đồ cấu tạo 3 lớp.

7- Màng xỉ

8- Lớp xỉ bao quanh phôi

Hình 3 - 132 biểu thị xỉ bảo vệ dùng trong quá trình đúc liên tục phối tấm. Khi cho nguyên liệu tạo xỉ bảo vệ ở dạng bột vào BKT, nhiệt lượng cao của nước thép nhanh chóng làm cháy bột tạo thành lớp xỉ bảo vệ nổi trên mặt nước thép. Cấu thành xỉ bảo vệ có 3 lớp: trên cùng là lớp bột xốp, giữa là lớp thiêu kết (còn gọi là lớp quá độ bao gồm cả tầng bán lỏng), dưới là lớp xỉ lỏng như hình 3 - 133. Trong quá trình đúc liên tục, xỉ bảo vệ cùng rung động với BKT từ mặt trắng khuyết chảy vào khe hở giữa BKT và mặt ngoài phối. Do tác dụng làm nguội của BKT mà ven theo thành BKT và lớp vỏ ngoài của phối hình thành một màng xỉ đông đặc bám kín. Đó chính là lớp xỉ bảo vệ, chiều dày khoảng 0.1 ~ 1.5 mm. Như vậy để duy trì có màng xỉ bảo vệ bao quanh phối kéo ra khỏi BKT tất nhiên phải không ngừng bổ xung thêm liệu tạo xỉ mới. Thường lượng tiêu hao xỉ bảo vệ khoảng 0.5 ~ 0.7 kg/t phối. Để đạt được hiệu quả sử dụng tốt xỉ bảo vệ, các lớp cấu thành xỉ phải có chiều dày phù hợp với nhu cầu thực tế. Lớp nóng chảy nếu không đủ chiều dày, lượng xỉ chảy xuống theo phối cục bộ không bám kín, lớp xỉ nóng chảy càng mỏng thì càng nhiều vùng không xỉ bám. Đối với phối tấm sẽ có cục bộ sản sinh ra nứt dọc trên mặt phối không dính xỉ. Ngược lại, lớp xỉ lỏng quá dày sẽ ảnh hưởng đến chiều dày của lớp bột và lớp thiêu kết phía trên. Chiều dày lớp xỉ lỏng không ổn định cũng dễ gây ra nứt dọc trên bề mặt phối nhất là phối dẹt.

Cũng như vậy, lớp bột và lớp thiêu kết phía trên cũng cần phải có độ dày thích hợp và ổn định mới tạo tiền đề cho lớp nóng chảy có chiều dày thích hợp và ổn định. Một trong những thao tác thủ công để đảm bảo cho chiều dày lớp xỉ bảo vệ thích hợp là "lượng ít nhưng nhiều lần".

- Tác dụng của xỉ bảo vệ:

+ Gia nhiệt: lớp bột trên có tác dụng cách nhiệt rất tốt, như vậy tránh được kết mảng trên mặt nước thép trong BKT và kết xỉ bao quanh miệng cấm. Do vậy cần duy trì chiều dày lớp bột xốp trên cùng nhất định.

+ Che chắn không khí: lớp xỉ bảo vệ như một cái vung đặc che chắn không khí tiếp xúc với mặt nước thép tránh được tái oxy hóa lần thứ hai. Tất nhiên xỉ bảo vệ không có thành phần oxy hóa thép như hàm lượng oxyt sắt chẳng hạn.

+ Làm sạch thép: các tạp chất trong thép cùng nước thép rót vào BKT nổi lên, nếu không có xỉ bảo vệ giữ lại rất có thể bị cuốn theo vào lớp vỏ phối trên mặt trắng khuyết tạo ra bọt khí hoặc tạp chất phi kim dưới da. Do

vậy, xỉ bảo vệ phải có khả năng hấp thụ hoặc hòa tan tạp chất tốt như độ nhớt thấp, dính ướt tạp chất oxyt tốt nên rất ổn định sau khi hấp thụ tạp chất.

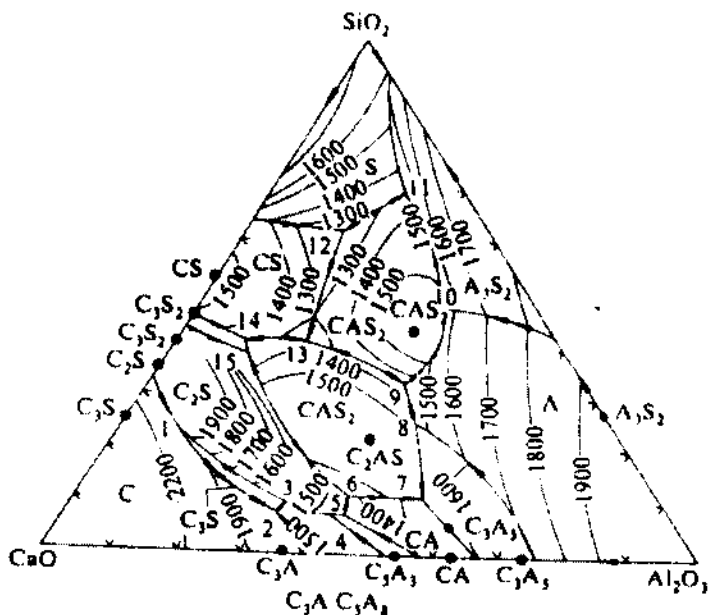
+ Bôi trơn lớp vỏ phôi và cải thiện điều kiện truyền nhiệt: lớp xỉ điển hình khe hở giữa thành BKT và vỏ phôi có tác dụng bôi trơn vỏ phôi rất tốt, giảm ma sát kéo phôi, giảm nhiệt trở nên cải thiện được sự truyền nhiệt từ vỏ phôi ra BKT khiến cho sự phát triển của lớp vỏ đồng đều, giảm hình thành nứt phôi.

* Thành phần và tính năng của xi bảo vệ:

- Thành phần hợp thành xỉ bảo vệ:

Hiện nay sử dụng hệ xỉ bảo vệ có vùng chảy thấp, độ nhớt thấp của hệ xỉ $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ làm cơ sở. Hình 3 – 134 cho biết vùng nhiệt độ chảy thấp tồn tại hình thái CaO.SiO_2 có CaO cao đến 30 ~ 50%, SiO_2 đến 45 ~ 60%, còn $\text{Al}_2\text{O}_3 \leq 20\%$, nhiệt độ chảy khoảng 1300 ~ 1500°C. Thường cho thêm Na_2O , CaF_2 vào hệ xỉ $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ thành hệ xỉ 5 nguyên.

Xi bảo vệ có 3 bộ phận tổ hợp: một là bộ phận nền, là bộ phận tạo thành nền của xi có CaO , SiO_2 và Al_2O_3 . Hai là phần bổ trợ để điều chỉnh nhiệt độ chảy và độ nhớt của xi như Na_2O , CaF_2 ... hoặc Li_2O , K_2O , BaO , NaF , AlF_3 , B_2O_3 ... (phần này có tác dụng trợ dung). Ba là chất điều chỉnh tốc độ nóng chảy như than bột



Hình 3-134. Giản đồ pha hệ xỉ $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$.

Phạm vi các thành phần gồm: CaO và SiO₂ chiếm khoảng 50 ~ 70%.

Xỉ trung tính hoặc axit yếu thì $\left(\frac{\sum CaO\%}{\sum SiO_2\%} \right) = 0.6 \sim 1.2$. Loại xỉ này có năng

lực dính ướt tạp chất oxyt tương đối tốt. SiO₂ còn có tác dụng dễ hấp thu tạp chất TiO₂ nổi lên. CaO hấp thu Al₂O₃ và Cr₂O₃ tốt. Để có xỉ nhiệt độ chảy thấp nên khống chế Al₂O₃ khoảng 5 ~ 15%. Nên hạn chế tính oxy hóa của xỉ tức là hạn chế hàm lượng oxyt sắt ≤ 5%.

Dùng bột than để khống chế tốc độ chảy của xỉ là do có khả năng phân cách các hạt bột tạo xỉ và làm chậm tính lưu động của xỉ lỏng mà khống chế được tốc độ nóng chảy của xỉ. Bột than thường dùng là muội than và graphit bột. Muội than là kết cấu vô định hình, hạt nhỏ mịn, khả năng phân cách và cản trở tính lưu động rất lớn. Nhưng khi nhiệt độ mới oxy hóa còn tương đối thấp, tốc độ oxy hóa tương đối nhanh, thời gian cháy hoàn toàn một hạt muội than tương đối ngắn cho nên muội than trong vùng nhiệt độ thấp của xỉ hiệu quả khống chế tốc độ chảy khá cao. Ngược với muội than, bột graphit có kết cấu tinh thể hoàn toàn, hạt thô đại, tác dụng ngăn cách và cản trở tính lưu động đều kém, nhiệt độ bắt đầu cháy cao, tốc độ cháy chậm, thời gian cháy hoàn toàn một phiến graphit dài cho nên tác dụng khống chế tốc độ chảy ở vùng nhiệt độ cao tương đối mạnh. Cho nên phối hợp cả 2 loại bột và vảy graphit hiệu quả tốt hơn. Thông thường lượng than cho vào khoảng 3 ~ 7%. Lượng cho chất trợ dung chủ yếu là dựa vào loại thép đúc và độ nhớt của xỉ.

- *Yêu cầu tính năng của xỉ bảo vệ:*

+ Nhiệt độ nóng chảy: nhiệt độ xỉ bảo vệ nên thấp, do xỉ bảo vệ là một hỗn hợp cơ học nhiều loại vật liệu nên nóng chảy trong một phạm vi nhiệt độ nhất định, nên thông thường định nghĩa nhiệt độ nóng chảy của xỉ bảo vệ là nhiệt độ khi xỉ nóng chảy đạt đến một tính lưu động nhất định nào đó. Thực tế làm một mẫu thử bằng vật liệu chịu lửa φ3 x 3 mm, gia nhiệt đến nhiệt độ mà mẫu từ hình trụ tròn biến thành hình bán cầu, nhiệt độ đó gọi là nhiệt độ nóng chảy. Trong đúc liên tục thường khống chế nhiệt độ chảy của xỉ ≤ 1200°C.

+ Tốc độ nóng chảy: là thời gian nóng chảy hoàn toàn của một trọng lượng mẫu nhất định. Tốc độ nóng chảy của liệu tạo xỉ trong BKT phụ thuộc vào thành phần và nhiệt độ chảy của liệu. Thành phần trong liệu có nhiệt độ chảy thấp chảy trước, còn thành phần có nhiệt độ chảy cao thì

chảy sau. Hiện tượng tuần tự nóng chảy như vậy gọi là "khuynh hướng phân biệt nóng chảy", ảnh hưởng đến khuynh hướng này là tính đồng đều của lớp chảy lỏng mà ảnh hưởng đến độ nhớt và khả năng hấp thụ tạp chất của xỉ bảo vệ. Để cải thiện tính chảy lỏng được đồng đều nên điều chỉnh thành phần xỉ và cải tiến công nghệ gia công bột tạo xỉ (như nghiền mịn, trộn đều) và nghiền cứu sử dụng xỉ được nóng chảy trước.

+ Độ nhớt: ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả hấp thụ tạp chất nổi lên và bôi trơn của xỉ bảo vệ. Độ nhớt quá thấp làm cho chiều dày màng xỉ bám vào phôi không đồng đều dẫn đến lớp vỏ không đều, dễ sinh nứt. Nhưng độ nhớt quá lớn xỉ khó chảy điền đầy khe hở giữa thành BKT và phôi, bôi trơn kém, dễ sinh nứt ngang và thùng. Do vậy cần khống chế độ nhớt thích hợp.

Ảnh hưởng của các thành phần đến độ nhớt như sau:

(1) CaF_2 cung cấp ion F^- có điện thế tĩnh ($Z/r = 0,74$) nhỏ hơn ion O^{2-} có điện thế tĩnh ($Z/r = 1,52$) có thể xúc tiến tập hợp ion $\text{Si}_2\text{O}_7^{2-}$ tách ra. Và CaF_2 tạo ra càng nhiều ion âm hơn Na_2O và CaO , nên CaF_2 có tác dụng điều chỉnh độ nhớt tính axit lớn hơn tính bazơ. Tất nhiên CaF_2 quá cao sẽ sinh ra phản ứng:



SiF_4 là chất dễ bốc hơi, có thể làm cho ống rót nhúng bằng thạch anh chảy mòn và ảnh hưởng đến sức khỏe của người thao tác. Khi trong xỉ hàm lượng Al_2O_3 cao, nước thép đúc có chứa Al cao, dễ tiết ra hợp chất $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{CaF}_2$ lại nâng cao độ nhớt của xỉ, nghiêm trọng làm xấu tính năng thủy tinh của xỉ. Tỷ số thể thủy tinh $(\text{Na}_2\text{O} + \text{Li}_2\text{O})/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2)$ tăng thì độ nhớt giảm, làm cho "xỉ dài" thành "xỉ ngắn". Khi đúc thép chứa Al cao hàm lượng CaF_2 của xỉ chỉ trong phạm vi 15 ~ 20%.

(2) Nhiệt độ chảy của Na_2O tương đối thấp (920°C) giảm nhiệt độ chảy của xỉ xuống rõ rệt. Nó lại là oxit của kim loại kiềm nên giảm độ nhớt của xỉ tính axit. Khi trong xỉ $\text{Na}_2\text{O} < 9\%$ thì tăng hàm lượng Na_2O có tác dụng giảm độ nhớt của xỉ rõ rệt. Khi thép chứa Al cao, Na_2O cao dễ kết hợp với Na_2O tạo thành hợp chất khó chảy $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$. Không tăng độ nhớt của xỉ nên khi đúc thép chứa Al cao nên khống chế Na_2O không vượt quá 12%.

(3) Oxit titan (TiO_2) là oxit khó chảy, thép chứa Ti cao như thép không gỉ 1Cr18Ni9Ti. Ti hoàn nguyên SiO_2 tạo thành TiO_2 lúc đó sẽ tạo spinel titan canxi có nhiệt độ chảy tới 1980°C làm tăng độ nhớt của xỉ.

Tóm lại, đúc thép C thấp và hợp kim thấp nên tăng hàm lượng Na_2O và CaF_2 , giảm Al_2O_3 có thể được độ nhớt của xỉ thích hợp. Khi đúc thép có chứa Ti và Al cao dễ tăng hàm lượng TiO_2 và Al_2O_3 trong xỉ đều có thay đổi độ kiềm, nhiệt độ chảy và độ nhớt nên thay dùng bằng một hệ xỉ đặc biệt khác.

+ Sức căng mặt ngoài: là một trong những tham số quan trọng ảnh hưởng trực tiếp đến phân tách xỉ – thép và xỉ hấp thụ tạp chất. Sức căng mặt ngoài giữa xỉ và thép được tính như sau:

$$\sigma_{\text{thép-xi}} = \sigma_{\text{thép}} - \sigma_{\text{xi}} \cdot \cos(\theta) \quad (3 - 51)$$

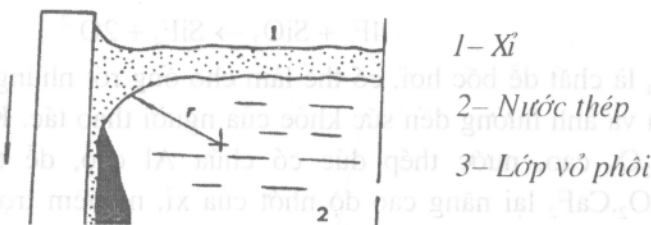
Trong đó:

$\sigma_{\text{thép}}$ – Sức căng mặt ngoài của nước thép, N/m

σ_{xi} – Sức căng mặt ngoài của xỉ lỏng, N/m

θ – Góc thấm ướt

Công thức 3 – 51 cho thấy sức căng mặt biên giữa thép – xỉ càng lớn thì $\cos(\theta)$ càng nhỏ, tức góc thấm ướt càng lớn, mức độ thấm ướt giữa 2 pha càng nhỏ, xỉ thép càng dễ tách ra. Ngược lại thì khó tách ra.



Hình 3 – 135. Mặt trắng khuyết dưới xỉ lỏng.

Do tác dụng của sức căng mặt ngoài, nước thép trong BKT nơi nước thép tiếp xúc với thành bình hình thành mặt trắng khuyết như hình 3 – 135. Bán kính mặt trắng khuyết r có thể tính theo công thức lực tĩnh thể lỏng:

$$r = 5,43 \times 10^{-2} [\sigma_{\text{thép-xi}} / (\rho_{\text{thép}} - \rho_{\text{xi}})]^{1/2} \quad (3 - 52)$$

Trong đó:

$\rho_{\text{thép}}$ – Mật độ nước thép, kg/m^3

ρ_{xi} – Mật độ xỉ lỏng, kg/m^3

$\sigma_{\text{thép-xi}}$ – Sức căng mặt biên thép – xỉ

Bảng 3 – 28. Một số loại xỉ bảo vệ đã sử dụng.

	Thành phần hóa học						
	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	MnO	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃
Xỉ lò cao	25–39	33–45	8–15	2–8	0,1–1,0		< 1
Tro máy phát điện	45–60	2–5	10–20	1–4		2–6	T _{Fe} =3–8
Tro Kali	60–65	1–2	13–15	5–7		K ₂ O+Na ₂ O	1–2
Klanhke	19–22	60–65	5–7	1–4		< 13	< 6
Xỉ trắng	< 18	45–55	18–22	< 9			< 2
Đá Silic	~ 42	~ 46	~ 0,35	~ 0,70			
Đá ong	~ 40	~ 7	~ 12	~ 14			~ 1,6
Cát thạch anh	~ 94	~ 1	~ 2,5	~ 0,12			

Như vậy $\sigma_{\text{thép xỉ}}$ càng lớn, ρ_{x} càng nhỏ thì bán kính mặt trăng khuyết r càng lớn, tức là mặt trăng khuyết dưới tác dụng của áp lực thủy tĩnh của nước thép càng phẳng và thép xỉ càng dễ phân ly. Giảm sức căng mặt ngoài của xỉ có thể tăng sức căng mặt biên thép – xỉ. Oxit giảm sức căng mặt ngoài của xỉ bảo vệ có CaF₂, SiO₂, Na₂O, K₂O, Fe₂O₃,... là những chất hoạt hóa bề mặt. Thường sức căng mặt ngoài xỉ bảo vệ < 0.3 N/m.

3.1.6. Nâng cao năng suất của máy đúc:

* Chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của máy đúc:

- Tỷ lệ đúc liên tục %:

Đây là tỷ lệ giữa số tấn phôi đúc liên tục và tổng số tấn thép sản xuất ra trong năm. Biểu thị như sau:

$$\text{Tỷ lệ phôi ĐLT \%} = \frac{\text{Sản lượng phôi ĐLT hợp cách (t)} \times 100\%}{\text{Sản lượng thỏi ĐK hợp cách (t)} + \text{Sản lượng phôi ĐLT hợp cách (t)}}$$

Đây là một tiêu chí đánh giá trình độ phát triển sản xuất của một quốc gia hay một nhà máy. Thể hiện một cách tổng hợp trình độ phát triển các khâu sản xuất có liên quan đến thiết bị, công nghệ, trình độ quản lý... của đúc liên tục.

- Hiệu suất hợp cách % (đạt yêu cầu tiêu chuẩn qui định):

Biểu thị phần trăm sản phẩm hợp cách trên tổng số sản phẩm đúc được của một máy đúc liên tục:

Hiệu suất hợp cách %

$$= \frac{\text{Sản lượng phôi hợp cách} \times 100\%}{\text{Sản lượng phôi hợp cách} + \text{Lượng phế luyện} + \text{Lượng phế đúc} + \text{Phôi không hợp cách}}$$

Đây là chỉ số có thể thống kê theo năm, theo quý hoặc theo tháng.

- *Hiệu suất thu hồi %:*

$$\text{Hiệu suất thu hồi \%} = \frac{\text{Sản lượng phôi hợp cách (t)}}{\text{Lượng nước thép đúc phôi (t)}} \times 100\%$$

Lượng nước thép đúc phôi = Lượng phôi hợp cách (t) + Lượng phế phẩm (tại hiện trường + trả về) (t) + Lượng cát bỏ do thay thùng trung gian (t) + Lượng thép dính thùng trung gian (t) + Lượng nước thép trả về lò từ thùng chứa (t) + Lượng thép rót chảy ra ngoài (t) + Lượng cát đầu cắt đuôi (t).

- *Hệ số tác nghiệp của máy đúc liên tục:*

$$\text{Hệ số tác nghiệp} = \frac{\text{Thời gian làm việc thực tế của máy đúc (giờ)}}{\text{Thời gian theo lịch (giờ)} \times \text{Số máy đúc}} \times 100\%$$

Thời gian làm việc thực tế = Thời gian máy đúc làm việc từ rót đến cắt + Thời gian chuẩn bị bịt đầu phôi + Thời gian đợi (lãng nước thép) (≤ 10 phút).

Đối với máy đúc liên tục hiện nay trên thế giới thời gian tác nghiệp trung bình khoảng 85%, cao nhất có thể tới $\geq 90\%$.

- *Sản lượng giờ của máy đúc:*

$$\text{Sản lượng giờ của máy đúc (t/h)} = \frac{\text{Sản lượng phôi đúc liên tục (t)}}{\text{Thời gian làm việc thực tế của các máy đúc (h)}}$$

* *Biện pháp nâng cao năng suất của máy đúc:*

Năng lực sản xuất của máy đúc là G (t).

Sản lượng giờ của máy đúc là P (t/h).

Hệ số tác nghiệp là a (%) thì $G = P \times a$

$$P = \frac{nH}{nt_c + t_p}$$

Trong đó:

n – Số mẻ đúc liên tục liên cùng một thời gian

H – Dung tích thùng chứa, t

t_c – Thời gian đúc mỗi mẻ, h

t_p – Thời gian chuẩn bị cho đúc (h)

$$\text{Ta được: } G = P \times a = \left(\frac{nH}{nt_c + t_p} \right) . a$$

Như vậy muốn nâng cao năng suất của máy đúc phải nâng cao hệ số tác nghiệp, rút ngắn thời gian đúc mỗi mẻ, thời gian chuẩn bị và tăng số mẻ đúc liên tục. Khi tiết diện phôi và số dòng đúc không đổi, thời gian đúc mỗi mẻ liên quan đến tốc độ kéo phôi. Cho nên biện pháp nâng cao năng suất của máy đúc là nâng cao tốc độ kéo, nâng cao hệ số tác nghiệp, thực hiện đúc liên tục nhiều mẻ.

- *Biện pháp để nâng cao tốc độ kéo:*

+ Ngăn chặn thùng phôi (chảy thép), kéo dài thích đáng BKT, dùng BKT nhiều cấp.

+ Lắp cơ cấu dự báo thùng phôi.

+ Nghiên cứu và sử dụng xi bảo vệ thích hợp với điều kiện sản xuất của mình.

+ Sử dụng kỹ thuật mới cải thiện chất lượng phôi đúc.

+ Khống chế mặt nước thép ba động lớn trong BKT.

+ Dùng các kỹ thuật mới khác như khuấy trộn điện từ, phun tâm mầm kết tinh ngoại lai.

- *Nâng cao hệ số tác nghiệp, rút ngắn thời gian không làm việc:*

+ Nâng cao kỹ thuật thay và bảo dưỡng nhanh thiết bị.

+ Lắp nhanh cơ cấu giữ đầu phôi đúc.

+ Nâng cao tuổi thọ BKT và hệ trục dẫn kéo.

+ Ứng dụng đo kiểm tự động.

- *Đúc nhiều mẻ liên tục:*

+ Thay đổi nhanh thùng chứa và thùng rót trung gian.

+ Dùng thùng rót trung gian có dung lượng lớn.

+ Thay đổi nhanh ống rót chìm.

+ Đúc phôi dẹt dùng BKT điều chỉnh được chiều rộng.

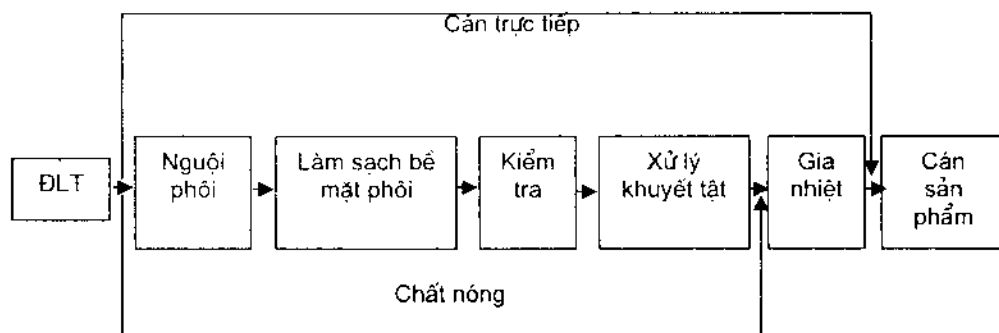
+ Nghiên cứu kỹ thuật đúc nối các mác thép khác nhau.

+ Tránh tắc ống chìm.

3.2. Cấp phôi nóng và cán trực tiếp

3.2.1. Lưu trình công nghệ và ưu điểm của cấp phôi nóng và cán trực tiếp:

Cấp phôi nóng và cán trực tiếp là một công nghệ mới xuất hiện vào đầu thập niên 80 của thế kỷ trước. Cấp phôi nóng là đưa phôi đúc xong còn nóng đỏ chuyển ngay đến lò nung của xưởng cán gia nhiệt theo yêu cầu rồi cán ra sản phẩm; còn cán trực tiếp là dùng ngay phôi đúc xong không khuyết tật còn nóng bổ xung nhiệt một chút cán luôn ra sản phẩm nên còn có tên gọi là đúc cán liên tục. Lưu trình công nghệ như hình 3 – 136:



Hình 3 – 136. So sánh công nghệ đúc – cán truyền thống với cấp phôi nóng và cán trực tiếp.

Căn cứ vào nhiệt độ phôi cấp cho xưởng cán và lưu trình công nghệ khác nhau mà có thể chia ra thành 5 loại:

1) Nhiệt độ phôi trên 1000°C : không cần qua lò nung gia nhiệt, chỉ cần bổ xung gia nhiệt cho phần góc cạnh của phôi một chút là có thể cán được. Đây là lưu trình công nghệ: đúc – cán trực tiếp (CC – DR).

2) Nhiệt độ phôi hơi thấp hơn đường A_1 ; về tổ chức kim tương chưa phát sinh chuyển biến pha $\gamma \rightarrow \alpha$ nên đưa phôi chất vào lò nung gia nhiệt từ $700 \sim 1000^{\circ}\text{C}$ đến nhiệt độ cán. Đây là lưu trình công nghệ phôi đúc – trực tiếp chất nóng – cán (CC – DHCR).

3) Nhiệt độ phôi đã thấp hơn A_1 nhưng vẫn trên A_1 ; lúc này phôi đúc chất vào lò nung gia nhiệt để cán đã ở trạng thái tổ chức 2 pha ($\gamma + \alpha$). Đây là công nghệ phôi đúc – chất nóng – cán (CC – HCR).

4) Nhiệt độ phôi dưới A_1 ($400 \sim 700^{\circ}\text{C}$): phôi đúc đã ở trong điều kiện chuyển biến hoàn toàn thành Peclit. Chất vào lò nung gia nhiệt để cán, đây là công nghệ phôi đúc chất nóng cán (CC – HCR).

5) Phôi để nguội theo truyền thống chất vào lò nung gia nhiệt – cán (CC – CCR).

Do 2 loại hình (3) và (4) giống như (1) cho nên thông thường chỉ chia công nghệ chất nóng cán trực tiếp thành 3 loại: cán trực tiếp (DR), trực tiếp chất nóng (DHCR) và chất nóng (HCR).

So sánh 2 công nghệ chất nóng cán và chất nguội truyền thống ta thấy chất nóng cán trực tiếp có nhiều ưu điểm nổi trội như bảng 3 – 29.

Bảng 3 – 29. So sánh các lưu trình công nghệ cấp phôi cán.

Hạng mục	Chất nguội (CC – CCR)	Chất nóng (CC – HCR)	Chất nóng cán trực tiếp (CC – DHCR)	Cán trực tiếp (CC – DR)
Tiêu hao nhiên liệu cho cán, $\times 10^6$ kJ/t	1,338	0,878	0,335	0
Oxy hóa sắt (vảy sắt), %	1 ~ 2	0,5 ~ 0,7	0,2 ~ 0,8	0
Thời gian từ ra thép đến lúc cán sản phẩm, h	30 ~ 40	5 ~ 10	1 ~ 2	0,5 ~ 1

Giảm tiêu hao năng lượng (có thể giảm được tới 1/3 năng lượng cho cán). Nhiệt độ phôi càng cao thì tiết kiệm năng lượng càng nhiều. Theo tính toán khi cấp nóng cán trực tiếp cứ nâng cao nhiệt độ phôi 100°C thì giảm tiêu hao nhiên liệu $8,4 \times 10^4$ kJ cho 1 tấn thép.

Ngoài ra còn nâng cao được tỷ lệ thành phẩm 2 ~ 2,5% do giảm được vảy oxit sắt, và cắt đầu, có thể bỏ hoặc giảm hệ thống lò gia nhiệt, giảm vốn đầu tư, thu nhỏ diện tích chiếm đất, rút ngắn chu kỳ sản xuất, tăng vốn chu chuyển... Tất cả các ưu điểm trên dẫn đến giảm giá thành sản xuất.

3.2.2. Những kỹ thuật then chốt cho cấp nóng – cán trực tiếp:

* Kỹ thuật sản xuất phôi thép không khuyết tật:

Mục tiêu đặt ra cho chất nóng cán trực tiếp đó là phải sản xuất được phôi thép không khuyết tật. Yêu cầu chất lượng phôi khá khắt khe rất nhiều.

Do gia nhiệt bổ sung nhanh mà chất nóng cán trực tiếp có lượng loại bỏ vảy oxit sắt ít, và không thể tiến hành tinh chỉnh xử lý được bề mặt cho nên khó mà làm sạch được khuyết tật bề mặt, nhất là nứt trên bề mặt nguy hại đến chất lượng phôi rất lớn. Về chất lượng trong phôi mà nói, khách quan tạp chất không dễ nổi lên, dễ tạo thiên tích và xốp ở giữa... do nguội

yếu, nhiệt độ cao, tốc độ kéo nhanh. Ngoài ra dễ xuất hiện vấn đề khuyết tật trong phôi có thể trong quá trình cán tạo ra phân lớp kéo đứt... dẫn đến sản xuất bị gián đoạn nguy hại trầm trọng hơn rất nhiều.

Bảng 3 – 30. Phạm vi ứng dụng các phương pháp kiểm tra khuyết tật của phôi đúc cán nóng.

Loại khuyết tật	Phương pháp kiểm tra	Mức độ kiểm tra	Nhiệt độ phôi	Cách xử lý bề mặt
Khuyết tật bề mặt	Quang học	Nứt dọc dài > 50 mm dài > 50, rộng 0,5 mm Nứt ngang ở góc: rộng 1,0 mm và dài 20 mm Hình dạng kích thước theo phân cấp	700~800°C 900~1000°C	Dùng lực, nước tẩy vẩy sắt
	Gia nhiệt cảm ứng	Nứt ngang, nứt dọc, rỗ khí, chân kim, ... lộ ra ngoài: 100% Bọt khí dưới lớp vỏ: 20%		
	Chảy xoáy	Nứt ngang dài 2 mm Nứt ở góc dài 40 mm	700°C	Dùng lửa hàn bóc đi 1 lớp ~15 mm
	Kích quang	Sâu 1~3 mm	< 900°C	Không cần
Khuyết tật bên trong	Sóng siêu âm	Nứt bên trong trên cấp 3: 100%, kể cả nứt ở tâm.	< 300°C	
	Sóng siêu âm điện từ		< 1200°C	

* Kỹ thuật sản xuất phôi đúc liên tục nhiệt độ cao:

Để cấp nóng cán ngay thì phải tận dụng nâng cao được nhiệt độ của phôi đúc đảm bảo đủ cho nhiệt độ cán ngay, vì thế phải đảm bảo các vấn đề kỹ thuật sau:

- Kỹ thuật sản xuất phôi nhiệt độ cao:

Biện pháp để thực hiện là nguội chậm và nhiệt tích ở bên trong truyền ra ngoài. Hiện nay sử dụng nhiều là cách làm nguội 2 lần. Ra khỏi BKT vùng rẻ quạt thì nhất định phun nước làm nguội mạnh như thông thường, khi đã có một lớp vỏ đủ dày sau đó dùng vòi phun khí – nước làm nguội chậm. Sau khi ra khỏi trục nắn thẳng đến đoạn nằm ngang thì làm nguội gián tiếp bằng các đôi trục dẫn (làm nguội khô). Như vậy phải xác định được vị trí đầu cuối của cột kim loại lỏng, thường phải nằm trước trục kéo nắn ± 1 mm. Ở nước ngoài thường dùng thiết bị thăm dò siêu âm điện từ. Ngoài ra linh hoạt khống chế mức độ làm nguội ở giữa lớn hơn các cạnh bên.

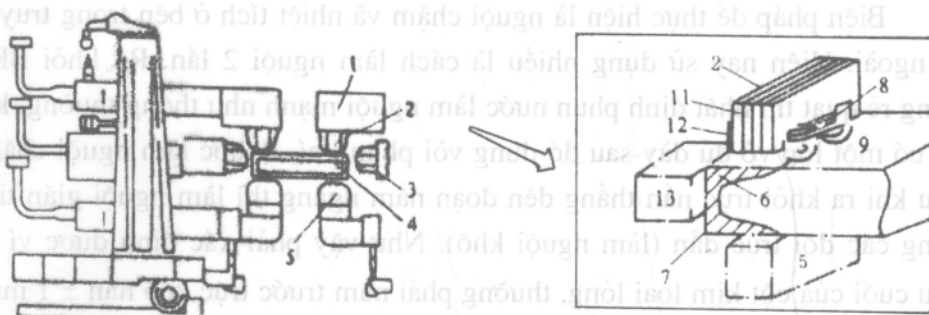
- Kỹ thuật giữ nhiệt phôi đúc:

Sau khi ra khỏi máy đúc phải lắp thiết bị giữ nhiệt (chụp giữ nhiệt trên và dưới). Nhiều nhà máy lắp chụp giữ nhiệt ngay sau khi ra khỏi trục kéo nắn, từ bắt đầu cắt trở đi đến khâu vận chuyển đến xương cán... đều có dùng biện pháp giữ nhiệt. Hiện nay, có nhiều nhà máy từ máy đúc liên tục đến máy cán nóng cách nhau không đến 200 m và cơ cấu vận chuyển tốc độ nhanh vượt quá tốc độ 200 m/ph.

- Kỹ thuật gia nhiệt bù cho cạnh bên của phôi:

Vùng cạnh bên chịu tác dụng làm nguội từ 2 mặt nên giảm nhiệt độ tương đối lớn, thường nhiệt độ giảm xuống đến dưới 1000°C không đạt yêu cầu của nhiệt độ cán. Gia nhiệt độ cho cạnh bên của phôi là để bù vào tổn thất nhiệt đó. Phương thức gia nhiệt hiện nay đang dùng có 2 cách: gia nhiệt cảm ứng và mỏ đốt khí than. Mỗi cách đều có ưu khuyết điểm riêng, nhưng dùng cảm ứng là tương đối nhiều. Cơ cấu gia nhiệt cảm ứng như hình 3 – 137.

Để giảm tản nhiệt bề mặt trong quá trình cán, biện pháp dùng giá máy cán tinh của máy cán nóng cán phôi dẹt tương đối dày. Hiện nay một vài xương cán dùng giá máy "M" trong giá máy cán thô cán nóng liên tục, tức là dùng lượng cán lớn. Thí dụ, trước đây cán nóng liên tục dùng 3 giá máy cán thô nay dùng một giá máy "M" khiến cho chiều dày phôi dẹt của cán tinh từ 20 ~ 30 mm tăng lên 50 ~ 60 mm như vậy nhiệt độ ra của sản phẩm tấm dày 1,8 mm nâng cao hơn đến 24°C.



Hình 3 – 137. Cơ cấu gia nhiệt bằng cảm ứng ở phần góc của phôi.

- | | | |
|-----------------------|--------------------------------|-----------------|
| 1– Giá dẫn hướng | 4– Phôi | 7– Góc phôi |
| 2– Cuộn dây phía trên | 5– Cuộn dây phía dưới | 8– Cuộn dây |
| 3– Cuộn dây bên | 6– Bộ phận phôi được gia nhiệt | 9– Đường từ lực |

- Sắp đặt tối ưu phụ tải trong trình tự cán:

* Nâng cao hiệu suất lưu trình cấp nóng cán trực tiếp:

Ngoài những biện pháp kể trên ra còn cần phải thay đổi cách tổ chức sản xuất giữa đúc liên tục và cán nóng liên tục – nhất thể hóa sản xuất khiến cho lưu trình sản xuất được ổn định, đáng tin cậy và hiệu suất cao. Khi định ra một kế hoạch sản xuất cần phải tính đến:

- Kích thước phôi và loại thép đã được điều phối của công đoạn đúc phôi.
- Bảo đảm chuẩn xác độ dày của sản phẩm cán, nên tập trung cán cùng loại kích thước và loại thép tương tự.
- Tránh sự mài mòn của trục cán dẫn đến hình dạng sản phẩm không đều, mỗi chu kỳ cán nên lập trình tự cán sản phẩm có kích thước từ rộng đến hẹp.

Mục đích thực hiện kế hoạch "nhất thể hóa" là cần thiết phải tận dụng mọi khả năng để giảm thiểu sự cố thiết bị và thao tác của từng công đoạn. Nâng cao tính ổn định, vững chắc của hệ thống giám sát, tập trung đo kiểm tự động và khống chế bằng máy tính. Kịp thời xử lý sự cố bắt buộc điều chỉnh kế hoạch sản xuất.

3.2.3. Vấn đề luyện thép học trong cấp nóng cán trực tiếp:

Trong cấp nóng nhiệt độ phôi thay đổi khác nhau dẫn đến những đặc điểm mới trong quá trình tạo hình và chuyển biến pha. Như 5 mô hình phân loại trên đã phân tích, dưới góc độ kim loại học mà nhìn ta thấy: mô hình 1

và 2 thuộc loại hình 1 tức là cấp phối nóng có nhiệt độ trên đường A_1 chưa qua chuyển biến pha phân giải thể austenit, như vậy về mặt kỹ thuật tương tự chỉ khác là mô hình 2 có gia nhiệt một chút trong lò nung nên yêu cầu đối với nhiệt độ cấp phối và tính liên tục của sản xuất tương đối rộng, dễ thực hiện hơn. Nếu dùng lò cảm ứng để gia nhiệt, trên thực tế chính là công nghệ cán trực tiếp. Hai mô hình này đều chưa có chuyển biến pha $\gamma \rightarrow \alpha$, không thể thu được tinh thể austenit nhỏ mịn qua kết tinh lại sau chuyển biến pha. Tổ chức austenit nguyên khai thô đại, sản phẩm cán trong điều kiện công nghệ cán truyền thống thì chỉ tiêu về độ dai thấp, tính dẻo kém. Cán tập trung nghiên cứu vấn đề này, qua một số nghiên cứu sơ bộ cho thấy lúc cán nên dùng lượng cán lớn phía nhiệt độ cao của vùng kết tinh lại, mượn sự kết tinh lại ở trạng thái động hoặc trạng thái tĩnh khiến cho tinh thể austenit nhỏ mịn hóa. Nếu như bảo đảm lượng cán ban đầu $> 20\%$ và tổng lượng cán $> 85\%$, không chế tốt nhiệt độ thôi cán thì có thể thỏa mãn được kết cấu tổ chức và tính năng tổng hợp của thép. Ngoài ra nếu cho thêm vi lượng Ti hoặc Nb, nâng cao nhiệt độ phối và nhiệt độ nung, giảm thời gian đều nhiệt cũng có thể nâng cao một cách rõ rệt độ bền của thép và tổ chức tinh thể nhỏ mịn. Cũng đã có nghiên cứu chỉ ra dù công nghệ cấp nóng cán trực tiếp không có chuyển biến pha $\gamma \rightarrow \alpha$ nhưng do trong quá trình làm nguội và giữ nhiệt trong phạm vi nhiệt độ austenit cũng có hiện tượng tách ra và lớn lên của hợp chất CN, AlN, MnS... Những chất này tách ra có tác dụng nhỏ mịn hóa tinh thể austenit, cho nên cần nghiên cứu sâu hành vi tách ra của thép trong điều kiện cấp nóng cán trực tiếp. Ngoài ra cũng trong điều kiện cấp nóng cán trực tiếp đặc trưng tách ra và chuyển biến của MnS ($\text{FeS} \rightarrow \text{MnS}$) ảnh hưởng đến chất lượng tạo hình và tính năng của thép.

Loại mô hình 2 là nhiệt độ phối giảm xuống đến đường A_1 , tuy tình trạng có tổ chức 2 pha ($\gamma + \alpha$) chất vào lò nung gia nhiệt trong phối sẽ có một bộ phận austenit chuyển thành ferit. Lúc gia nhiệt thêm có thể lợi dụng sự chuyển pha $\alpha \rightarrow \gamma$ để đạt mục đích mịn hóa tổ chức austenit, nhưng rất có thể độ mịn của tổ chức không đồng đều ảnh hưởng đến tính năng của thép, cho nên cần khống chế công nghệ cán để tránh phát sinh hiện tượng này.

Loại mô hình 4, toàn bộ austenit khuếch tán chuyển biến pha thành ferit, peclit hoặc bainit. Khi gia nhiệt austenit lại tái sinh và lớn lên từng bước austenit hóa. Về mặt chất lượng thép thì loại mô hình này tốt hơn loại

3. công nghệ dễ thực hiện, và tiết kiệm năng lượng cũng khá rõ rệt, rất thích hợp với điều kiện nhà máy chưa đủ thực hiện công nghệ cấp nóng cán luân.

3.3. Đúc liên tục bằng tấm mỏng

Thép tấm chiếm một tỷ lệ rất lớn trong sản phẩm thép. Đúc liên tục phôi dẹt, phôi tấm có chiều dày thường từ 150 ~ 300 mm nhưng phải trải qua rất nhiều lần biến dạng, tiêu hao nhiều năng lượng và chi phí sản xuất mới có thể cán thành sản phẩm theo yêu cầu. Để đơn giản hóa quá trình và phát triển sản xuất thép tấm, 10 năm lại đây nhiều nhà máy của các quốc gia phát triển tập trung nghiên cứu kỹ thuật đúc phôi tấm mỏng mà sản phẩm đúc đã có kích thước gần bằng với sản phẩm cuối cùng. Vì thế công nghệ đúc mới này còn có tên gọi là công nghệ đúc trực tiếp (Direct casting).

Dựa vào chiều dày của sản phẩm mà chia công nghệ đúc liên tục tạo phôi gần với hình dạng sản phẩm cuối cùng thành 3 loại:

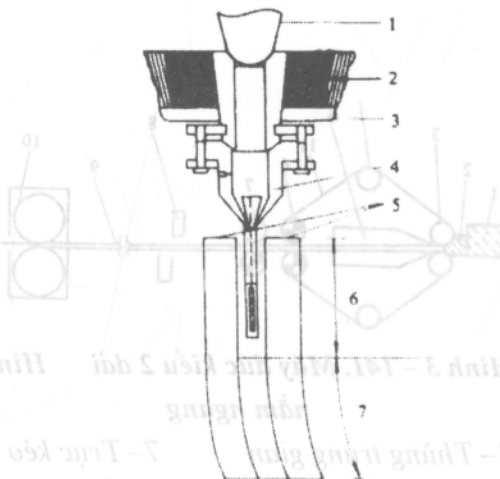
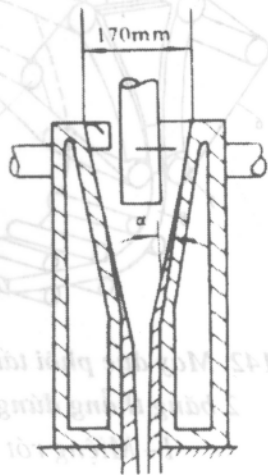
- Đúc phôi tấm mỏng (dày 20 ~ 75 mm), mục tiêu là bỏ đi cán thô.
- Đúc băng thép (dày 1 ~ 10 mm), mục đích bỏ cán nóng trực tiếp tạo phôi cho cán nguội.
- Đúc dải băng mỏng (dày < 1 mm), mục đích là đúc trực tiếp thành thép băng mỏng đặc biệt mà không thể cán được, hoặc thông qua nguội cực nhanh (tốc độ nguội lớn hơn 10^7 °C/h) tạo ra vật liệu kim loại có công năng đặc biệt (như kim loại phi tinh thể).

Tổng thể công nghệ đúc mới có thể chia làm 2 loại: một là trên cơ sở máy đúc truyền thống cải tạo bộ phận BKT dùng để đúc phôi tấm mỏng, còn một là chế tạo BKT vận hành đồng bộ tức là phôi và BKT vận hành đồng bộ để giảm ma sát lẫn nhau mà tăng tốc độ kéo dãn để đúc phôi tấm mỏng, băng thép và băng thép mỏng. Loại nào đi chăng nữa thì cũng phải có 2 vấn đề lớn: phối hợp nhịp nhàng giữa thời gian đúc, thời gian luyện và năng lực cán, máy đúc phải có tốc độ đúc lớn. Tất nhiên ngoài 2 vấn đề trên cần phải giải quyết tỷ lệ ép trong quá trình gia công biến dạng, độ sạch của thép phải cao và chất lượng bề mặt cũng như bên trong của phôi phải tốt.

Mấy năm gần đây công nghệ cải tạo BKT của máy đúc (kiểu đứng, kiểu cong, kiểu elip...) để đúc phôi tấm mỏng phát triển hết sức nhanh chóng và hiệu quả rất rõ rệt. Dựa vào cách cải tạo BKT khác nhau mà công nghệ đúc tấm mỏng chia ra: BKT hình phễu, BKT thẳng và uốn, BKT thẳng và BKT nằm ngang như bảng 3-31 và các hình 3-138 và 3-139

Bảng 3 – 31. Các công nghệ đúc tấm mỏng.

Đặc trưng của BKT	Tên công ty khai phá	Kích thước phôi	Tốc độ kéo, m/ph	Ghi chú
BKT hình phễu (máy đứng cuộn)	SMS	(30~50) x (1200~1600)	6	Đầu tư: Mỹ (1989, 1982), Đức (1989), Đài Loan (1993)
BKT thẳng uốn (máy đầu cực thấp)	MDH	(20~70) x (1200~1900)	6	Ý (1991)
BKT thẳng (máy đứng cuộn)	Daneili	(28~75) x (1000~1750)	6	Mỹ (1992), Thụy Sĩ và Đài Loan
BKT thẳng (máy cong)	Voest	80 x 2100		Thụy Điển (1988), đúc thép không gỉ
BKT nằm ngang (máy nằm ngang)	MDH	(20~40) x 200 15 x 150 40x(120~450)		Đang thử nghiệm



Hình 3 – 138. BKT hình phễu. Hình 3 – 139. BKT kiểu thẳng uốn.

1– Cần nút

2– Gạch đáy thùng trung gian

3– Vỏ đáy thùng trung gian

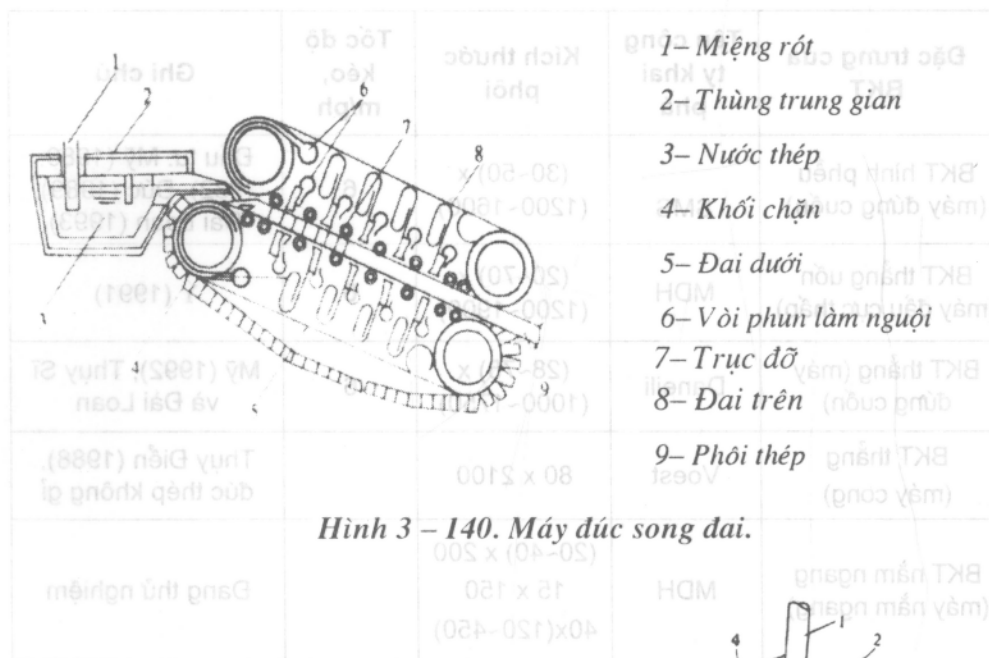
4– Miệng rót cắm ngập

5– Thành bình song song của chiều dày phôi

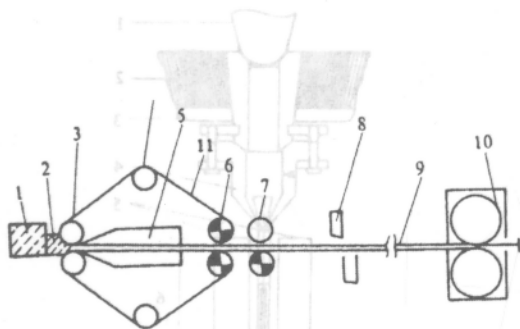
6– Bộ phận thẳng đứng

7– Bộ phận hình cong tâm BKT R = 5 m

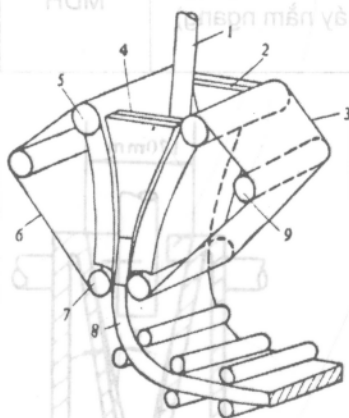
3.3.1. Công nghệ đúc tấm mỏng – cải tạo BKT của máy đúc truyền thống:



Hình 3 – 140. Máy đúc song dài.



Hình 3 – 141. Máy đúc kiểu 2 dài nằm ngang



Hình 3 – 142. Máy đúc phôi tấm mỏng 2 băng thẳng đứng.

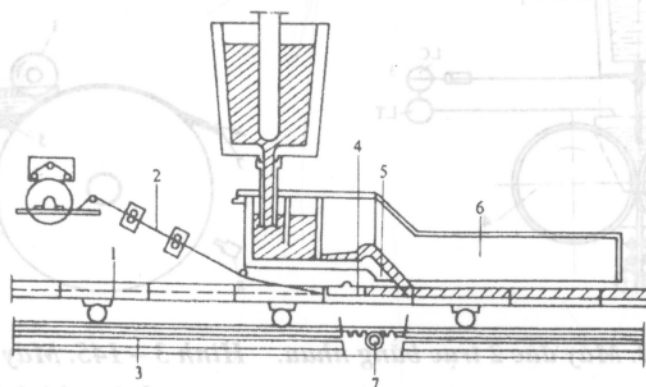
- 1- Thùng trung gian
2- Miệng rót
3- Trục nước làm nguội
4- Trục kéo căng
5- Tấm làm nguội
6- Trục khởi động
7- Trục kéo
8- Máy cắt
9- Phôi tấm mỏng
10- Máy cán
11- Đai thép

- 1- Miệng rót
2, 4- Tấm bên
3, 6- Băng kim loại
5, 7, 9- Trục dẫn
8- Phôi

3.3.2. BKT chuyển động đồng bộ – đúc phôi tấm mỏng:

Trong đúc liên tục, do giữa phôi đúc và BKT tồn tại ma sát trượt cho nên đã hạn chế nhiều đến tốc độ kéo. Bởi vậy để giải quyết vấn đề này, nhiều nước trên thế giới đã nghiên cứu chế tạo ra một công nghệ phôi và BKT cũng cùng vận hành đồng bộ. Tất nhiên phương pháp công nghệ này đã thực hiện thành công trong đúc kim loại màu, còn đúc thép thì hãy còn nằm trong giai đoạn thử nghiệm. Hiện nay phôi đúc tấm mỏng kiểu này có:

- + Kiểu 2 đai như hình 3 – 140,
- + Kiểu 2 đai nằm ngang như hình 3 – 141,
- + Kiểu 2 đai thẳng góc như hình 3 – 142,
- + Kiểu máy di động nằm ngang như hình 3 – 143.



Hình 3 – 143. Máy đúc tấm kiểu di động ngang.

- | | |
|------------------------|--|
| 1- BKT | 5- Máy tràn |
| 2- Vật liệu cách nhiệt | 6- Chụp khí |
| 3- Đường chuyển dịch | 7- Thanh trượt và khởi động bằng bánh răng nhỏ |
| 4- Khối bịt hậu | |

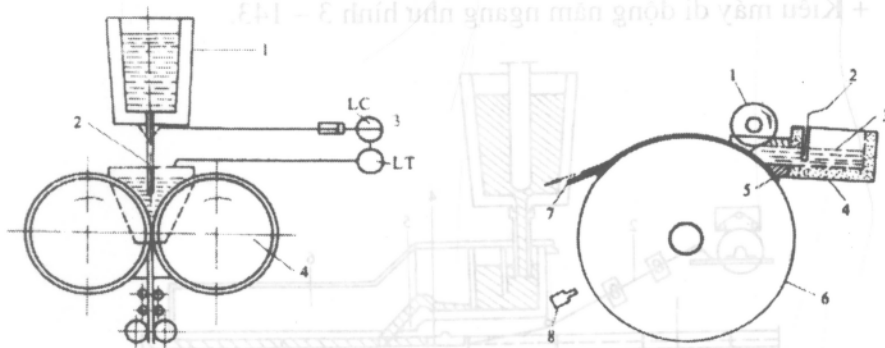
3.3.3. Đúc liên tục bằng thép và bằng thép mỏng:

Máy đúc liên tục bằng thép và bằng thép mỏng có các phương pháp:

* Hai trục:

Rót nước thép vào khe hở giữa 2 trục làm nguội chuyển động với một tốc độ nhanh. Đường tâm của 2 trục này song song và chuyển động ngược chiều nhau. Dưới tác dụng làm nguội của đôi trục, kim loại đông đặc rất nhanh thu được dải mỏng nguội nhanh. Phương pháp công nghệ này chủ yếu để sản xuất băng thép có chiều dày < 10 mm cấp cho cán nguội trực tiếp.

Điểm khó nhất của công nghệ này là khó đảm bảo chiều rộng đồng đều, cũng như đối với nhiệt độ và thành phần phối, chất lượng bề mặt kém. Thiết bị kiểu 2 trục bằng nhau như hình 3 – 144 do công ty CSM (Italia) chế tạo. Trục bằng thép $\phi 500$ mm, dài 140 mm, khe hở giữa 2 trục 15 mm, tốc độ rót 5 m/ph, một mô tơ truyền động 4 kW. Đúc thép cacbon trung bình luyện trong lò tần số 200 kg, nhiệt độ đúc là $1500 \sim 1590^\circ\text{C}$. Sơ bộ kết quả cho biết đúc tấm mỏng là được, mẫu chốt của thao tác là điểm đông đặc kết thúc phối hợp đúng với vị trí rót của trục, vật liệu chịu lửa chắn mặt bên của BKT hay bị vỡ lẫn vào thép tăng tạp chất phi kim. Hiện nay CSM đã chế tạo thành công thiết bị đúc phối tấm mỏng có chiều rộng tới 400 mm.



Hình 3 – 144. Máy đúc 2 trục bằng nhau. Hình 3 – 145. Máy đúc 2 trục đường kính khác nhau.

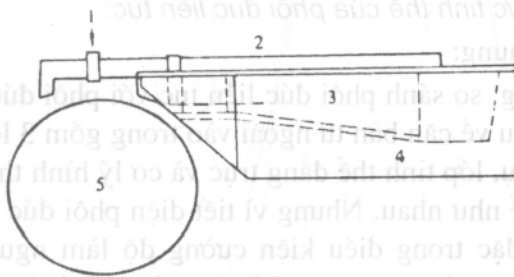
- | | | |
|------------------------------------|---------------------|--------------------|
| 1–Thùng rót | 1– Trục trên | 5– Miệng rót |
| 2– Miệng rót | 2– Can nhiệt | 6– Trục dưới |
| 3– Khống chế tự động mặt nước thép | 3– Mặt nước thép | 7– Dao cắt |
| 4– BKT 2 trục | 4– Thùng trung gian | 8– Đo nhiệt độ cao |

Nhật Bản đã chế tạo loại 2 trục khác nhau như hình 3–145, đã đúc thép tấm không gỉ mỏng 1 ~ 4 mm, tốc độ đúc 40 m/ph. Điều kiện kỹ thuật này như sau: trục lớn (phía dưới) bằng thép không gỉ $\phi 1020$ mm cấp nước làm nguội $25 \text{ m}^3/\text{ph}$, trục nhỏ (phía trên) bằng thép cacbon trung bình $\phi 200$ mm cấp nước làm nguội $5 \text{ m}^3/\text{ph}$, miệng rót bằng oxyt nhôm – graphit rộng 300 mm.

* Một trục:

Phương pháp này còn có tên là "đúc kéo thể lỏng" như hình 3 – 146 gồm một thùng rót trung gian và một trục đúc. Tại đỉnh trục đúc là miệng rót của thùng trung gian hình thành một bể lỏng có chiều sâu nhất định. Sau khi

thép lỏng tiếp xúc với trục đúc lập tức đông đặc thành băng thép và chiều dày cứ tiếp tục tăng cho đến khi bề kim loại lỏng lộ ra thì thôi. Trục quay theo bề kim loại lỏng chảy ra nguội xong thì tách khỏi trục và được cuộn vào máy cuộn. Để tránh tái oxy hóa người ta thường thổi khí trơ để bảo vệ. Điều chỉnh tốc độ quay và cường độ làm nguội chính là sản xuất băng thép có chiều dày và chiều rộng khác nhau. Tốc độ kéo ra trên bề mặt trục có thể đạt tới 15 ~ 60 m/ph. Công ty Aledheng Ludum đã sử dụng phương pháp này đúc thành công băng thép không gỉ (0,25 ~ 1,4) x 600 mm.

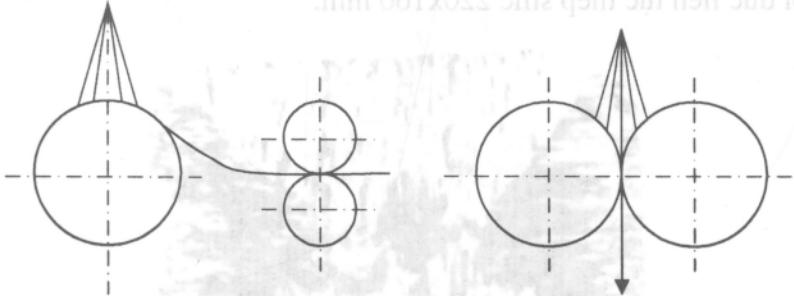


Hình 3 – 146. Máy đúc 1 trục.

- 1– Khí trơ 3– Mặt kim loại 5– Trục đúc (làm nguội)
2– Nắp 4– Áo chịu lửa

*** Phun bắn tạo hình:**

Đây là phương pháp do ARE Singer trường Đại học Swansea (Anh) đề xuất năm 1970.



a– Lắng trên ống quay làm nguội b– Lắng trong khe hở 2 trục làm nguội

Hình 3 – 147. Đúc bằng phun.

Nguyên lý cơ bản làm mù hóa kim loại lỏng qua một mỏ bắn khí trơ trên bề mặt trục quay làm cho các giọt kim loại đông đặc tích đọng lại (hình 3 – 147a), sau đó trục kéo ra đưa băng tấm mỏng cấp cho máy cán thành

bằng thép mỏng. Cũng có thể đưa các giọt kim loại mù hóa bắn vào khe hở giữa 2 trục cán (hình 3 – 147b). Như vậy giọt kim loại nhanh chóng đông đặc trên bề mặt trục cán thành các băng thép mỏng.

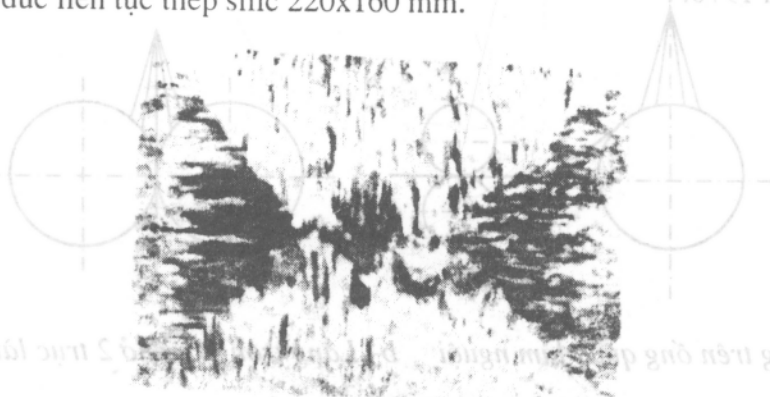
Chất lượng của băng thép như vậy hầu như không thiên tích, tinh thể cực nhỏ, cơ tính đồng đều và có thể sản xuất loại vật liệu phức hợp, chỉ có điều chiều dày khó đồng đều, năng suất sản xuất thấp.

3.4. Chất lượng phôi đúc liên tục

3.4.1. Tổ chức tinh thể của phôi đúc liên tục:

* Đặc tính chung:

Thông thường, so sánh phôi đúc liên tục với phôi đúc khuôn thép lỏng không có khác nhau về căn bản từ ngoài vào trong gồm 3 lớp: lớp cực nguội, lớp tinh thể hình trụ, lớp tinh thể đẳng trục và cơ lý hình thành các vùng tinh thể đó cũng đại thể như nhau. Nhưng vì tiết diện phôi đúc liên tục tương đối nhỏ mà lại đông đặc trong điều kiện cường độ làm nguội mạnh cho nên gradien nhiệt độ trên tiết diện tương đối lớn, tốc độ kết tinh tương đối nhanh. Lý thuyết kết tinh của kim loại cho biết gradien nhiệt độ lớn thì vùng 2 pha lỏng rắn hẹp có lợi cho việc hình thành và lớn lên của tinh thể hình trụ. Tốc độ kết tinh nhanh thì dễ tạo thành một tổ chức đúc có tinh thể hình trụ cạnh nhau hơn. Bởi vậy, khi đúc cùng một loại thép thì phôi đúc liên tục có tổ chức tinh thể hình trụ phát triển hơn và khoảng cách giữa các tinh thể hình trụ nhỏ hơn thời thép lỏng. Hình 3 – 148 là tổ chức phóng đại thấp tiết diện của phôi đúc liên tục thép silic 220x160 mm.

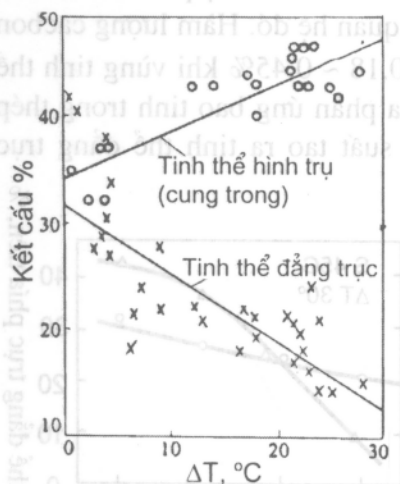


Hình 3 – 148. Ảnh chụp tổ chức phóng đại thấp

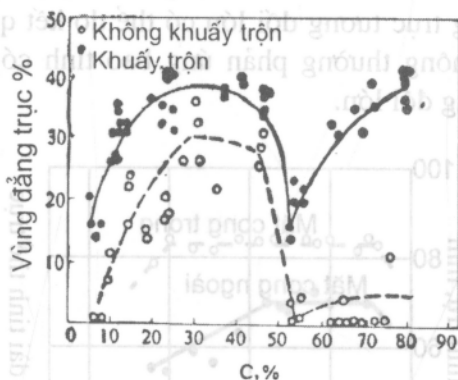
mặt cắt ngang phôi thép Silic.

Tổ chức tinh thể của phôi đúc liên tục, một mặt phản ánh kết quả của điều kiện đúc (nhiệt độ, loại thép, tốc độ kéo...), một mặt khác là những nhân tố quan trọng ảnh hưởng đến chất lượng phôi đúc và tính năng của vật liệu cán. Nói chung, kết cấu tinh thể đẳng trục đặc chắc thì tính gia công tốt. Tinh thể hình trụ rõ ràng có tính phương hướng rõ rệt nên tính gia công kém hơn, dễ dẫn đến các khuyết tật thiên tích, xốp và nứt ở giữa. Cho nên trong quá trình đông đặc của phôi đúc liên tục nên tận dụng mọi khả năng ngăn chặn sự phát triển của tinh thể hình trụ và tạo điều kiện mở rộng vùng tinh thể đẳng trục.

Để có thể kịp thời biết được trạng thái của tổ chức kết tinh của phôi đúc, cải tiến công nghệ đúc, điều chỉnh thiết bị đúc, nâng cao chất lượng phôi đúc liên tục cần thiết phải có biện pháp (phương tiện) hiển thị tổ chức kết tinh của phôi đúc.



Hình 3-149. Ảnh hưởng của độ quá nhiệt đến kết cấu.



Hình 3-150. Ảnh hưởng của hàm lượng C đến vùng tinh thể đẳng trục.

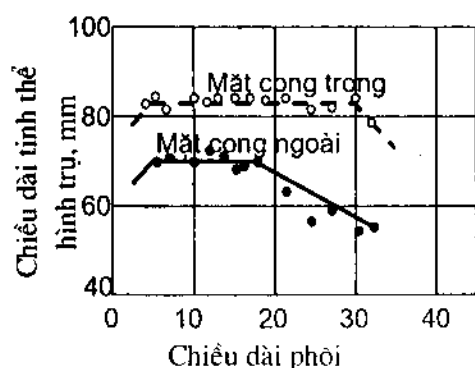
* Phương pháp hiển thị và ứng dụng của nó:

Có 2 phương pháp thường được dùng để hiển thị tổ chức đông đặc của phôi thép, đó là tấm thực axit nóng và in lưu huỳnh. Tấm thực axit nóng là sau khi gia công mặt nhẵn mẫu phôi đúc rồi ngâm trong axit (50% HCl và 50% H₂O) nóng ở nhiệt độ ~ 70°C, sau một thời gian nhất định đưa mẫu ra rửa sạch và sấy khô có thể quan sát thấy 3 vùng tinh thể và các khuyết tật khác. Phương pháp in lưu huỳnh là gia công mặt nhẵn của mẫu sau đó dùng giấy ảnh đã ngâm qua axit H₂SO₄ loãng dán lên, như vậy tạp chất của lưu

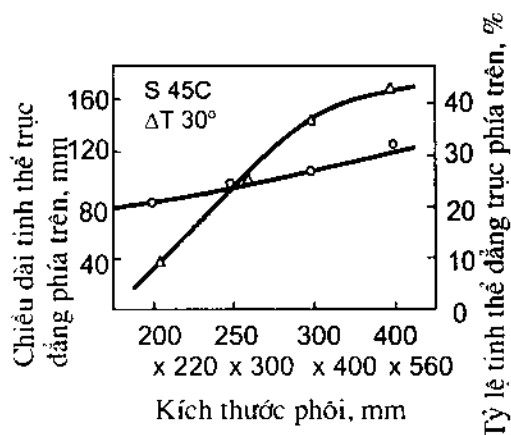
huỳnh trong thép tác dụng với axit H_2SO_4 tạo thành H_2S , chất này lại tác dụng với $AgNO_3$ tạo ra Ag_2SO_4 màu nâu lắng tại vị trí tương ứng của giấy ảnh. Như vậy, trên tấm ảnh in lưu huỳnh có thể nhận ra sự phân bố của tạp chất S và những thông tin về chất lượng khác như: thiên tích thành phần, nứt trong, phân bố tạp chất phi kim... Phương pháp in lưu huỳnh đơn giản, dễ thao tác nên được các nhà máy sản xuất thép dùng tương đối nhiều. Tất nhiên nhiều khi muốn quan sát một cách tường tận tình thể hình trụ trong phôi thép, đo khoảng cách giữa 2 lần tạo tinh thể hình trụ nhất là ở vị trí góc chẳng hạn, dùng 2 phương pháp trên khó đạt được mục đích theo yêu cầu thì lại phải dùng phương pháp tẩm thực axit yếu (chất thử là Stead hoặc Oberhoffer) thì tổ chức sẽ hiện lên khá rõ ràng.

* Các nhân tố ảnh hưởng đến tổ chức đông đặc của phôi đúc liên tục:

– *Điều kiện đúc*: nâng cao nhiệt độ đúc (hoặc độ quá nhiệt), tốc độ kéo, cường độ làm nguội lần hai đều khiến tình thể hình trụ phát triển, nhất là nhiệt độ đúc. Hình 3 – 149 cho ta biết mối quan hệ đó. Hàm lượng cacbon (hình 3 – 150): Hàm lượng C trong phạm vi 0,18 ~ 0,45% khi vùng tinh thể đẳng trục tương đối lớn có thể do kết quả của phản ứng bao tinh trong thép vì thông thường phản ứng bao tinh có hiệu suất tạo ra tinh thể đẳng trục tương đối lớn.



Hình 3 – 151. Sự khác biệt chiều dài tinh thể hình trụ theo chiều cong ngoài và trong .



Hình 3 – 152. Quan hệ giữa kích thước phôi với độ dài tinh thể hình trụ và tỷ lệ tinh thể đẳng trục.

– *Kiểu máy đúc*: máy đứng tổ chức đối xứng, còn máy cong tổ chức phi đối xứng. Hình 3 – 151 cho ta thấy sự khác nhau của tình thể hình trụ ở vành ngoài và vành trong. Độ dài tinh thể hình trụ vành trong dài hơn vành

ngoài do tác dụng của trọng lực, một phần mầm tinh thể lắng xuống nằm ở vành ngoài khiến vùng tinh thể đẳng trục gia tăng, ngoài ra miệng rót ngập làm cho dòng nước thép chảy xuống ở vành trong và vành ngoài khác nhau hạn chế sự phát triển của tinh thể hình trụ ở vành ngoài.

– *Tiết diện phôi đúc (hình 3-152)*: khi tiết diện phôi đúc tăng lên một giới hạn nào đó thì tỷ lệ vùng tinh thể đẳng trục tăng lên một cách rõ rệt. Đối với phôi đúc tiết diện nhỏ, tinh thể hình trụ phát triển hầu như vào đến trung tâm, cho nên đúc thép chất lượng nên đúc phôi có tiết diện lớn.

* Một số biện pháp nâng tỷ lệ vùng tinh thể đẳng trục ở giữa:

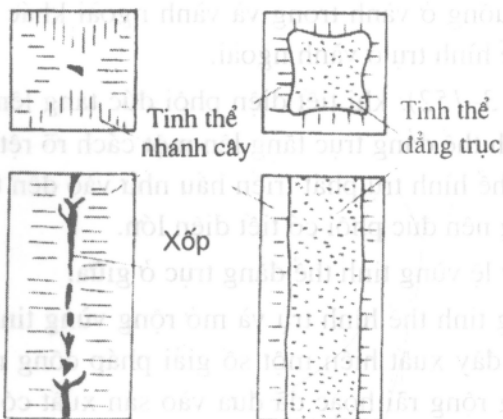
Để hạn chế phát triển vùng tinh thể hình trụ và mở rộng vùng tinh thể đẳng trục ở giữa, mấy năm gần đây xuất hiện một số giải pháp công nghệ, trong số đó đang được ứng dụng rộng rãi hoặc đã đưa vào sản xuất có hiệu quả là:

– *Khuấy trộn điện từ (EMS)*: nguyên lý cơ bản là phôi thép đúc (còn ở tuổi lỏng) qua vùng từ trường biến thiên, cơ cấu cảm ứng sinh ra trong phôi thép dòng cảm ứng và dòng cảm ứng này tác dụng tương hỗ với từ trường biến thiên nên sinh ra lực điện từ làm khuấy trộn khối kim loại lỏng còn trong phôi thép, bề gầy những tinh thể hình trụ đang phát triển thành mầm tinh thể đẳng trục, đồng thời tăng tốc độ truyền nhiệt, giảm độ quá nhiệt của nước thép tạo điều kiện thuận lợi cho tinh thể đẳng trục phát triển (hình 3 – 153) biểu thị quá trình đó.

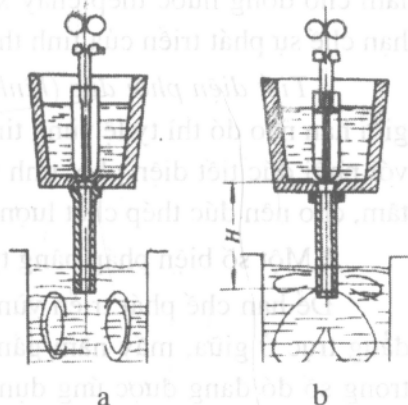
– *Tăng tốc độ đông đặc (công nghệ Fast)*: cho chất làm nguội (bột sắt, kim loại hiếm và phôi thép) vào nước thép trong bình kết tinh để giảm nhanh độ quá nhiệt, tăng mầm kết tinh, cách này dễ có khuyết tật là chất làm nguội nóng chảy không đều, nhiễm bẩn nước thép. Trung tâm Nghiên cứu Luyện kim Ý đề xuất ra công nghệ CSM, dùng ống thép đường kính $\phi 4 \sim 9$ mm vỏ ngoài bằng Al hoặc thép dày 0,5 ~ 1,0 mm trong chất bột Al, Ti-Fe nhúng vào bình kết tinh qua cần nút ở thùng trung gian (hình 3 – 154).

– *Phun bột thép vào dòng thép giữa thùng chứa và thùng trung gian*: Đây là phương pháp do Trung tâm Nghiên cứu Luyện kim Phần Lan đề xuất hình 3 – 155. Bột thép do dòng khí Ar phun theo, lượng nhiệt tiêu hao khoảng 200 ~ 300 °C/phút. Tức là cứ 1% bột sắt giảm nhiệt độ nước thép khoảng 18°C, phôi đúc có tỷ lệ tinh thể đẳng trục tới 35%. Khống chế nhiệt độ nước thép trong thùng trung gian chỉ cao hơn đường pha lỏng 5 ~ 10°C.

Không khuấy trộn Có khuấy trộn

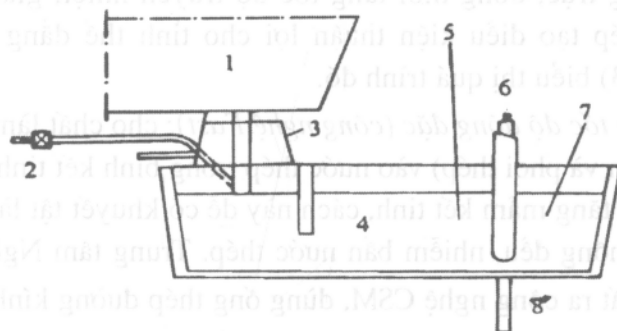


Hình 3 – 153. Giảm độ biểu thị tác dụng của khuấy trộn điện từ đến tổ chức phôi.



Hình 3 – 154. Phương pháp Fast cắm dây tạo mầm vào BKT.

a– Cắm thẳng qua miệng rót
b– Cắm qua lỗ bên miệng rót



Hình 3 – 155. Nguyên lý giảm độ quá nhiệt nước thép trong thùng trung gian.

1– Thùng chứa 4– Thùng trung gian 7– Đo nhiệt gián đoạn
2– Súng phun bột sắt 5– Đo nhiệt liên tục 8– Miệng rót ngập
3– Chụp bảo vệ 6– Cần nút

3.4.2. Độ sạch của phôi thép:

* Đặc trưng của sự hình thành tạp chất phi kim trong phôi thép:

Trong quá trình luyện thép phải khử oxy và hợp kim hóa, nước thép ở nhiệt độ cao tiếp xúc với xỉ, không khí và vật liệu chịu lửa do vậy sản sinh ra một lượng tạp chất phi kim nhất định, nếu không kịp thời khử bỏ sẽ làm tắc lỗ rót của thùng trung gian hoặc làm xấu chất lượng phôi thép.

So với đúc khuôn, sự hình thành tạp chất phi kim trong phôi đúc liên tục có một đặc trưng riêng. Thứ nhất là tốc độ kết tinh trong đúc liên tục nhanh nên cơ hội để tích tụ các tạp chất ít, kích thước tạp chất nhỏ, không dễ nổi lên; thứ hai là thời gian tiếp xúc của nước thép với không khí, vật liệu chịu lửa, xỉ của đúc liên tục dài hơn nên dễ ra khỏi nước thép; thứ ba là tạp chất thổi đúc khuôn phần lớn tập trung ở đầu và cuối, qua cán nóng cắt đầu và đuôi là giảm nhẹ được khuyết tật của tạp chất phi kim, còn phôi đúc liên tục không có xử lý bằng cách này được. Vì vậy, vấn đề tạp chất phi kim trong phôi đúc liên tục nghiêm trọng hơn phôi đúc khuôn nhiều.

* Loại hình và nguồn gốc:

Trong đúc liên tục, tạp chất là các oxyt hợp thành bao gồm tạp chất hiện vi (kích thước nhỏ hơn $50\text{ }\mu\text{m}$) và tạp chất thường (kích thước lớn hơn $50\text{ }\mu\text{m}$). Nguồn gốc có thể tóm tắt như sau:



Loại hình do khử oxy và loại thép thì thường thấy đó là Al_2O_3 và hợp chất của SiO_2 với Al_2O_3 , MnO và CaO , hợp chất của Al_2O_3 với SiO_2 , CaO và CaS ... Ngoài ra là MnS , FeS ...

– Al_2O_3 có 2 nhóm: độc pha Al_2O_3 kích thước nhỏ hơn $100\ \mu m$ số lượng nhiều không dễ nổi lên, từng cụm Al_2O_3 bám vào nhau kích thước $100 \sim 1300\ \mu m$ không nhiều dễ nổi lên.

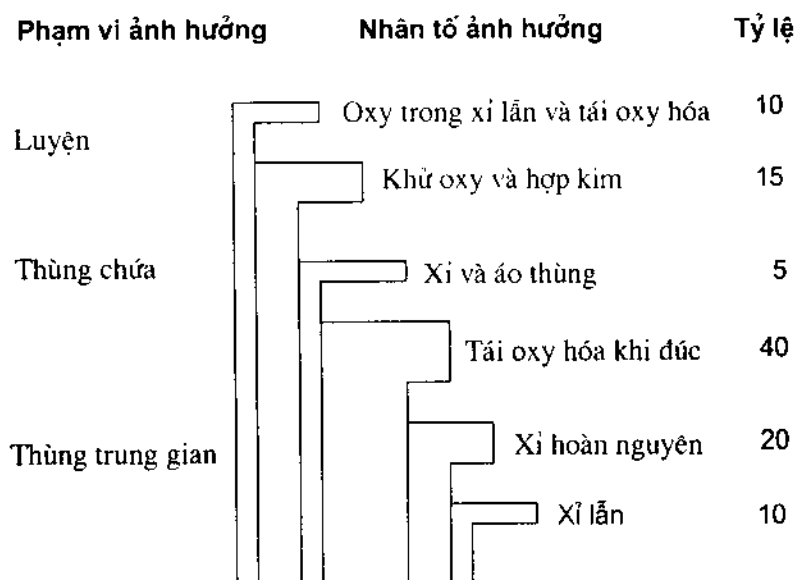
– Hợp chất nền SiO_2 hình cầu: tạp chất hệ $CaO-SiO_2-Al_2O_3$ hoặc $Al_2O_3-MnO-SiO_2$ kích thước thường trên $100\ \mu m$.

– Hợp chất nền Al_2O_3 hình cầu: tạp chất hệ $CaO-Al_2O_3$ chứa ít SiO_2 . – Tạp chất Sulfua thường là thiên tích ở giữa và thiên tích nhánh cây.

– Dung dịch đặc của tạp chất oxyt.

* Ảnh hưởng của tạp chất đến chất lượng vật liệu thép cán:

Nguồn gốc của các tạp chất lớn trong nước thép đúc liên tục như sau (hình 3 – 156):



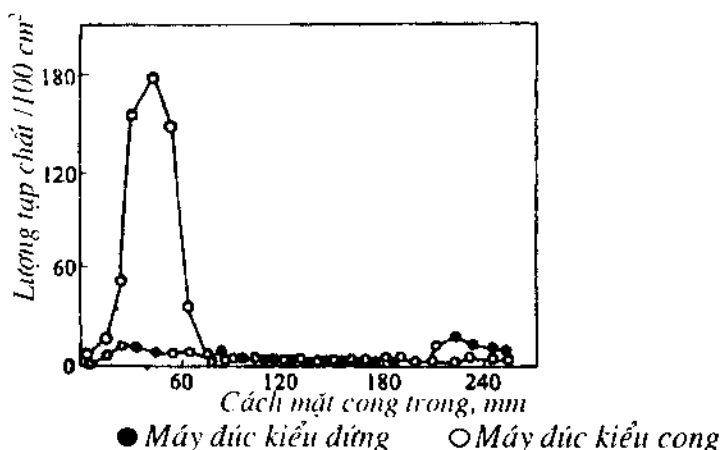
Hình 3–156. Nguồn gốc tạp chất phi kim lớn trong nước thép đúc liên tục.

Thông thường, tạp chất có kích thước nhỏ (hiển vi) tác hại đến chất lượng thép không nhiều như tạp chất có kích thước lớn. Thực tế chứng minh, tạp chất ảnh hưởng đến tính năng của thép tròn cuộn không lớn nhưng đối với loại thép dây sử dụng đặc biệt dùng làm tanh lốp thì khi đường kính của

tanh nhỏ tới 0.15 mm dù tạp chất có kích thước rất nhỏ cũng giảm độ bền mỏi của dây thép và có hiện tượng đứt, nên đối với loại thép này phải tận mọi khả năng loại bỏ những tạp chất có kích thước từ $\phi 10\sim 20\text{ }\mu\text{m}$. Cán ống không hàn xuất hiện tạp chất có kích thước lớn dễ gây ra các khuyết tật như nứt hoặc tróc vẩy trên bề mặt ống thép. Đặc biệt là đối với thép cán tấm nguội do tạp chất Al_2O_3 lớn hơn $50\text{ }\mu\text{m}$ trong quá trình cán không biến dạng nên sau khi gia công cuộn mép sản phẩm hay bị nứt. Khi hàn, vùng hàn có tạp chất cũng dễ tạo ra hiện tượng nứt, dù tấm dày cũng dễ bị phân lớp. Hiện nay yêu cầu thép tấm đóng tàu và làm cầu cống rất cao phải dùng mọi khả năng để giảm tạp chất trong thép.

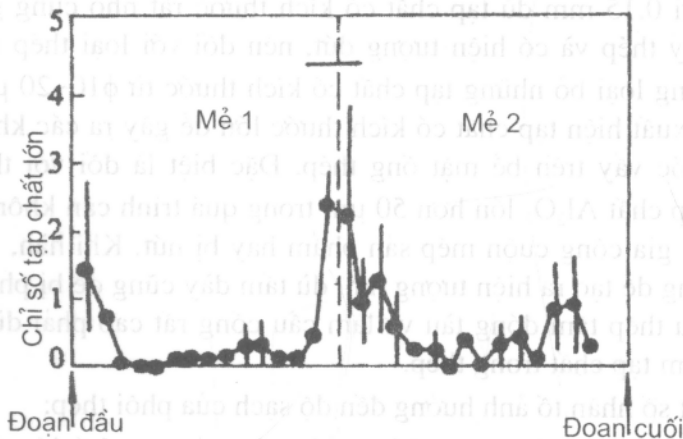
* Một số nhân tố ảnh hưởng đến độ sạch của phôi thép:

– *Kiểu máy*: có liên quan đến sự phân bố của tạp chất lớn. So sánh kiểu máy cong với các kiểu khác ta thấy tạp chất nổi lên trong BKT cong phía mặt cong trong bị cản trở nên cách mặt cong trong khoảng $1/4$ chiều dày có một dải tạp chất tập trung như hình 3 – 157. Đây chính là một khuyết điểm của BKT cong. Tất nhiên nếu tinh luyện tốt, thép sạch thì loại bỏ được hiện tượng này.



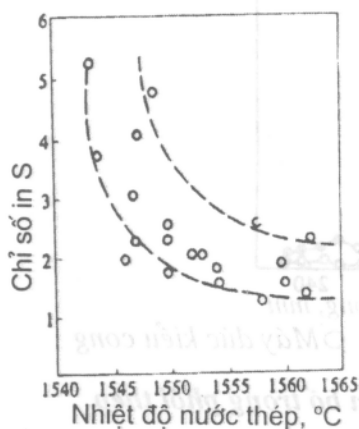
Hình 3 – 157. So sánh tạp chất phân bố trong phôi thép.

– *Thao tác đúc*: Khi ổn định, tốc độ đúc và nhiệt độ đúc thích hợp đều có ảnh hưởng đến hàm lượng tạp chất. Bắt đầu đúc cũng như đúc gần xong hoặc thời điểm giao nhau giữa các mẻ đúc hàm lượng tạp chất đều tăng lên như hình 3 – 158. Vì khi mới đúc, nước thép bị vật liệu chịu lửa làm bẩn tương đối nghiêm trọng, cuối thời gian đúc mặt nước thép trong thùng trung gian hạ xuống do tác dụng của dòng xoáy đã cuốn xỉ từ thùng trung gian vào BKT, khi giao tiếp giữa 2 mẻ thì nằm đúng tổng hợp 2 nguyên nhân trên.

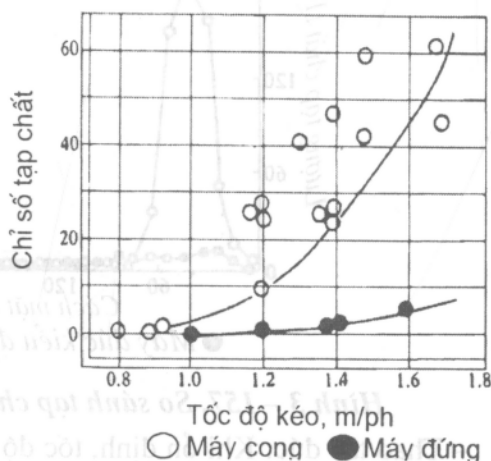


Hình 3 – 158. Sự thay đổi chỉ số tạp chất lớn của dúc liên tục.

Ảnh hưởng của nhiệt độ đúc đến hàm lượng tạp chất như hình 3 – 159 và tốc độ đúc đến hàm lượng tạp chất như hình 3 – 160. Khi nhiệt độ đúc thấp, độ nhớt tăng tạp chất khó nổi lên, tốc độ đúc tăng dòng thép bảo mòn miệng đúc mạnh, độ ngập sâu của mặt nước thép tăng, tạp chất khó nổi lên.

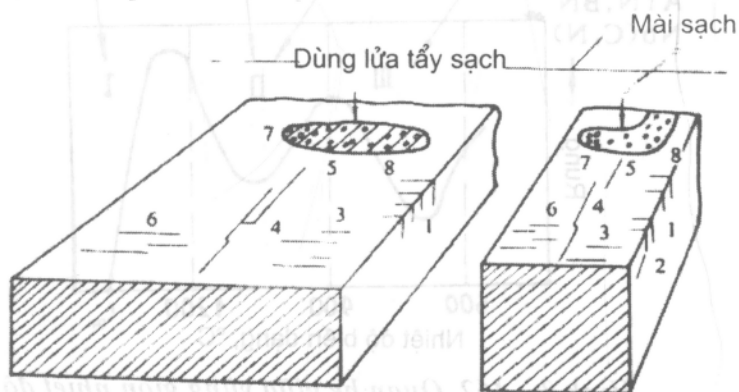
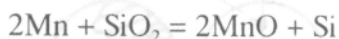


Hình 3 – 159. Ảnh hưởng của nhiệt độ nước thép trong thùng trung gian đến chỉ số in lưu huỳnh phôi.



Hình 3 – 160. Ảnh hưởng của tốc độ kéo đến tạp chất ở giữa phôi.

– Chất lượng của vật liệu chịu lửa: do nước thép luôn tiếp xúc với vật liệu chịu lửa, các nguyên tố trong thép tác dụng với oxyt của vật liệu chịu lửa như Mn, Al chẳng hạn, xảy ra các phản ứng:



Hình 3 – 161. Khuyết tật trên bề mặt phôi

- | | | |
|-----------------------|-----------------|--------------------|
| 1– Nứt ngang và ở góc | 4– Nứt dọc | 7– Bọt khí, lỗ kim |
| 2– Nứt dọc và ở góc | 5– Nứt hình sao | 8– Tạp chất |
| 3– Nứt ngang | 6– Vết hàn sâu | |

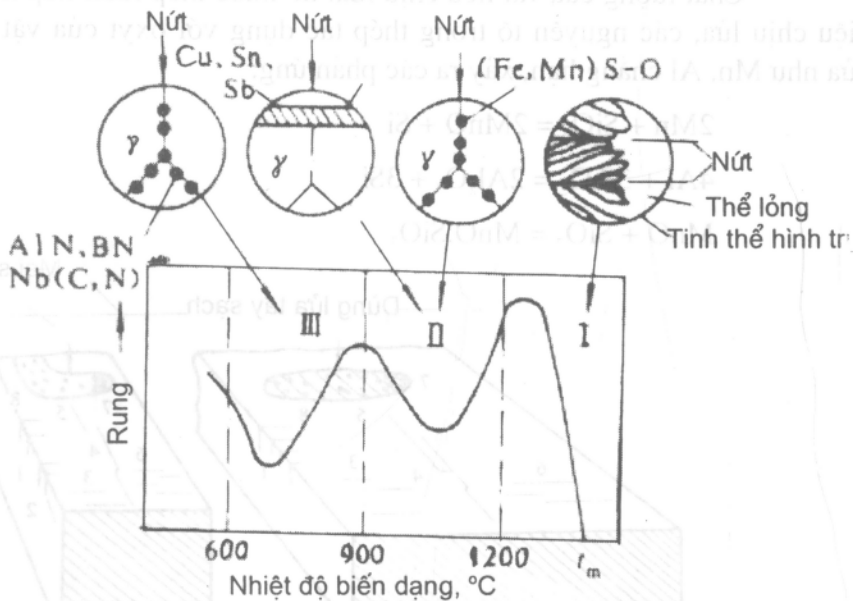
Nhiệt độ chảy của MnO. SiO₂ thấp hơn so với SiO₂ rất nhiều nên đi vào thép và rất khó có thể nổi lên. Al cũng phản ứng tương tự. Sự bào mòn của áo lò thùng trung gian chính là một trong những nguồn gốc của tạp chất lớn, miệng rót chìm càng trầm trọng. Chính vì vậy, sử dụng vật liệu chịu lửa có chất lượng cao nhằm thích hợp với từng loại thép là một yêu cầu kỹ thuật của luyện thép sạch.

3.4.3. Chất lượng bề mặt của phôi thép:

* Phân loại các khuyết tật bề mặt của phôi thép:

Các khuyết tật bề mặt thường gặp trong phôi đúc liên tục (hình 3 – 161).

- Các loại nứt trên bề mặt: nứt ngang, nứt dọc ở bề mặt và ở góc.
- Hàn sâu.
- Lỗ chân kim (bọt khí dưới lớp vỏ).
- Dính tạp chất lớn trên bề mặt và dưới lớp vỏ.



Hình 3 – 162. Quan hệ giữa vùng giòn nhiệt độ cao với tổ chức đông đặc.

* Nguyên nhân của nứt:

Một trong những khuyết tật thường gặp nhất của phôi đúc liên tục là nứt. Nguyên nhân thứ nhất sinh ra trong quá trình hình thành phôi đúc do trạng thái chịu lực (loại hình phương hướng và mức độ) trên mặt phân giới giữa lớp vỏ đã đông đặc và lớp kim loại đang đông đặc – gọi là nguyên nhân bên ngoài sinh ra nứt. Nguyên nhân tiếp theo do cơ tính (độ bền và độ dẻo) ở nhiệt độ cao của bản thân loại thép – nguyên nhân bên trong sinh ra nứt. Như vậy, việc đầu tiên để lý giải được nguyên nhân (dù bên trong hay bên ngoài) sinh ra nứt phải tìm hiểu hiện tượng hóa giòn ở nhiệt độ cao của thép. Thép cacbon nguội từ nhiệt độ đông đặc đến 600°C có 3 vùng giòn, tính giãn dài rất kém như hình 3 – 162. Vùng giòn thứ nhất (vùng giòn nhiệt độ cao) gần nhiệt độ đông đặc, vùng giòn thứ hai (vùng giòn nhiệt độ vừa) từ 1200 ~ 900°C và vùng giòn thứ ba (vùng giòn nhiệt độ thấp) từ 900 ~ 600°C. Trong 3 vùng giòn này, hề có cục bộ ứng suất tập trung là dễ dẫn đến nứt, nhưng cơ lý hình thành nứt khác nhau nên ảnh hưởng đến nứt phôi đúc cũng khác nhau. Vùng nứt nhiệt độ cao, tính kéo giãn của thép thấp do có tồn tại màng lỏng giữa các tinh thể hình trụ đã đông đặc, màng lỏng này thiên tích nhiều nguyên tố như P, S... hệ số giãn dài 0,2 ~ 0,3%, độ bền khoảng 1 ~ 3 N/mm²,

chỉ cần một ngoại lực tác dụng lên lớp vỏ ngoài sẽ tách rời dọc theo tinh giới ra hình thành nứt. Nứt trên bề mặt cũng như các loại nứt trong của phôi đúc liên tục thì đại bộ phận phát sinh ở vùng này.

Vùng giòn nhiệt độ vừa là nằm trong vùng chuyển biến pha austenit. Vùng tinh giới austenit tồn tại S và oxy quá bão hòa tiết ra sulfid và oxit trong hệ Fe- Mn hoặc có một số vi lượng nguyên tố Cu, S... tiết ra sẽ hóa cứng, giảm tính dẻo của thép. Ở vùng này nếu tốc độ biến dạng càng lớn thì tính giòn của thép càng trầm trọng.

Vùng giòn nhiệt độ thấp do có chuyển biến $\gamma \rightarrow \alpha$ hình thành màng mỏng ferit trên tinh giới, giảm tính dẻo của thép hoặc tồn tại vi lượng nguyên tố Al, Nb... sẽ kết hợp với nitơ hình thành các hợp chất nitrit như AlN, Nb(CN), NbN... có nhiệt độ chảy cao tích đọng trên tinh giới giảm tính giãn dài của thép. Ở vùng này nếu tốc độ biến dạng càng thấp thì tính giòn càng rõ rệt. Trong quá trình đúc liên tục, tốc độ nắn thẳng biến dạng khoảng 10^{-4} s^{-1} , tốc độ lôi bụng biến dạng $\sim 10^{-2} \text{ s}^{-1}$ thì nứt ngang trên bề mặt thường sinh ra trong vùng này.

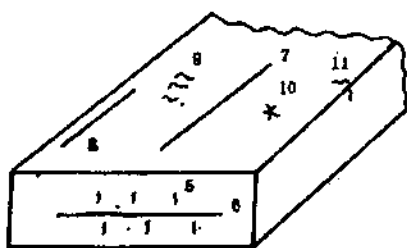
3.4.4. Chất lượng bên trong của phôi thép:

Chất lượng bên trong của phôi đúc liên tục quyết định ở mức độ đặc chắc giữa phôi hay nói một cách khác đó là nứt, thiên tích và xốp, tạp chất phi kim loại lớn tích tụ ở giữa phôi đúc. Vì tạp chất phi kim đã đề cập ở phần trên nên dưới đây tập trung đề cập đến vấn đề nứt, xốp và thiên tích ở giữa. Mà những khuyết tật này liên quan chủ yếu tới chế độ làm nguội lần hai và trạng thái làm việc của thiết bị nắn uốn thẳng vùng làm nguội này.

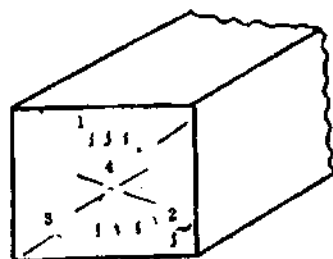
* Nứt bên trong:

Chỉ các loại nứt kể từ bề mặt vào đến tâm như hình 3 – 163. Qui tụ lại gồm nứt giữa, nứt góc, nứt do uốn nắn, nứt ở tâm, nứt đối góc....Nứt trong thường phát sinh dọc theo mặt giao tiếp giữa đã và đang kết tinh nên thường gọi là nứt trên mặt biên kết tinh. Quá trình hình thành nứt thường có 3 giai đoạn: 1– lực kéo tác dụng lên mặt biên kết tinh, 2– tạo thành nứt tách giữa các tinh thể ra như tinh thể hình trụ, 3– nước thép quanh đó do có thiên tích nhiều chất tan hơn chảy vào điền đầy khe nứt. Cho nên đại bộ phận nứt trong đều tồn tại thiên tích nên còn có tên gọi khác của nứt trong là nứt thiên tích. Nguyên nhân cơ bản là trong quá trình nguội, uốn và nắn thẳng hệ số biến dạng nội bộ của phôi thép vượt quá hệ số biến dạng cho phép của loại thép đó (Thí dụ, ở 1340°C hệ số biến dạng $\varepsilon = 0.2\%$ là giới hạn cho phép). Biến dạng của phôi đúc bao gồm:

- Tỷ suất biến dạng sản sinh do lỗi ra giữa các đôi trục dẫn.
- Tỷ suất biến dạng sản sinh lúc uốn nắn thẳng cột thép lỏng ở giữa.
- Tỷ suất biến dạng phụ thêm do chỉnh vị trí trục dẫn phôi đúc không chuẩn vòng cong của máy.
- Tỷ suất biến dạng phụ thêm tạo ra do áp lực đè trực tiếp của trục lên phôi.
- Tỷ suất biến dạng phụ thêm tạo ra do lực kéo và ứng suất nhiệt.
- Tỷ suất biến dạng phụ thêm do trục uốn nắn không thẳng tạo ra.



Phôi dẹt



Phôi vuông

Hình 3 – 163. Sơ đồ biểu thị nứt trong của phôi.

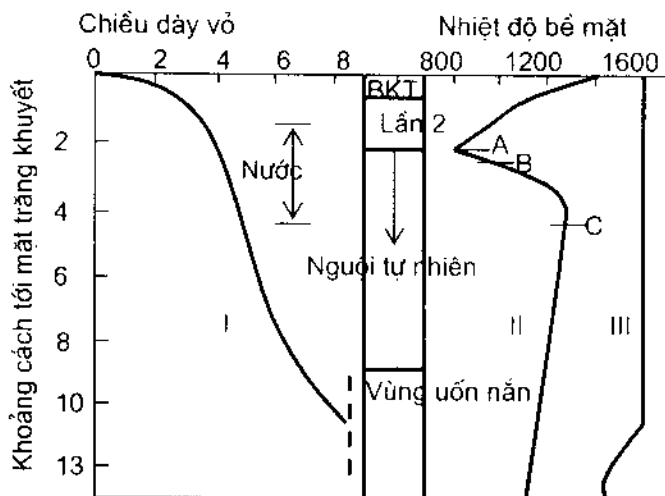
- 1– Nứt trung gian 3– Nứt đối góc 5– Nứt do uốn nắn thẳng
2– Nứt góc 4, 6– Nứt ở tâm

Thông thường, trong trường hợp tỷ lệ ép đủ lớn nứt trong có thể hàn liền lại khi cán, không gây ra nguy hại gì cho các trường hợp sử dụng thông thường. Nhưng khi tỷ lệ ép cán nhỏ hay yêu cầu chất lượng ở giữa phôi thép rất cao thì nứt trong có thể làm cho tính năng của thép cán xấu đi và giảm suất thu hồi thép.

*** Nứt giữa (nứt trung gian):**

Nứt giữa thường nằm ở khoảng 1/4 chiều dày phôi và có hướng vào trong thẳng góc với bề mặt của phôi đúc. Nguyên nhân chủ yếu sinh ra do nhiệt độ bề mặt nóng trở lại ở đoạn cuối vùng làm nguội thứ hai (hình 3 – 164). Khi phôi qua vùng làm nguội thứ hai nước phun mãnh liệt vào bề mặt phôi đúc, cường độ làm nguội lớn đi xuống vùng bức xạ làm nguội, nhiệt lượng từ tâm phôi truyền ra ngoài làm cho nhiệt độ bề mặt nâng lên. Lớp vỏ chịu giãn nở nhiệt tức là dọc theo lớp đông đặc thay đổi ứng suất căng. Ứng suất căng tại một điểm (cục bộ) nào đó vượt quá giá trị giới hạn cho phép về biến dạng sẽ sinh

ra nứt giữa. Bởi vậy nên khống chế chế độ làm nguội khu vực lân hai để nhiệt độ bề mặt nâng cao trở lại không quá 100°C. Nhiệt độ đúc càng cao, tốc độ đúc càng nhanh, vùng tinh thể hình trụ càng phát triển thì nguy cơ nứt giữa càng lớn.



Hình 3 – 164. Quan hệ giữa nứt trong và nhiệt độ bề mặt cao trở lại.

I– Chiều dày phôi II– Nhiệt độ bề mặt III– Nhiệt độ ở tâm phôi

*** Nứt ở tâm:**

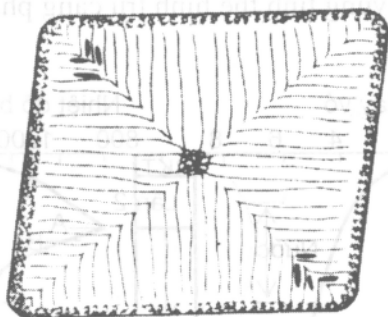
Trên mặt cắt ngang nhìn khá rõ rệt. Đây là loại khuyết tật thường thấy ở các phôi đúc dẹt (tấm). Khi phôi đúc nung lên, các vết nứt này sẽ bị oxy hóa mà cán không thể liền khối lại được, ảnh hưởng rất xấu đến chất lượng phôi đúc.

Nguyên nhân có thể là do vùng tâm thời đông đặc sau cùng bị co ngót mà gây nên. Khi phôi thép đông đặc hoàn toàn, tiềm nhiệt của phần thép đông đặc sau cùng từ tâm tỏa ra khiến cho nhiệt độ ở bộ phận giữa đột ngột hạ thấp. Nhiệt độ ở tâm hạ nhanh hơn bề mặt khiến cho tâm co ngót, ứng suất kéo tương đối cao tạo ra, cho nên chính ứng suất kéo tăng lên ở phần tâm thời mà sinh ra nứt tâm.

*** Nứt ở góc:**

Nứt góc thường xuất hiện trong phôi đúc hình vuông. Loại nứt này có liên quan đến biến dạng khi làm nguội 4 mặt của phôi đúc không đều, sự co ngót của thép gần bề mặt làm nguội nhiều dẫn đến sự thay đổi lực kéo trên góc giữa hai bề mặt thay đổi, ứng biến càng lớn gây ra biến dạng méo của phôi càng nhiều. Giữa 2 mặt làm nguội nhanh hình thành góc nhọn, còn 2

mặt của góc tù dọc theo bề mặt lớp kết tinh trước hình thành vết nứt như hình 3 – 165.



Hình 3 – 165. Sơ đồ biểu thị biến dạng của phôi dẫn đến nứt góc.

Như vậy để giảm nứt góc cần làm nguội 4 mặt phải đồng đều, yêu cầu giữa bình kết tinh và trực dẫn phải hiệu chỉnh chuẩn đúng tâm, tránh vôi phun bị tắc...

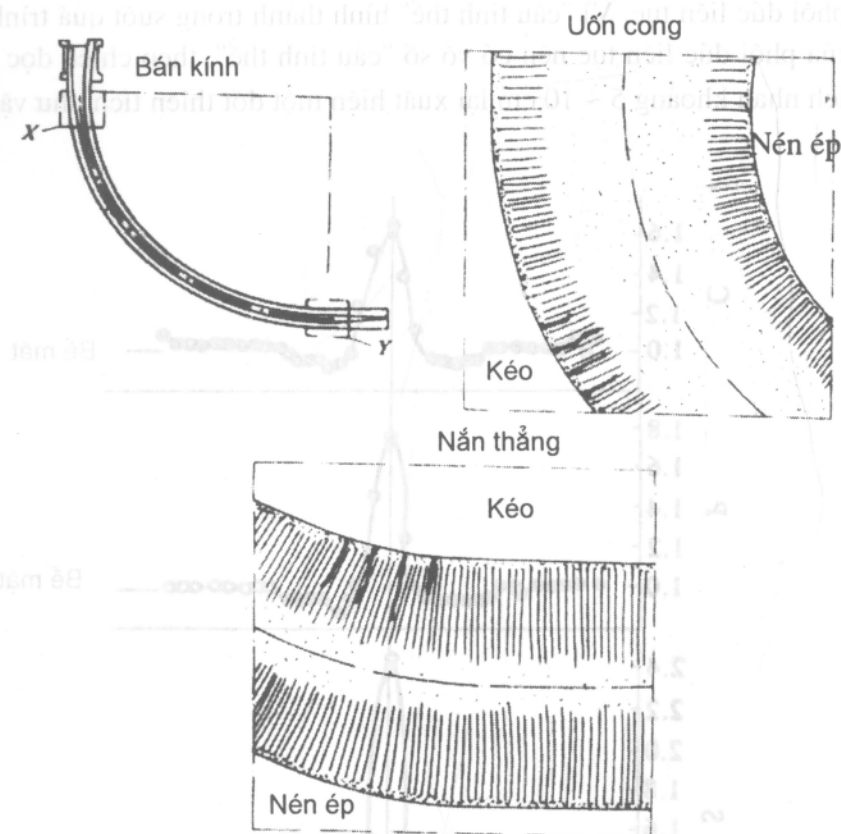
* Nứt do nắn và uốn:

Ruột phôi đúc liên tục còn là kim loại lỏng, thậm chí sắp kết tinh xong vẫn còn ở thể bán lỏng, mặt biên nằm ở phạm vi nhiệt độ có tính bờ (giòn), chỉ cần một lực nhỏ tác dụng lên là dẫn đến tinh giới bị nứt ra. Uốn và nắn thẳng gây ra nứt chính là ở tình trạng miêu tả (hình 3 – 166). Trong hình này, vị trí X tương đương bộ phận phôi bị uốn cong, còn vị trí Y tương đương phần phôi nắn thẳng. Khi uốn mặt cong ngoài chịu ứng suất ép tương đối lớn, nên phía mặt cong ngoài của phôi sinh ra nứt do uốn cong. Ngược lại, khi nắn thẳng phía mặt cong trong lại chịu ứng suất kéo tương đối lớn nên sinh ra nứt do nắn thẳng. Cả 2 loại nứt này đều thẳng góc với đường trung tâm của phôi. Để hạn chế loại nứt này cần thiết kế phù hợp nhằm giảm được ứng suất kéo và ép nhỏ hơn giới hạn biến dạng ở phần trong của phôi. Lực ép của hệ trục kéo uốn nếu quá lớn cũng sẽ sinh ra kiểu nứt này. Trong vùng làm nguội thứ hai nên sử dụng một số kỹ thuật mới như uốn nắn bằng nhiều điểm, nắn liên tục, đúc áp lực... sẽ hiệu quả khử bớt kiểu nứt này.

* Thiên tích ở tâm:

Thông thường, ở tâm phôi đúc liên tục xuất hiện một dải nguyên tố tập trung (hình 3 – 167). Đối với thép cacbon cao, xêmentit ở dạng lưới nằm ở tâm khi gia công sẽ sinh ra nứt. Khi cán tấm dày do thiên tích ở tâm dẫn đến hình thành tổ chức mactenxit hoặc bainit làm tăng độ cứng của ferit

giảm tính dẻo của thép. Ngoài ra, vùng tâm lại là vùng xốp giảm tính đặc chắc và cơ tính của vật liệu thép cán. Do vậy cần nghiên cứu giảm thiểu khuyết tật này.



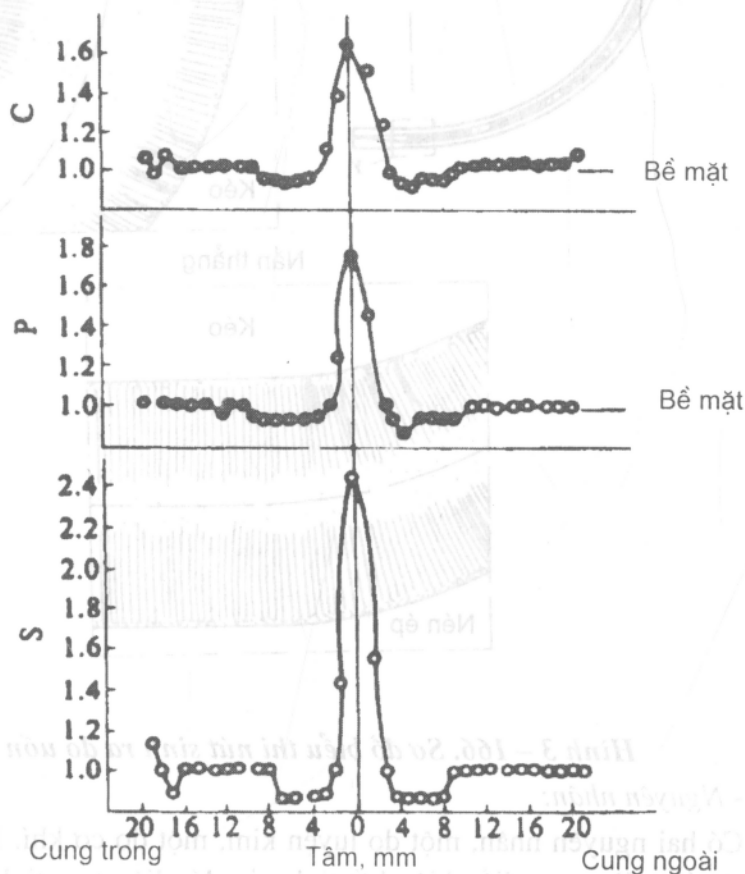
Hình 3 – 166. Sơ đồ biểu thị nứt sinh ra do uốn nắn.

- Nguyên nhân:

Có hai nguyên nhân, một do luyện kim, một do cơ khí. Nguyên nhân do luyện kim là trong điều kiện kết tinh của đúc liên tục, tinh thể hình trụ phát triển hết sức thuận lợi, có thể chứng minh như hình 3 – 168.

Thiên tích vùng tâm có thể chia ra làm 4 giai đoạn. Đầu tiên, tinh thể hình trụ xuất hiện và lớn lên, sau đó chịu ảnh hưởng của một số nhân tố công nghệ sự phát triển tinh thể hình trụ rất không ổn định, tức là có tinh thể phát triển hết sức nhanh, ngược lại cũng có tinh thể phát triển chậm. Tinh thể phát triển nhanh nối 2 đầu lại hình thành "cầu tinh thể", chiếc cầu này cản

trở kim loại lỏng ở phía trên chảy xuống điền đầy phần kim loại đông đặc thể tích co ngót ở dưới mà hình thành, phía trên thì xốp và thiên tích dương, phía dưới thì thiên tích âm dạng hình chữ V. Đây chính là dải thiên tích ở tâm phôi đúc liên tục. Vì "cầu tinh thể" hình thành trong suốt quá trình đông đặc của phôi đúc liên tục nên có vô số "cầu tinh thể", theo chiều dọc ở giữa cứ cách nhau khoảng 5 ~ 10 cm lại xuất hiện một đốt thiên tích như vậy.



Hình 3 – 167. Trạng thái thiên tích ở giữa phôi.

Đối với phôi dẹt hoặc phôi vuông lớn có khi tinh thể hình trụ chưa thể phát triển vào đến giữa tức là không hình thành "cầu tinh thể" nhưng vẫn có hiện tượng thiên tích ở giữa nói lên có một lý do khác nữa, đó là nguyên nhân cơ học. Khi phôi thép tiến vào khu vực làm nguội lần hai, do khoảng

cách trực dẫn lớn lớp vỏ còn mỏng hoặc áp lực của cột kim loại lỏng ở giữa quá lớn làm cho phôi bị biến dạng lồi bụng. Khi lồi bụng như vậy ở giữa chịu tác dụng tương đương như một lực hút của áp suất âm nên kim loại vùng 2 pha có nhiều thiên tích bị hút vào hình thành một dải thiên tích ở giữa hình 3 – 169, lượng lồi bụng tăng làm cho chỉ số thiên tích ở giữa tăng.



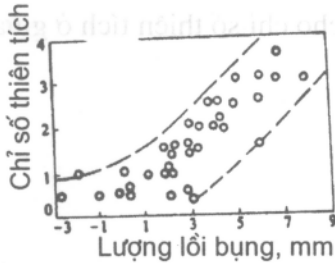
- 1- Tinh thể hình trụ sinh trưởng
- 2- Một số tinh thể hình trụ phát triển mạnh
- 3- Hình thành "cầu treo"
- 4- Hình thành lõm cơ
- 5- Kết cấu tổ chức thực tế của phôi

Hình 3 – 168. Mô hình dòng đặc của phôi nhỏ.

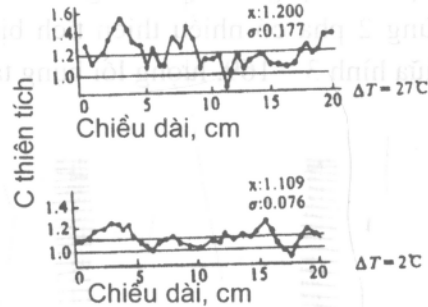
- Các nhân tố ảnh hưởng đến thiên tích ở giữa (tâm):

+ Nhiệt độ đúc: thiên tích ở giữa do sự phát triển của tinh thể hình trụ gây nên, mà nhiệt độ đúc lại là một nhân tố quan trọng của sinh trưởng tinh thể hình trụ. Nhiệt độ đúc cao, tinh thể hình trụ trong phôi đúc liên tục phát

triển dẫn đến thiên tích ở giữa trầm trọng, ngược lại nhiệt độ đúc thấp, tinh thể đẳng trục phát triển, thiên tích giữa giảm nhẹ, hình 3 – 170.

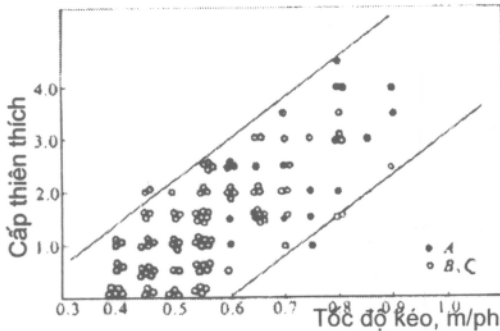


Hình 3 – 169. Ảnh hưởng của lõi bụng đến thiên tích.

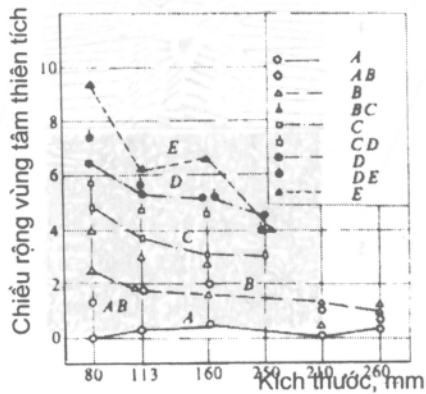


Hình 3 – 170. Ảnh hưởng của độ quá nhiệt trong thùng trung gian đến thiên tích của thép 0,8 %C, phôi vuông 110x110 mm.

+ Tốc độ kéo: tăng tốc độ kéo, cột kim loại lỏng ở giữa kéo dài dẫn đến làm chậm sự hình thành và phát triển tinh thể đẳng trục mà phát triển tinh thể hình trụ và tăng nguy cơ lõi bụng của phôi thép. Hình 3 – 171 biểu thị mối quan hệ đó.



Hình 3 – 171. Ảnh hưởng của tốc độ kéo đến mức độ thiên tích của phôi dẹt kích thước 250x(1500~2100) mm. ($\Delta T = 15 \sim 20^\circ C$, $Q = 0,6 \sim 0,7$ l/kg)



Hình 3 – 172. Quan hệ giữa vùng thiên tích ở tâm và kích thước phôi vuông.

+ Hàm lượng cacbon trong thép: ảnh hưởng đến tổ chức đông đặc của phôi thép tất nhiên ảnh hưởng đến thiên tích giữa của phôi. Đã có nhiều công trình nghiên cứu khi các điều kiện đúc như nhau với 3 loại thép chứa cacbon trung bình 0,3%, cacbon thấp 0,1% và cacbon cao 0,6% thì thiên tích giữa thép chứa cacbon trung bình là nhẹ nhất, còn chứa cacbon thấp và cao là trầm trọng.

+ Kích thước và hình dạng tiết diện phôi: ảnh hưởng của kích thước tiết diện phôi đến mức độ thiên tích giữa (hình 3 – 172). Như vậy, kích thước tiết diện phôi tăng thì xác suất để tinh thể hình trụ phát triển nối nhau thành "cầu tinh thể" giảm dần đến thiên tích giữa giảm nhẹ.

Hình dạng tiết diện phôi cũng có ảnh hưởng nhất định đến thiên tích giữa. Phôi hình chữ nhật thiên tích nhẹ hơn hình vuông.

*** Xốp giữa:**

Dọc theo đường trung tâm của phôi xuất hiện một số lỗ xốp, cơ lý hình thành xốp giữa giống như thiên tích giữa và có quan hệ mật thiết với nhau. Mori và một số tác giả khác đã nghiên cứu phôi đúc liên tục hình vuông phát hiện 3 nhân tố là chiều dài tinh thể hình trụ, hình dạng xốp giữa và mức độ thiên tích giữa có quan hệ đối ứng rất chặt chẽ. Khi phôi đúc có tinh thể hình trụ không rõ ràng thì xốp giữa phân tán kích thước nhỏ trên diện tích lớn, thiên tích giữa tương đối ít, ngược lại tinh thể hình trụ phát triển ở mức độ nhất định nhiều lỗ xốp ở giữa và thiên tích khá trầm trọng. Khi mà tinh thể hình trụ hết sức phát triển thì xốp ở giữa cũng hết sức phát triển hình thành lỗm co ở giữa mà thiên tích thì hết sức trầm trọng.

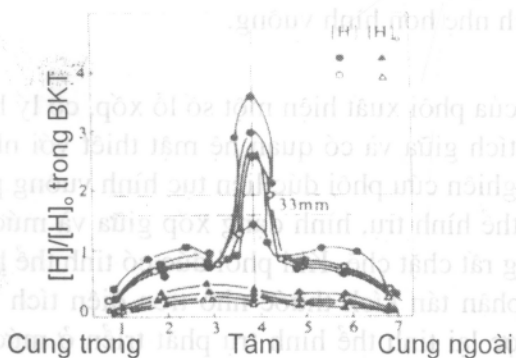
Thông thường, lượng ép xuống tới 3 ~ 5 lần thì xốp hầu như hàn kín lại, không có nguy hại cho sản phẩm, nhưng khi cán ống không hàn thì thường xuất hiện khuyết tật ở mặt trong ống. Cần nhấn mạnh xốp giữa thường tạo ra thiên tích khí H trầm trọng như hình 3 – 173. Dùng lượng cán lớn có thể giảm nhẹ nguy hại của xốp giữa.

*** Thiên tích điểm hình V quanh trục tâm của phôi:**

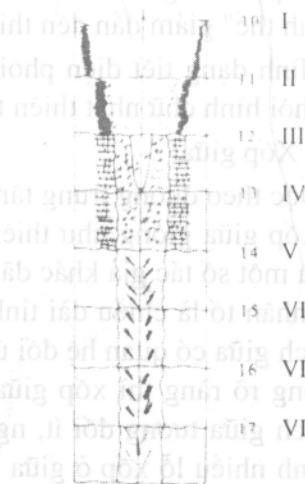
Bỏ dọc qua đường trung tâm phôi đúc liên tục thường nhìn thấy thiên tích hình V gọi là thiên tích hình (thiên tích lớn). Thiên tích này người ta cho rằng đó là do tác dụng của trọng lực hoặc đối lưu trong quá trình đông đặc co ngót của phôi đúc liên tục, các tinh thể đẳng trục chuyển dịch ở vùng 2 pha lỏng rắn tạo nên. Cơ lý như hình 3 – 174.

Ở thời kỳ kết tinh đầu, tinh thể hình trụ hình thành và lớn lên, nhiệt độ cột kim loại lỏng ở giữa giảm dần, tinh thể đẳng trục bắt đầu lớn lên phát

sinh sự chuyển biến tinh thể hình trụ sang tinh thể đẳng trục, lúc này ở tâm vẫn còn là thể lỏng, dưới tác dụng của đối lưu vẫn có một lượng thể rắn hình thành, vùng 2 pha vẫn có tính lưu động. Khi tính lưu động kết thúc, do tác dụng của trọng lực và co ngót sinh ra sự chuyển dịch của tinh thể đẳng trục hình thành một con đường. Con đường này ven theo khối chóp hình V của hướng đúc, thể lỏng giữa các tinh thể có nồng độ thiên tích cao sẽ ven theo con đường này chảy xuống và cuối cùng sau khi đông đặc hình thành thiên tích hình V.



Hình 3 – 173. Phân bố $[H]$ trong phôi



Hình 3 – 174. Sơ đồ biểu thị

$[H]_0 - H$ khuếch tán.

sự hình thành thiên tích V.

I – Tinh thể hình trụ sinh trưởng

II – Sinh trưởng tinh thể đẳng trục tự do

III – Đông đặc của tinh thể đẳng trục

IV – Vùng 2 pha chuyển dịch

V – Thẩm thấu nước thép vào vùng 2 pha đã bền

VI – Sự hình thành đường hầm

VII – Đường hầm ở tâm

VIII – Đông đặc xong

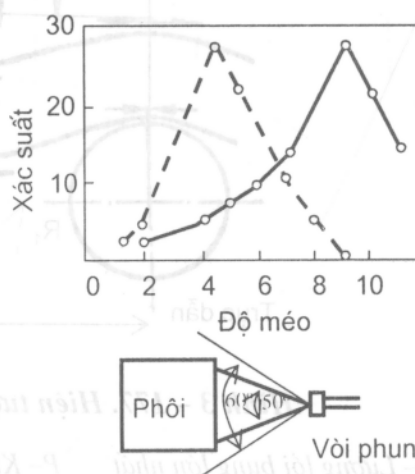
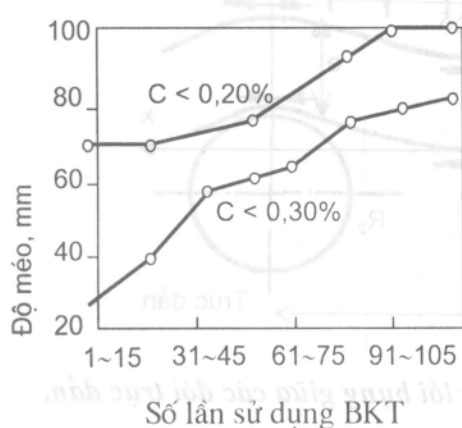
3.4.5. Khuyết tật về biến dạng phôi thép:

Thông thường, phôi phải có kích thước và hình dạng hình học tương đối chính xác, sai số cho phép về kích thước không quá 1%, Nhưng khi thiết bị và công nghệ đúc không bình thường phôi thép sẽ biến dạng, thí dụ thường gặp là phôi hình vuông thành hình bình hành, phôi dẹt hoặc phôi vuông lớn bị phình bụng tức là khuyết tật về hình dạng.

* Khuyết tật không còn là hình vuông (thí dụ, hình bình hành):

Khuyết tật thường gặp của phôi hình vuông đó là thành hình bình hành, 4 góc không còn vuông mà thành một đôi góc nhọn một đôi góc tù hay đường chéo giữa 2 góc đối đỉnh không bằng nhau. Biểu thị mức độ biến dạng này thường dùng tỷ số hiệu giữa 2 đường chéo với số trị bình quân của 2 đường chéo và lấy một số trị làm chuẩn, vượt quá số trị chuẩn là phế phẩm. Thường mức độ biến dạng lớn hơn 3% thì xuất hiện nứt ở góc tù và vượt quá 6% khó xếp trong lò nung hoặc không thể đưa vào lỗ cán hình và khó khăn cho cán.

Nguyên nhân chủ yếu là do các mặt của phôi nguội không đều trong bình kết tinh, lớp vỏ dày mỏng khác nhau ở BKT và vùng làm nguội lần hai nên co ngót không đều: dày thì co ngót nhiều, mỏng thì co ngót ít. Ở góc có cường độ làm nguội lớn (lượng co ngót lớn) giữa 2 mặt hình thành một góc nhọn, còn góc có cường độ làm nguội nhỏ (lượng co ngót nhỏ) giữa 2 mặt hình thành góc tù.



Hình 3 – 175. Hàm lượng C trong thép sử dụng BKT đối với độ méo của phôi vuông 280x280 mm.

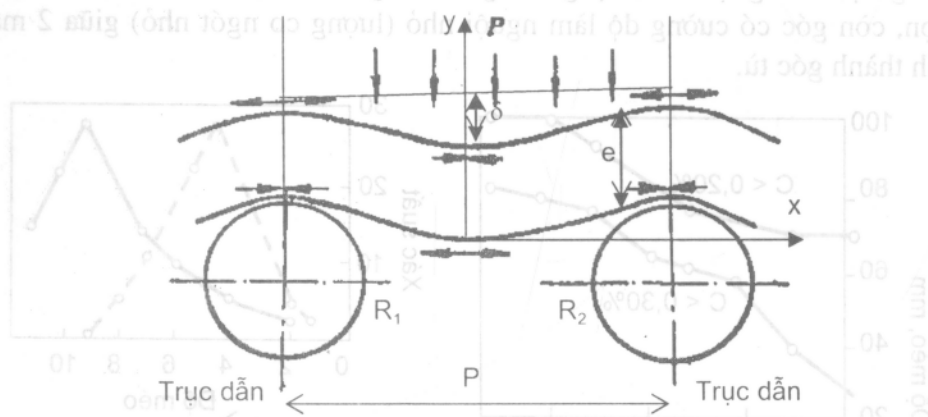
Hình 3 – 176. Quan hệ giữa phun làm nguội phủ kín và mức độ méo phôi.

Trong thực tế sản xuất, nguyên nhân làm nguội không đều có rất nhiều, thí dụ có khi do bình kết tinh dùng lâu sinh ra biến dạng hoặc các tham số thiết kế không thỏa đáng, chất lượng nước làm nguội không phù hợp yêu cầu, dòng rót không đúng tâm, khe nước làm nguội không đều... Ngoài ra nhiệt độ đúc cao, tốc độ đúc nhanh cũng dễ dẫn đến nước làm nguội trong bình kết tinh sôi và lớp vỏ bị biến dạng. Hình 3 – 175 chỉ ra hàm lượng cacbon của thép, số lần sử dụng của bình kết tinh đều có ảnh hưởng đến phôi bị biến dạng. Hình 3 – 176 cho ta thấy thiết kế vòi phun vùng làm nguội thứ hai không thỏa đáng cũng dẫn đến biến dạng. Khi thay đổi góc phun từ 65° thành 50° , mật bao phủ nước làm nguội giảm, cường độ làm nguội ở góc giảm, khuyết tật biến dạng giảm rõ rệt.

Để giảm khuyết tật biến dạng phôi, ngoài coi trọng bình kết tinh làm nguội phải đều nhau ra cần thiết kể ở đầu ra khỏi bình kết tinh đủ trục dẫn hoặc tấm làm nguội để tăng cường đỡ phôi thép. Và đặc biệt là công việc kiểm tra quản lý thiết bị phải thường xuyên để đảm bảo thiết bị làm nguội tốt, tránh có vòi phun bị tắc nước, khống chế nhiệt độ và tốc độ kéo đúc hợp lý cũng không thể coi nhẹ.

* Phôi bị lỗi bụng:

Áp lực tĩnh của nước thép



Hình 3 – 177. Hiện tượng lỗi bụng giữa các đôi trục dẫn.

δ – Lượng lỗi bụng lớn nhất P – Khoảng cách 2 đôi trục e – Chiều dày lớp vỏ

Hiện tượng "lỗi bụng" của phôi thép chủ yếu là do áp lực tĩnh của nước thép phía trong đẩy ra khi lớp vỏ đông đặc không đủ độ bền, thường xảy ra nhất là đối với mặt rộng của phôi dẹt hoặc phôi vuông có kích thước lớn.

Hiện tượng này thường dẫn đến thiên tích và nứt giữa cũng như nứt ở góc.... Ngoài ra, do kéo theo đơn vị khối lượng phân lõi ra của phôi tăng lên làm cho suất thu hồi của cán giảm. Áp lực tĩnh của kim loại lỏng tạo ra lõi bụng giữa 2 trục dẫn như hình 3 - 177. Lượng lõi bụng có thể tính theo công thức sau:

$$\delta = C \frac{F^{1,5} \cdot P^{1,9} \cdot t^{0,32}}{e^{3,8}}$$

Trong đó:

δ – Lượng lõi bụng lớn nhất

P – Khoảng cách giữa 2 trục dẫn

e – Chiều dày của lớp vỏ

F – Áp lực tĩnh của nước thép

t – Thời gian

C – Hằng số

Như vậy, để giảm khả năng phát sinh lõi bụng trong thực tế sản xuất sử dụng biện pháp giảm chiều sâu cột kim loại lỏng, tăng cường độ làm nguội, tăng số lượng đôi trục dẫn để giảm cự ly giữa các đôi trục dẫn, tăng khả năng kẹp đôi của đôi trục dẫn...

3.4.6. Yêu cầu chất lượng của phôi đúc liên tục cho cán một số sản phẩm đặc biệt:

* Thép tấm:

Phôi dẹt (tấm) để cán thép tấm có kích thước (150 ~ 300)x(900 ~ 1200) mm. Căn cứ vào chủng loại, thép tấm chia ra theo chiều dày như tấm dày, tấm mỏng, tấm thép không gỉ, tấm (tôn) silic, tấm để chế tạo ống thép hàn...

– *Tấm dày và trung bình:* chiều dày từ 5 ~ 100 mm dùng trong công nghiệp đóng tàu, cầu dầm trong xây dựng và chế tạo cơ khí. Thép cho vật liệu này thường là thép lã Si và Si-Al. Tính năng chủ yếu là độ bền kéo, độ dai va đập và tính hàn. Để thỏa mãn các yêu cầu trên ngoài tỷ số cán tối thiểu 3 ~ 6 lần ra, thiên tích giữa nhẹ, tương đối đặc chắc, tạp chất phi kim không biến dạng ít. Đối với thép tấm dùng cho dầu khí và công nghiệp khí thiên nhiên bao gồm khoan giếng, dầm khoan, đường ống dẫn... thì yêu cầu chất lượng còn cao hơn, thuộc lĩnh vực thép chất lượng cao.

– *Tấm mỏng:* tấm mỏng kết cấu dùng cho công nghiệp lò hơi và công nghiệp chế tạo dày 3 ~ 4 mm. Thép lã dùng Si hoặc Si-Al khử oxy.

Tấm mỏng tạo hình và dập sâu thường là thép tấm cán nguội dùng cho công nghiệp ô tô, chế tạo đồ gia dụng và công nghiệp lương thực thực phẩm yêu cầu chất lượng bề mặt tốt. Phôi thép không có khuyết tật, bề mặt ít tạp chất và bọt khí dưới da đặc biệt là không cho phép có tạp chất lớn hơn 100 μm .

Thép tấm mạ (Sn hoặc Zn) và tráng men (gốm sứ) yêu cầu chất lượng bề mặt rất tốt, thường là thép tấm cán nguội, tính năng cơ khí đồng đều, độ sạch cao, ít tạp chất phi kim và kích thước tạp chất không được lớn hơn 50 μm . Hàm lượng P và S thấp, thép cacbon thấp nên khử oxy phải dùng đến Al hoặc biện pháp tinh luyện ngoài lò.

- *Thép tấm không gỉ*: thép tấm không gỉ thường dùng chế tạo đồ gia dụng và xây dựng yêu cầu có khả năng dập sâu, tính hàn tốt, bề mặt đẹp, yêu cầu tính năng cơ khí đồng đều, hàm lượng tạp chất phi kim ít.

- *Tôn silic*: dùng cho công nghiệp điện, thép sạch hàm lượng C, S, O, N thấp, hạn chế tổ chức có tính thể hình trụ.

- *Thép tấm chế tạo ống hàn*: đòi hỏi có tính hàn cao, yêu cầu tạp chất hết sức khắt khe, nếu không dễ sinh ra nứt, đặc biệt không chế $[\text{O}] < 40 \sim 60$ ppm còn $[\text{Al}] < 0,03\%$.

*** Thép hình:**

Phôi thép thường là phôi vuông hoặc tròn tùy theo yêu cầu sử dụng của sản phẩm mà yêu cầu chất lượng phôi cũng khác nhau.

- *Thép tròn (thanh, dây)*:

Thép quí chế (thép chôn đầu) yêu cầu bề mặt tốt, có tính giãn dài và độ sạch cao. Phôi đúc phải khử oxy thật triệt để và công nghệ đúc tốt để đảm bảo hàm lượng tạp chất phi kim trong thép thấp nhất.

Thép dây tanh yêu cầu hết sức khắt khe về hàm lượng tạp chất phi kim và thiên tích. Tạp chất phi kim thường dẫn đến đứt dây tanh, thiên tích thường dẫn đến độ cứng tế vi trong và ngoài dây khác nhau. Do vậy, thành phần phôi đúc phải khống chế trong phạm vi hẹp, yêu cầu loại, kích thước và số lượng tạp chất rất khắt khe. Thép cacbon chuốt nguội phải khống chế thành phần hóa học $\text{C} \leq 0,03\%$, $\text{S} \leq 0,05\%$ và $\text{P} \leq 0,015\%$ để giảm gia công biến cứng, còn phải khống chế kích thước tinh thể Ferit và ứng biến hóa già ảnh hưởng đến khả năng chuốt của thép.

- *Đúc thép để cắt gọt*: có 2 loại thêm S và thêm Pb.

Loại thép này có tạp chất kích thước lớn độ cứng thấp để ít mài mòn công cụ cắt gọt, đồng thời những tạp chất này lại còn có tác dụng bôi trơn để

giảm ma sát với dao cắt. Yêu cầu phôi đúc tránh bề mặt dính xỉ, tạp chất dưới da, nứt và có lỗ chân kim. Khi đúc do S cao nên dễ xuất hiện các loại nứt. Do độ bền của loại thép này thấp còn chứa oxy cao, Si và Al thấp rất dễ có bọt khí. Vì vậy, luyện cán không chế chặt chẽ hoạt độ của oxy trong thép. Ở độ quá nguội lớn cần đúc chậm, cần chú ý đến tính chất của xỉ bảo vệ vì S cao làm giảm sức căng mặt phân pha thép và xỉ.

– *Phôi vuông thép không gỉ:* Để có chất lượng bề mặt của phôi đúc tốt cần không chế mặt nước thép trong bình kết tinh rung tần số cao biên độ thấp, lựa chọn hệ xỉ bảo vệ thích hợp. Nếu như ở vùng nguội lần hai sử dụng được kỹ thuật khuấy trộn điện từ để tránh mầm định hướng của ferit trong thép austenit thì có thể cải thiện được tính gia công nóng và giảm nhẹ thiên tích và xóp giữa. Khi luyện thép austenit có Ti nếu hàm lượng N cao sẽ sinh ra hợp chất cacbit titan dễ tạo ra cầu nối ở miệng rót và lớp xỉ trong thành bình kết tinh làm xấu đến chất lượng bề mặt của phôi đúc. Đặc biệt chú ý bảo vệ dòng rót tránh tái oxy hóa.

– *Phôi vuông (tròn) cán ống thép không gỉ, yêu cầu:* 1– qui tắc về hình dạng hình học của phôi, 2– độ đặc chắc ở giữa cao, 3– thiên tích giữa nhẹ, 4– không khuyết tật bên trong (nứt, lỗ khí, tạp chất lớn...). Gần đây có kỹ thuật khuấy trộn điện từ bình kết tinh đã nâng cao rất nhiều chất lượng phôi cho cán ống không hàn.

– *Thép kết cấu cacbon và thép hợp kim:*

Thường cán thép tròn và phôi rèn, vật liệu cho công nghiệp chế tạo máy và ô tô. Do yêu cầu chất lượng cao nên đặc biệt chú ý từ khâu luyện đến khâu đúc. Thường nên đúc phôi có tiết diện lớn (240 x 240) để đảm bảo lượng cán, cải thiện chất lượng phôi đúc. Máy đúc cong có tỷ lệ bán kính cong với chiều dày phôi đúc ≥ 45 . Tốc độ kéo nhỏ hơn đúc thép cacbon thông dụng 20 ~ 30%, cường độ nguội lần hai giảm nhỏ, không chế nguội dần dần phôi đúc, kiểm tra chặt chẽ chất lượng phôi và xử lý khuyết tật của phôi.

– *Thép đường ray:*

Yêu cầu chất lượng thép đường ray là độ bền kéo cao, chống mài mòn tốt và không có khuyết tật bề mặt. Phôi đúc hình vuông có độ sạch lớn, thiên tích nhẹ, đặc biệt là không chế hàm lượng [H] càng thấp càng tốt.

– *Thép gỏi trục, ổ lăn:*

Cùng với các tiến bộ của kỹ thuật luyện kim, việc đúc liên tục phôi thép ổ lăn hoàn toàn có thể thực hiện được. Hiện nay đang dần dần từng bước cải tiến và hoàn thiện công nghệ đúc liên tục tạo phôi cho công nghệ sản xuất ổ lăn trục và ổ lăn bi.

Phụ lục

KIỂM TRA CƠ TÍNH CỦA THÉP

Cơ tính là một căn cứ chủ yếu của vật liệu để thiết kế cho các công trình, đồng thời cũng là một chỉ tiêu quan trọng đánh giá chất lượng của vật liệu kim loại. Cơ tính của thép bao gồm: độ bền, tính dẻo, tính dai, độ cứng, tính hóa già và rão... biểu thị khả năng chống lại ngoại lực của vật liệu trong các điều kiện sử dụng khác nhau.

I. CHỈ TIÊU VỀ ĐỘ BỀN CỦA THÉP

Độ bền là lực chống lại biến dạng dẻo và đứt của vật liệu. Biểu thị bằng ứng suất: $\sigma = \frac{P}{F}$

Trong đó:

σ – Ứng suất, N/mm²

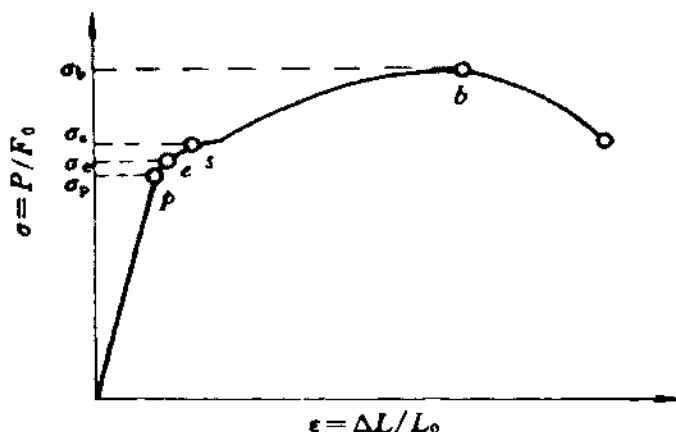
P– Ngoại lực, N

F– Tiết diện của vật liệu, mm²



Hình P - 1. Mẫu thử kéo.

Độ bền thường thử thông qua lực kéo, mẫu thử (hình P – 1) biến dạng dần cho đến đứt. Quan hệ giữa ứng suất và ứng biến được biểu diễn trong hình P – 2.



Hình P – 2. Quan hệ giữa ứng suất σ và ứng biến ϵ .

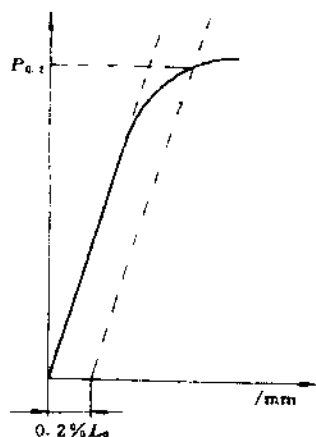
- 1) Giới hạn về tỷ lệ $\sigma_p = \frac{P_p}{F_0}$; biểu thị ứng suất lớn nhất mà ngoại lực và biến dạng tỷ lệ thuận với nhau.
- 2) Giới hạn đàn hồi $\sigma_e = \frac{P_e}{F_0}$; biểu thị ứng suất lớn nhất của ngoại lực tác dụng mà vật liệu vẫn sản sinh biến dạng đàn hồi.
- 3) Độ bền chảy $\sigma_s = \frac{P_s}{F_0}$; biểu thị ứng suất bé nhất lúc sản sinh chảy.

Trong đó:

P_s – Ngoại lực lúc chảy, N

F_0 – Tiết diện mẫu lúc ban đầu

Khi đo, lúc kim đồng hồ chỉ ngoại lực ngừng quay hoặc quay trở lại; đó chính là P_s . Sau đó vật liệu bắt đầu biến dạng dẻo một cách rõ rệt. Những loại thép có độ bền cao như thép cacbon cao, thép hợp kim,... thì không rõ giới hạn chảy (hình P-3) nên được qui định ứng suất lúc biến dạng dẻo tới 0,2% của L_0 là điều kiện của độ bền chảy.



Hình P – 3. Cách tìm điểm điều kiện của độ bền chảy.

Biểu thị bằng:

$$\sigma_{0.2} = \frac{P_{0.2}}{F_0}$$

Với: $\sigma_{0.2}$ – Độ bền chảy có điều kiện, N/mm²

$P_{0.2}$ – Ngoại lực mà biến dạng dẻo được 0,2% của L_0 , N

F_0 – Tiết diện ban đầu của mẫu, mm²

4) Độ bền đứt $\sigma_b = \frac{P_b}{F_0}$; biểu thị ứng suất lớn nhất mà vật liệu chịu

được không đứt (giới hạn của đứt).

Trong đó:

P_b – Ngoại lực lớn nhất mà mẫu chịu được, N

F_0 – Tiết diện ban đầu của mẫu, mm²

Khi đo, P_b đọc trực tiếp trên đồng hồ và sau đó thay vào công thức là tính được.

II. CHỈ TIÊU VỀ TÍNH DẪO CỦA THÉP

Biểu thị khả năng của vật liệu biến dạng mà không bị phá hủy. Sau khi thôi lực tác dụng mà vật liệu vẫn giữ nguyên hình dạng đó.

1) Độ giãn dài: $\delta = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100\%$

Trong đó:

L_1 – Chiều dài ban đầu của mẫu, mm

L – Chiều dài lúc kéo đứt của mẫu, mm

Chú ý: Chỉ tiêu tính dẻo chịu ảnh hưởng của độ dài khác nhau cho nên quy định mẫu ngắn $L_1 = 5d_1$, còn mẫu dài $L_1 = 10d_1$. Độ giãn dài δ của mẫu ngắn hơi lớn hơn của mẫu dài một chút. Do vậy biểu thị bằng δ_5 hay δ_{10} .

2) Độ co thắt: $\psi = \frac{F_0 - F}{F_0} \times 100\%$

Trong đó:

F_0 – Tiết diện ban đầu của mẫu thử, mm²

F – Tiết diện chỗ đứt của mẫu thử, mm²

Độ co thắt ψ cũng như độ giãn dài δ là biểu thị tính dẻo của vật liệu, nên mỗi loại vật liệu đều có chỉ tiêu quy định cụ thể.

III. TÍNH DAI CHỊU VA ĐẬP CỦA THÉP

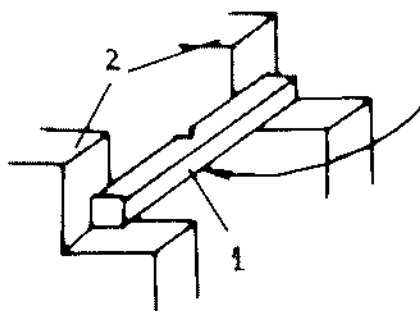
1) Độ dai va đập (N.m hoặc J): $A_K = G (h_1 - h_2)$

Trong đó:

G – Lực đập của búa, N

h_1 – Chiều cao nâng lên của búa, m

h_2 – Chiều cao của búa đập gãy mẫu, m



Hình P – 4. Lắp và thử mẫu.

1– Mẫu thử

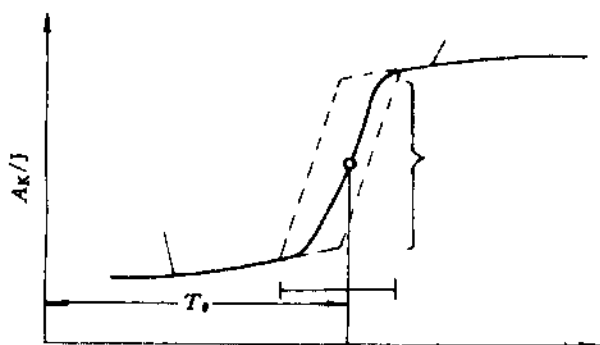
2– Giá đỡ mẫu thử

Lắp và thử độ dai va đập (hình P – 4). Độ dai va đập rất nhạy cảm với chất lượng luyện kim và tổ chức của mẫu thử. Ngoài biểu thị bản tính của thép ra còn đánh giá chất lượng của luyện cán và nhiệt luyện do có thể tạo ra những khuyết tật và tính ròn cho thép. Số trị A_K có thể đọc trực tiếp trên máy, trước đây thường biểu thị là a_K .

2) Nhiệt độ hóa giòn:

Thử va đập rất nhạy cảm với nhiệt độ. Qui định thử ở nhiệt độ phòng, phải duy trì ở $20 \pm 5^\circ\text{C}$, còn đưa mẫu nung đến một nhiệt độ nhất định giữ nhiệt 20 ~ 30 phút rồi thử va đập thì đó là thử va đập nhiệt độ cao. Nếu đặt mẫu vào một buồng lạnh có nhiệt độ $-15 \sim -195^\circ\text{C}$ rồi thử va đập thì gọi là thử va đập nhiệt độ thấp. Một số kim loại khi ở nhiệt độ thấp biến từ trạng thái dẻo sang trạng thái giòn, độ dai va đập hạ thấp một cách đột ngột, gọi là hiện tượng hóa giòn ở nhiệt độ thấp của vật liệu.

Đo được nhiệt độ chuyển hóa giòn, tính được điều kiện sử dụng vật liệu an toàn ở vùng nhiệt độ thấp (hình P – 5), là xác định nhiệt độ hóa giòn T_0 . Hình P – 5 cho thấy độ dai va đập chịu ảnh hưởng của nhiệt độ chia làm 3 phần: va đập ở nhiệt độ cao, va đập ở nhiệt độ thấp và có một đoạn trung gian đột biến mà nhiệt độ vùng này gọi là phạm vi nhiệt độ biến giòn. Đây cũng là một chỉ tiêu thường kiểm tra để đánh giá chất lượng thép.

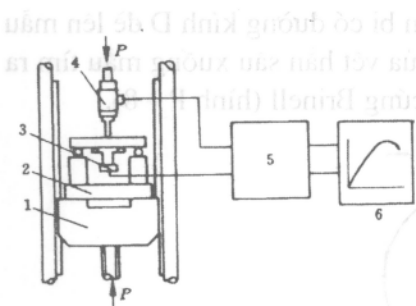


Hình P – 5. Quan hệ giữa công va đập và nhiệt độ thử của mẫu.

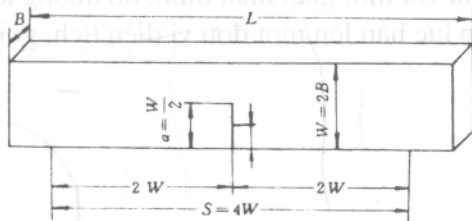
IV. TÍNH DAI CHỊU RẠN NỨT CỦA THÉP

Để biểu thị khả năng không bị rạn nứt của vật liệu khi chịu một ngoại lực tác dụng. Độ dai nứt và độ dai va đập không thể thay thế lẫn nhau. Độ dai nứt là giả định nội bộ của vật liệu không liên khối (có rạn nứt) bị phá hủy. Do

vậy thử độ dai nứt dùng phụ tải ở trạng thái tĩnh biểu thị K_{IC} (đơn vị là $N/m^{3/2}$). Độ dai nứt K_{IC} thường dùng phương pháp thử nghiệm uốn cong 3 điểm



Hình P – 6. Cơ cấu thử uốn cong 3 điểm.



Hình P – 7. Kích thước mẫu thử uốn cong 3 điểm.

1– Máy thử

4– Cảm biến ứng suất

2– Cơ cấu thử uốn cong 3 điểm 5– Phóng đại

3– Đầu thử

6– Màn ghi trên hệ trục tọa độ

Thiết bị (hình P – 6), hình dạng mẫu thử (hình P – 7). Kích thước mẫu thử dày $B = 100$ mm, dài $L = 100$ mm. Kích thước mẫu thử phải thỏa mãn các điều kiện sau:

– Để đảm bảo gần đầu nhọn của vết nứt nằm ở trạng thái bề mặt ứng biến, độ dày của mẫu thử $B \geq 2,5 \left(\frac{K_{IC}}{\sigma_{0,2}} \right)^2$.

Trong đó:

B – Độ dày của mẫu thử, mm

$\sigma_{0,2}$ – Độ bền chảy của vật liệu thử, N/mm^2

K_{IC} – Độ dai nứt của vật liệu thử, $N/mm^{3/2}$

– Để đảm bảo đầu nhọn vết nứt trong vùng dẻo nhỏ hơn chiều rộng ($w-a$) và chiều dài vết nứt ra còn phải thỏa mãn các công thức sau:

$$a \geq 2,5 \left(\frac{K_{IC}}{\sigma_{0,2}} \right)^2$$

$$w - a \geq 2,5 \left(\frac{K_{IC}}{\sigma_{0,2}} \right)^2$$

Trong đó:

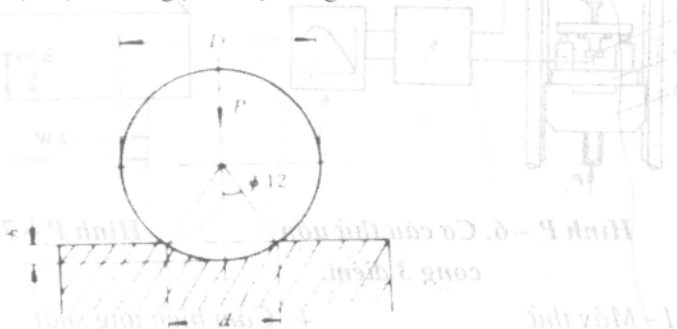
w – Chiều rộng mẫu thử, mm

a – Chiều dài vết nứt, mm

V. ĐỘ CỨNG

1) Độ cứng Brinell (HB hoặc HBN): đơn vị là N/mm^2 hoặc MPa.

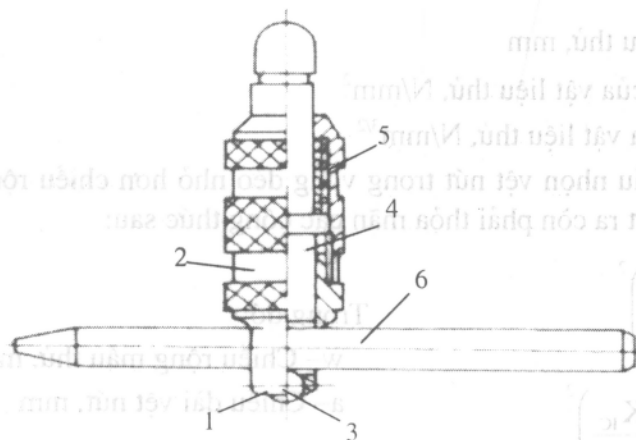
Dùng ngoại lực P tác dụng lên một hòn bi có đường kính D đè lên mẫu thử với thời gian nhất định, đo đường kính d của vết hằn sâu xuống mẫu tìm ra áp lực hằn lên một đơn vị diện tích, gọi là độ cứng Brinell (hình P – 8).



Hình P – 8. Nguyên lý thử độ cứng Brinell.

Đối với thép thường dùng viên bi cứng có $D = 10$ mm. Ngoại lực $P = 29,42$ kN, thời gian ép 10s. Nếu đo được số trị là 250 tức là độ cứng HB = 250. Nếu điểm thử khác thì phải ghi rõ, thí dụ: HB 5 9,807 30 100 là chỉ đường kính viên bi $D = 5$ mm, lực đè lên $P = 9,807$ kN, thời gian đè 30s, số trị độ cứng HB = 100.

Ở nhà máy công trường, khi kiểm tra độ cứng của sản phẩm rèn, vật đúc lớn để tránh lãng phí cắt mẫu dùng máy đo độ cứng xách tay kiểu kẹp trực tiếp (hình P – 9).



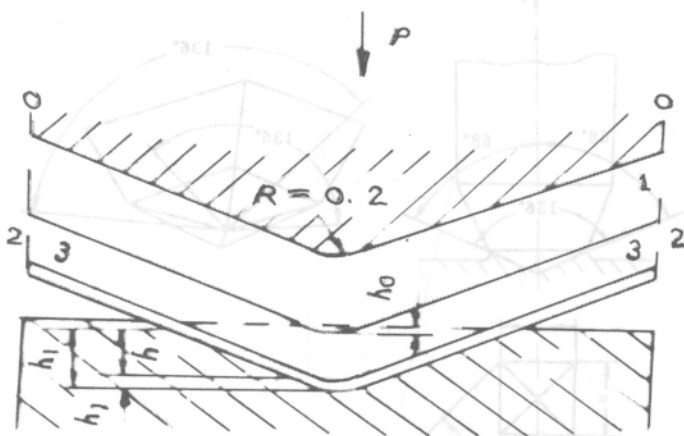
- 1- Mũi bi
- 2- Tay cầm
- 3- Bi thép
- 4- Thanh tỷ
- 5- Lò xo
- 6- Mẫu thử

Hình P – 9. Máy đo độ cứng HB xách tay kiểu kẹp trực tiếp.

2) Độ cứng Rockwell (HR): biểu thị chiều sâu của vết hằn.

Dùng mũi đâm hình chóp bằng kim cương góc đỉnh là 120° hoặc viên bi có đường kính 1,588 mm (1/16 in) làm đầu đâm, trước tiên đè một phụ tải phụ P_1 , sau đó đè tiếp một phụ tải chính P_2 và tổng phụ tải là P . Sau khi đâm thẳng góc lên bề mặt mẫu thử, tháo đi phụ tải chính P_2 và vẫn giữ phụ tải P_1 , đo độ sâu của vết hằn còn lại gây ra bởi phụ tải chính, đó là độ cứng (hình P-10).

Trên hình P-10 thấy 0-0 là vị trí chưa tiếp xúc của mũi đâm với mẫu thử, 1-1 là vị trí sau khi cho phụ tải P_1 ép lên mẫu thử một độ sâu h_0 , 2-2 là vị trí sau khi đè phụ tải chính P_2 ép lên mẫu thử thêm một độ sâu h_1 , 3-3 là vị trí sau khi bỏ phụ tải chính P_2 do tính đàn hồi của vật liệu làm cho mẫu thử trở lại một độ sâu h_2 , cuối cùng là vị trí độ sâu còn lại h . Đo độ cứng HR lấy độ sâu vết hằn làm cơ sở tính độ cứng cho nên kim loại càng cứng thì độ sâu vết hằn càng ít, kim loại càng mềm thì độ sâu vết hằn càng nhiều. Để giữ quan niệm số nhiều cho độ cứng cao, dùng một hằng số K trừ đi h và qui định cứ mỗi vết hằn sâu 0,002 mm làm 1 đơn vị độ cứng và ký hiệu là HR.



Hình P-10. Nguyên lý đo độ cứng HR.

$$\text{Độ cứng Rockwell: } HR = \frac{K - h}{C}$$

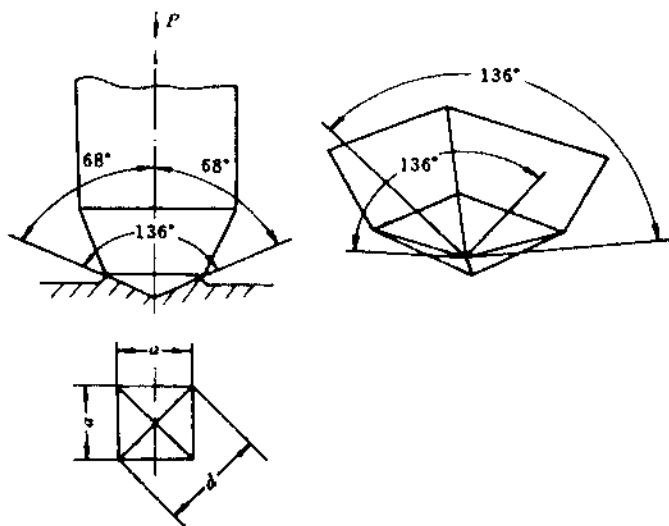
Số trị K thay đổi theo vật liệu của đầu đâm. Đầu đâm bằng kim cương $K = 0,2$ mm, đầu đâm bằng bi thép $K = 0,26$ mm và $C = 0,002$ mm. Dùng đầu đâm và tổng phụ tải khác nhau nên có 3 loại độ cứng: HRA, HRB và HRC như bảng phạm vi thử độ cứng Rockwell sau:

Phân loại	Loại đầu dâm	P_1 (N)	P (N)	Màu trên bảng	Phạm vi sử dụng
HRA	Chóp tròn 120° bằng kim cương	98,067	588,40	Màu đen	70 – 85
HRB	Bì thép đường kính 1,588 mm	98,067	980,67	màu đỏ	25 – 100
HRC	Chóp tròn 120° kim cương	98,067	1471,0	màu đen	20 – 67

Thao tác đo đơn giản, vết hàn nhỏ, có thể đo độ cứng của vật liệu mỏng. Nhưng cũng vì vết hàn nhỏ nên kết quả đo không mang tính đại diện, nhất là đối với vật liệu có tổ chức không đồng đều, độ phân tán của kết quả đo lớn.

3) Độ cứng Vickers và độ cứng ở nhiệt độ cao (Red hardness):

Nguyên lý như độ cứng Brinell. Thay đầu dâm bì thép bằng đầu kim cương chóp tứ diện như hình P – 11. Dưới tác dụng của phụ tải P , trên mẫu thử bị ép một vết hàn, lấy số trị bình quân độ dài d của 2 góc đối diện vết hàn, tính ra diện tích F , lấy số trị P/F biểu thị giá trị của độ cứng thường ký hiệu là HV.



Hình P – 11. Biểu thị vết hàn của đầu dâm độ cứng Vicken.

Góc kép giữa 2 mặt đối diện hình chóp tứ diện đều của mũi dâm là 136°, diện tích F có thể tính theo công thức sau:

$$F = \frac{d^2}{2 \sin 68} = \frac{d^2}{1.8544} \quad \text{tức là:} \quad HV = \frac{P}{F} = \frac{1.8544P}{d^2}$$

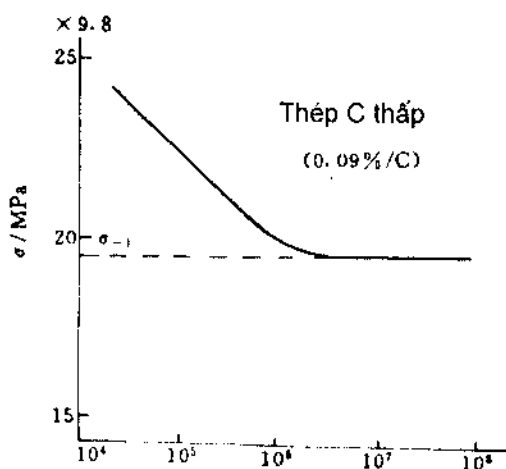
Số trị đo của độ cứng HV tương đối chính xác thường dùng trong nghiên cứu khoa học, nhưng thao tác khá phức tạp nên không thích hợp với sử dụng thông thường. Thử độ cứng ở nhiệt độ cao là trên máy chuyên dùng, thường dùng độ cứng Vicken để biểu thị. Độ cứng ở nhiệt độ cao thấp, phụ tải không cần lớn chỉ cần đảm bảo vết hàn rõ là được. Thay đổi nhiệt độ có thể thay đổi phụ tải và thời gian, để phụ tải ở nhiệt độ cao khoảng 30 ~ 60s, có lúc bị ảnh hưởng của rão nên kéo dài thời gian để phụ tải đến 1 ~ 5 giờ. Lúc này độ cứng đo được gọi là độ cứng vĩnh cửu.

4) Độ cứng Shore (HS):

Là lợi dụng trọng lượng của bi thép hoặc đầu tròn kim cương từ một độ cao nhất định rơi dâm lên mặt mẫu thử, căn cứ vào độ cao bật trở lại của viên bi để đo giá trị độ cứng của vật liệu cho nên còn có tên là độ cứng bật lại, biểu thị bằng HS.

Viên bi từ một độ cao nhất định rơi xuống bề mặt mẫu thử, bề mặt chịu va đập mà sản sinh ra đàn hồi hoặc biến dạng dẻo, biến dạng dẻo của vật liệu do càng nhỏ thì nhận năng lượng va đập cũng càng nhỏ nên độ cao của viên bi bật trở lại càng cao, từ đó đo được giá trị độ cứng cũng càng cao. Đo độ cứng HS phần lớn là đo sản phẩm tại hiện trường nhưng sai số tương đối lớn, nghiên cứu ít dùng.

VI. GIỚI HẠN MỎI – ĐỘ BỀN MỎI

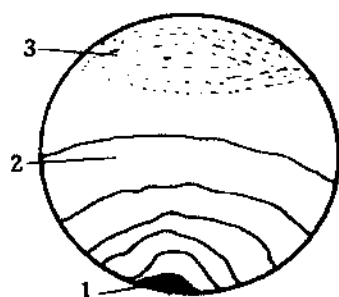


Hình P – 12. Đường cong $\sigma - N$.

Vật liệu làm việc dưới tác dụng của ứng suất thay đổi hoặc nhiệt độ thay đổi qua một thời gian nhất định mất đi khả năng làm việc và sản sinh ra hiện tượng hư hỏng, gọi đó là hiện tượng mỏi của vật liệu. Ứng suất thay đổi sinh ra mỏi gọi là mỏi cơ học. Để đo độ bền mỏi của vật liệu kim loại phải có máy thử mỏi.

Dưới tác dụng của các ứng suất thay đổi tiến hành quay cho đến khi mẫu bị nứt vỡ, thu được đường biểu diễn mối quan hệ giữa ứng suất thay đổi σ với số lần thay đổi ứng suất N (hình P - 12). Đây là đường cong “mỏi” hay đường cong $\sigma - N$. Giới hạn mỏi hay độ bền mỏi thường biểu thị σ_r . Trong thực tế, đối với thép số lần tuần hoàn theo qui định sẽ là $10^6 \sim 10^7$. Mặt cắt nứt do mỏi và mặt cắt nứt tức thời cũng như nguồn mỏi hợp thành (hình P - 13).

Dưới tác dụng của ứng suất thay đổi hoặc tuần hoàn, bề mặt của vật liệu hoặc mặt tiếp cận ngay lớp trong có một hoặc nhiều phần rất nhỏ vì biến dạng dẻo hoặc vì tồn tại khuyết tật dẫn đến nứt nhỏ. Cùng với số lần tuần hoàn tăng lên, các vết nứt nhỏ phát triển từng bước và cuối cùng chiếm hết mặt cắt. Khi chịu ứng suất tăng đột ngột dẫn đến nứt. Các chi tiết bằng thép trong quá trình sử dụng có khả năng chịu nhiệt độ thay đổi đột ngột mà ở trạng thái nứt lạnh hoặc nứt nóng, cũng có thể trong cùng một phần hay trong các phần của chi tiết tồn tại một sự chênh lệch nhiệt độ làm cho toàn khối nằm ở trạng thái không cân bằng. Cả hai trường hợp đó đều sinh ra ứng suất nhiệt. Ứng suất nhiệt lại thúc đẩy sự phá hoại và biến dạng, đó chính là mỏi nhiệt. Mỏi nhiệt tăng nhanh sự phá hoại của mỏi cơ.



Hình P - 13. Mặt cắt do mỏi.

1- Nguồn mỏi

2- Mặt nứt do mỏi

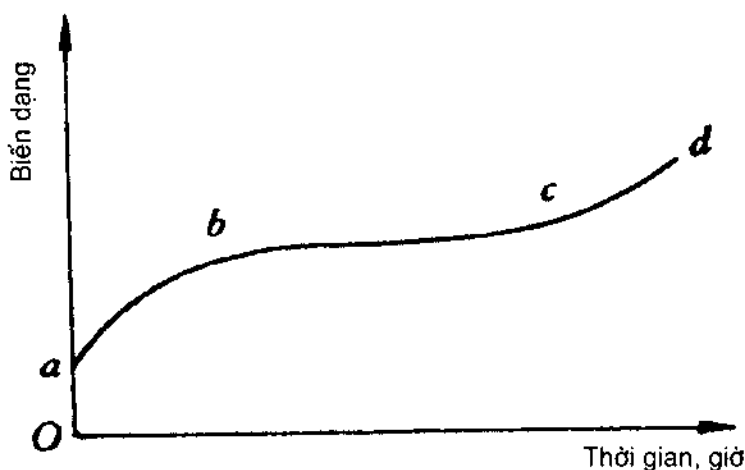
3- Mặt nứt tức thời

VII. RÃO

Dưới tác dụng của ngoại lực kéo dài sản sinh ra một cách liên tục chậm rãi hiện tượng biến dạng dẻo gọi là rão. Hình P – 14 biểu thị đường cong trong quá trình rão. Rão có thể chia làm 3 giai đoạn: giai đoạn 1 tương đương rão giảm tốc, bộ phận ab của đường cong lúc này là tốc độ rão giảm dần theo thời gian; giai đoạn 2 tương đương tốc độ rão không đổi, bộ phận bc của đường cong; giai đoạn 3 tương đương bộ phận cd, tốc độ rão tăng tốc.

Rão tiến hành cho đến khi nứt mẫu thử mới dừng. Đoạn Oa trong hình P – 14 biểu thị hiện tượng tăng rão nhất thời. Ở nhiệt độ cao, rão còn thể hiện rõ nét vật liệu chịu ứng suất nhỏ hơn giới hạn chảy, nhưng qua một thời gian cũng sinh ra biến dạng vĩnh cửu, phát triển và thậm chí đến đứt.

Cường độ rão là chỉ ở một nhiệt độ nhất định trong một thời gian nhất định dẫn đến ứng suất lớn nhất của lượng biến dạng chỉ định, đơn vị là N/mm^2 hoặc MPa, thường dùng $\sigma_{\epsilon^u, h}^{T^\circ\text{C}}$ để biểu thị. Trong đó T ($^\circ\text{C}$) là nhiệt độ thí nghiệm, h là số giờ tác dụng của ứng suất, $\epsilon\%$ là lượng biến dạng trong h giờ. Thí dụ, thép cacbon chứa $\%C = 0,15$ có $\sigma_{0,1\ 1000}^{540} = 39 \text{ N/mm}^2$ biểu thị ở nhiệt độ 540°C trong 1000 giờ sản sinh ra lượng biến dạng là 0,1% với ứng suất lớn nhất là 39 N/mm^2 .



Hình P – 14. Đường cong rão.

VIII. ĐỘ BỀN VĨNH CỬU

Là ứng suất lớn nhất dẫn đến phá hoại mẫu trong một nhiệt độ và thời gian qui định, đơn vị là N/mm^2 hoặc MPa, thường biểu thị $\sigma_h^{T/h}$. Trong đó, T ($^{\circ}\text{C}$) là nhiệt độ thí nghiệm, h là số giờ tác dụng của ứng suất. Phương pháp biểu thị độ bền vĩnh cửu phải bao gồm 2 phần: nhiệt độ và thời gian. Thí dụ, thép cacbon chứa $\%C = 0,15$ có $\sigma_{\text{vĩnh}}^{540} = 83 \text{ N/mm}^2$ biểu thị ở nhiệt độ 540°C , kéo dài 1000 giờ dưới lực tác dụng là 83 N/mm^2 .

Độ bền vĩnh cửu không chỉ phản ánh năng lực chống nứt vỡ của vật liệu, đồng thời cũng phản ánh chỉ tiêu tính dẻo lúc nứt dưới tác dụng phụ tải lâu dài như độ giãn dài và độ co thắt. Thử trên máy chuyên dùng, cũng có thể lợi dụng máy thử rão.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Ngô Trí Phúc**; *Giáo trình là thổi oxy, Phấn đúc thổi*; Khoa Đại học Tại chức, 1970.
2. **Ngô Trí Phúc**; *Quá trình và công nghệ thiết bị luyện kim, Phấn đúc thổi*; Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 1989.
3. **F. Schrewe**; *Continuous casting of steel fundamental principles and practice*; Dusseldorf Verlag Stahleisen mbH, 1989.
4. *1st Eur conf. on "Continuous casting"*, Vol. 2; Florence, 1991.
5. **J. Harris et al.**; *Proceedings international symposium on direct rolling and hot charging of strand cast billets*, Vol. 10; Oxford Pergamon Press, 1988.
6. **Trường Đại học Khoa học và Kỹ thuật Bắc kinh**; *Giáo trình Luyện thép, Phấn đúc thổi (bản tiếng Trung)*; Nhà Xuất bản Luyện kim Trung Quốc, 2000.
7. **Trường Đại học Khoa học và Kỹ thuật Vũ Hán**; *Giáo trình đúc phối thép liên tục (bản tiếng Trung, Trần Lôi chủ biên)*; Nhà Xuất bản Luyện kim Trung Quốc, 2004.
8. **Khiêu Chiêu Chí**; *Lý thuyết và Công nghệ luyện thép lò điện*; Nhà Xuất bản Luyện kim Trung Quốc, 2004.
9. **Trương Thừa Vũ (chủ biên)**; *Luyện thép học tập 2, Phấn đúc thổi (bản tiếng Trung)*; Nhà Xuất bản Luyện kim Trung Quốc, 2003.
10. *Một số tạp chí chuyên ngành về sản xuất phối thép của nước ngoài.*

THIẾT BỊ VÀ CÔNG NGHỆ ĐÚC PHÔI THÉP

NHÀ XUẤT BẢN BÁCH KHOA – HÀ NỘI

Số 1 – Đại Cồ Việt – Hà Nội

ĐT: 04. 8684569; Fax: 04. 8684570

Chịu trách nhiệm xuất bản:

Giám đốc: LÊ CỘNG HOÀ

Tổng biên tập: TỔNG ĐÌNH QUỲ

Biên tập: **VŨ THU THUY**

NGUYỄN THANH THUY

Chế bản và trình bày bìa: **TRẦN THỊ PHƯƠNG**

In 800 cuốn khổ 16x24cm tại Xưởng in Tin học & Đời sống. ĐT: 7567556

Giấy phép xuất bản số: 473-2006/CXB/01-52/BKHN, ký ngày 16/06/2006

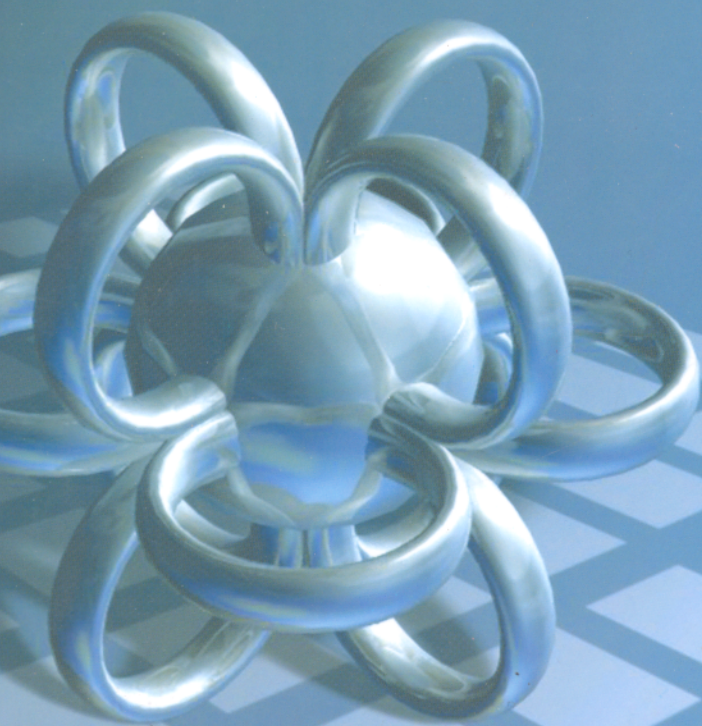
In xong và nộp lưu chiểu tháng 10/2006.

Bảng 2-2. Quy cách và các tham số kỹ thuật chủ yếu của thùng rớt (Trung Quốc).

Số TT	Ký hiệu	Lượng chứa thép (t)	Dung tích có ích (m ³)	Lượng chứa xỉ (t)	Trọng lượng phần kết cấu thép (t)	Trọng lượng áo (t)	Tổng trọng lượng (t)	Cự ly giữa 2 móc (mm)	Trọng lượng móc (kg)	Chiều cao (mm)	Đường kính ngoài (mm)	Tâm tai trục đến miệng thùng rớt (mm)	Đường kính tai trục (mm)
1	LG-310-1	310	46,3	7	40,33	36,264	393,6	5300	-	5720	4516	1800	670
2	LG-275-1	275	41,2	6,18	32,785	36	350,5	5000	-	5005	4280	1750	470
3	LG-205-1	205	30,2	3,18	27,955	30	266	4500	-	4665	3852	1580	430
4	LG-135-1	135	20,23	2,56	20,085	21,3	179,0	4150	-	3923	3450	1350	390
5	LG-105-1	105	16,09	3,53	14,287	13,4	136,27	3620	-	3725	3124	1350	305
6	LG-90-1	90	13,44	4,04	13,25	12,92	120,21	3620	-	3260	3115	1110	305
7	LG-60-1	60	9	2,1	7,82	8,88	78,8	3050	-	3075	2657	1040	230
8	LG-45-1	45	7,2	1,68	7,363	7,1	61,143	3050	-	2660	2485	950	230
9	LG-35-1	35	5,6	2,1	9,115	5,77	51,98	2740	3011	2600	2298	900	190
10	LG-25-1	25	4	1,5	8,274	4,489	39,263	2550	2982	2390	2110	850	165
11	LG-20-1	20	3,2	1,2	5,579	3,735	30,514	2350	1312	2150	1985	800	150
12	LG-15-1	15	2,4	0,9	3,839	3,184	22,923	2200	1237	1950	1855	750	150
13	LG-10-1	10	1,6	0,6	2,471	2,274	15,347	1920	715	1750	1629	675	120
14	LG-6-1	6	0,97	0,399	1,512	1,286	2,200	1670	285	1400	1408	700	100
15	LG-3-1	3	0,498	0,238	1,197	0,792	4,958	1344	160	1188	1132	570	85



SÁCH CHÀO MỪNG 50 NĂM
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
(15 - 10 - 1956 * 15 - 10 - 2006)



¥9872610

Giá: 37.000đ