TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
NGUYỄN CHUNG CẢNG

SỔ TAY
Nhiệt luyện
Tập I






NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

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

SỔ TAY
NHIỆT LUYỆN

TẬP I

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI

LỜI NÓI ĐẦU

*Để đáp ứng yêu cầu kỹ thuật ngày càng tăng và phù hợp với đường lối phát triển kinh tế của Đảng Cộng sản Việt Nam : "**Chiến lược đẩy mạnh công nghiệp hóa, hiện đại hóa theo định hướng xã hội chủ nghĩa, xây dựng nền tảng để đến năm 2020 nước ta cơ bản trở thành một nước công nghiệp**", chúng tôi cho xuất bản cuốn "Sổ tay nhiệt luyện" để kịp thời giúp ích cho sản xuất và nghiên cứu khoa học.*

Nội dung cuốn sách nêu lên thành phần, tổ chức, tính chất, công dụng của các loại thép, gang, hợp kim màu và các quy trình công nghệ nhiệt luyện đang được dùng rộng rãi ở các nước phát triển cũng như ở nước ta.

Cuốn sách này nhằm phục vụ công nhân, cán bộ kỹ thuật cơ khí, động lực và luyện kim, làm tài liệu tham khảo cho các sinh viêncác trường đại học và trung học chuyên nghiệp. Ngoài ra còn có ích cho cán bộ làm công tác bảo quản phân phối và sử dụng vật liệu.

Cuốn "Sổ tay nhiệt luyện" được biên soạn dựa trên các tài liệu tham khảo đã ghi ở cuối sách, đồng thời có thêm các số liệu thực tế ở các công ty cơ khí hiện nay ở nước ta.

Trong quá trình chuẩn bị bản thảo, chúng tôi đã nhận được sự giúp đỡ rất chân tình của các đồng nghiệp trong Bộ môn Vật liệu học, xử lý nhiệt và bề mặt, Khoa Khoa học và Công nghệ vật liệu, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội cũng như tại các cơ sở sản xuất.

Nhân dịp này chúng tôi xin chân thành cảm ơn.

Với dung lượng lớn (hơn 500 bảng số liệu và 400 biểu đồ) nên không thể tránh khỏi thiếu sót. Vì vậy chúng tôi thiết tha mong bạn đọc góp ý. Thư góp ý xin gửi về Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật 70 Trần Hưng Đạo, Hà Nội hoặc tác giả theo số điện thoại : 04.8636084.

Tác giả

MỤC LỤC

Trang

Lời nói đầu 3

PHẦN I. THIẾT BỊ VÀ MÔI TRƯỜNG NHIỆT LUYỆN

Chương 1. **Đặc điểm chung và các phân loại thiết bị nhiệt luyện** 7

1.1. Đặc điểm chung các lò nhiệt luyện 7
1.2. Phân loại lò nhiệt luyện 9
1.3. Các phương pháp tôi bề mặt 39
1.4. Tính toán dây đốt 60

Chương 2. **Môi trường bảo vệ** 73

2.1. Các phản ứng hóa học 73
2.2. Các phương pháp sản xuất khí bảo vệ . . . 87

Chương 3. **Các tính toán nhiệt, môi trường nung và làm nguội** 106

3.1. Tính toán nhiên liệu 106
3.2. Vật liệu chịu lửa 123
3.3. Tính toán nhiệt khi nung nóng 130
3.4. Môi trường nung và làm nguội 141

PHẦN II. CÔNG NGHỆ NHIỆT LUYỆN THÉP, GANG VÀ HỢP KIM MÀU

Chương 4. **Các đặc điểm cơ bản nhiệt luyện thép cacbon và hợp kim** 153

4.1. Giản đồ trạng thái sắt–cacbon Fe–C . . . 153
4.2. Các tổ chức không cân bằng của thép . . . 157
4.3. Độ thấm tôi của thép 176
4.4. Kiểm tra độ cứng 187

Chương 5. **Các phương pháp nhiệt luyện thông dụng** . 205

5.1. Nhiệt luyện thể tích và bề mặt 205
5.2. Các quá trình hóa nhiệt luyện 225

Chương 6. **Ký hiệu và phân loại thép cacbon và hợp kim** 272

6.1. Phân loại thép cacbon 272

6.2. Phân loại thép hợp kim 277

Chương 7. **Nhiệt luyện gang** 290

7.1. Đặc điểm chung của các loại gang 291
7.2. Công nghệ nhiệt luyện gang 300

Chương 8. **Nhiệt luyện hợp kim màu** 319

8.1. Thành phần và ký hiệu hợp kim màu 319
8.2. Nhiệt luyện hợp kim màu 331
- Danh mục các bảng 376
- Bảng tra cứu nội dung 388

TÀI LIỆU THAM KHẢO 392

PHẦN I

THIẾT BỊ VÀ MÔI TRƯỜNG NHIỆT LUYỆN

Chương 1. ĐẶC ĐIỂM CHUNG VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP PHÂN LOẠI THIẾT BỊ NHIỆT LUYỆN

1.1. ĐẶC ĐIỂM CHUNG CÁC LÒ NHIỆT LUYỆN

Thiết bị nung nóng trong các phân xưởng nhiệt luyện đóng vai trò quan trọng, nó có tác dụng quyết định đến chất lượng sản phẩm. Lò nhiệt luyện có nhiều loại, cấu tạo của chúng rất khác nhau, nhưng đều có những đặc điểm chung sau đây :

- Khoảng không làm việc của lò được cách biệt hoàn toàn với không khí.

- Nhiệt độ trong khoảng không làm việc của lò phải đồng nhất. Đối với lò liên tục nhiều vùng thì mỗi vùng đều có nhiệt độ xác định. Nhiệt độ ngoài vỏ lò thường từ 50 ÷ 60^{o}C.

- Chi tiết nung có thể dùng hoặc không dùng gá lắp với mục đích di chuyển dễ dàng trong khoảng không làm việc của lò.

- Chất dỡ chi tiết vào và ra lò dễ dàng.

- Các lò nhiệt luyện có quán tính nhiệt lớn, tức là khi muốn tăng hay giảm nhiệt độ không thể thực hiện ngay mà phải mất một thời gian. Do đó lò nhiệt luyện ít thích hợp với chế độ làm việc gián đoạn, có hệ số sử dụng nhiệt thấp.

- Những vật liệu chịu lửa và cách nhiệt để xây dựng lò phải có tuổi thọ dài. So với một số thiết bị nung nóng trong một số quá trình công nghệ khác, thì lò nhiệt luyện có quá trình nhiệt khá phức tạp, khống chế nhiệt độ trong lò cần độ chính xác cao. Nhiệt luyện các chi tiết thép và hợp kim, có hình dạng kích thước, số hiệu thép đa dạng, yêu cầu kỹ thuật khá khắt khe. Chính vì vậy lò nhiệt luyện có rất nhiều loại, nhiều kiểu dáng khác nhau, chế độ nhiệt khác nhau, phù hợp với yêu cầu công nghệ cho từng loại chi tiết.

Những yêu cầu chung đối với thiết bị nhiệt luyện là :

- Ở xưởng sản xuất đơn chiếc, loại nhỏ thì những lò nhiệt luyện phải dễ thay đổi chế độ làm việc, có nghĩa là trên cùng một thiết bị có thể thực hiện nhiều thao tác công

nghệ khác nhau (thí dụ : lò buồng có thể dùng để tôi, ủ, thường hóa, hoặc ram...). Ta thường gọi lò buồng là lò vạn năng.

- Kết cấu lò phải phù hợp với đặc tính kỹ thuật của nó, tức là những lò có nhiệt độ cao phải đảm bảo truyền nhiệt bức xạ tốt, lò có nhiệt độ thấp phải bảo đảm truyền nhiệt đối lưu tốt. Vật liệu chế tạo lò phải đảm bảo độ bền và dễ thay thế khi cần sửa chữa.

- Khi sản xuất lớn, lò nhiệt luyện phải dễ dàng đặt vào dây chuyền sản xuất. Trong các nhà máy cơ khí chế tạo lớn, thiết bị nhiệt luyện thường được cơ khí hóa và tự động hóa ở mức cao.

1.1.1. SƠ LƯỢC VÀI NÉT VỀ TRANG THIẾT BỊ TRONG XƯỞNG NHIỆT LUYỆN

Trang thiết bị của các phân xưởng nhiệt luyện có đặc trưng riêng của nó, nó phụ thuộc vào tính chất sản xuất, hình dạng, kích thước, vật liệu của chi tiết gia công. Đối với những xưởng hoặc khu vực nhiệt luyện để ủ vật đúc, vật rèn, thì ở những phân xưởng này thường sử dụng lò buồng, lò có đáy đưa ra đưa vào vì thao tác công nghệ ở đây đơn giản. Ở những xưởng nhiệt luyện dụng cụ, khuôn dập lại thường dùng nhiều lò muối, vì thao tác nhiệt luyện ở xưởng này đòi hỏi phức tạp hơn v.v.

Khi sản xuất đơn chiếc, loại nhỏ thì nên chọn các thiết bị vạn năng. Đối với những xưởng sản xuất hàng loạt, người ta thường dùng các thiết bị nhiệt luyện có chế độ làm việc liên tục, hoặc dãy liên hợp để nhiệt luyện khối lượng lớn. Các chi tiết đã được tiêu chuẩn hóa về hình dáng, kích thước vật liệu chế tạo, và thực hiện theo qui trình nhiệt chuẩn xác. Vì thế cần tạo thiết bị nhiệt luyện cũng cần được tiêu chuẩn hóa cho từng loại (hàng loạt) chi tiết khác nhau. Khi thiết bị và qui trình đã chuẩn hóa thì việc tự động hóa và cơ khí hóa rất dễ dàng và dẫn đến năng suất cao, chất lượng sản phẩm tốt và giá thành hạ.

Trang thiết bị trong xưởng nhiệt luyện có thể chia ra làm hai nhóm : thiết bị chính và phụ.

Thiết bị chính là thiết bị nung nóng để thực hiện các thao tác công nghệ ủ, thường hóa, tôi, ram...

Thiết bị phụ là thiết bị hỗ trợ thiết bị chính, để làm hoàn thiện chất lượng sản phẩm. Ví dụ như thiết bị nắn, làm sạch, vận chuyển, kiểm tra (nhiệt độ, độ cứng, kiểm tra khuyết tật, lớp thấm...).

1.1.2. PHÂN LOẠI THIẾT BỊ NHIỆT LUYỆN

a) Thiết bị chính gồm có : các loại lò nung thể tích như : lò không cơ khí hóa làm việc chu kỳ (lò buồng, lò giếng, lò muối). Lò cơ khí hóa làm việc chu kỳ (lò buồng đáy di động, lò côngpắc có chụp), lò cơ khí hóa làm việc liên tục (lò trống quay, lò đáy rung, lò đáy bước, lò đẩy, lò băng tải, dãy liên hợp v.v.).

Các thiết bị nung bề mặt như lò tần số cao, thiết bị tôi ngọn lửa, nung nóng trong chất điện phân, nung nóng tiếp xúc, nung nóng điện trở.

Thiết bị làm nguội như máy tôi, bể tôi, thiết bị gia công lạnh.

b) Thiết bị phụ gồm có thiết bị nắn, thiết bị làm sạch (hệ thống bể tẩy rửa, máy rửa, máy phun cát khô, cát nước, phun bi), thiết bị điều chế môi trường bảo vệ, các phương tiện vận chuyển cơ khí hóa (palăng, cầu trục, hệ thống năng, băng chuyền, cơ cấu đẩy v.v.), hệ thống làm nguội dầu.

1.2. PHÂN LOẠI LÒ NHIỆT LUYỆN

Phân loại lò nhiệt luyện theo nguồn năng lượng nhiệt và theo các phương pháp sử dụng chúng.

Bảng 1.1

Dạng năng lượng	Phương pháp sử dụng
Năng lượng điện (lò điện)	Dây đốt bằng kim loại, dây đốt bằng thanh cacborum, điện cực
Nhiên liệu khí (lò đốt nóng bằng khí)	Đốt có ngọn lửa Đốt bề mặt không có ngọn lửa Đốt ngọn lửa nhỏ Đốt trong các ống bức xạ Đốt ngoài không khí Đốt bằng cách gián tiếp
Nhiên liệu lỏng (lò đốt nóng bằng nhiên liệu lỏng)	Vòi phun áp lực cao Vòi phun áp lực thấp
Nhiên liệu rắn (lò đốt nóng bằng nhiên liệu rắn)	Có buồng đốt trực tiếp hoặc gián tiếp Buồng đốt : ghi phẳng, ghi nghiêng ; buồng đốt bên cạnh hoặc chính diện ; buồng đốt bán khí. Buồng đốt than bụi

Bảng 1.2. **Phân loại lò nhiệt luyện theo đặc điểm cấu trúc và phương pháp cơ khí hóa**

Kiểu lò	Đặc điểm cấu trúc	Các phương pháp cơ khí hóa
Lò làm việc chu kỳ	Lò đáy bằng cố định	Xe chất đẩy tay, cần đẩy tay, gá trên cần trục, cần trục thanh, đòn ray, máy chất dỡ
	Lò giếng	Cần trục, cần trục thanh, đòn ray, bộ phận nhấc bằng tay, điện hay khí nén
	Lò muối	Cần trục, cần trục thanh, đòn ray, bộ phận nhấc bằng tay, điện hay khí nén

Tiếp bảng 1.2

Kiểu lò	Đặc điểm cấu trúc	Các phương pháp cơ khí hóa
Lò làm việc chu kỳ	Lò đáy đưa ra đưa vào	Cần trục thanh đối với đáy dùng tời, cần đẩy, hộp giảm tốc bánh và thanh răng, cần trục
	Lò đáy nhấc lên	Bộ phận nâng chạy bằng khí hay thủy lực. Đối với đáy : cần đẩy, hộp giảm tốc thanh răng
	Lò chụp (côn pắc) đáy cố định	Cần trục
	Lò chụp đáy di động	Bộ phận nhấc đặc biệt cho buồng nung nóng, đối với đáy : tời, cần đẩy, hộp giảm tốc, thanh răng
	Lò có buồng nung di động	Để di chuyển buồng nung có thể dùng cơ cấu đẩy tay hoặc cơ cấu chạy bằng điện
Lò làm việc liên tục	Lò kéo ngang hoặc đứng (để nhiệt luyện dây, băng nhỏ)	Các cơ cấu cuốn và mở dây
	Lò đáy nghiêng	Cơ cấu đẩy (dọc) bộ phận nhấc...
	Lò đẩy	Băng tải tấm, lưới băng, xích và treo. Tải trọng băng tải 200−350 kG/m^2 hay trên móc của băng truyền kéo 15−25 kG
	Lò đáy trục quay	Đẩy chi tiết chất trong các hộp bằng cần đẩy, trục quay do các cơ cấu riêng
	Lò buồng quay	Quay lò nhờ động cơ điện truyền qua hộp giảm tốc và dây xích
	Lò đáy rung	Cơ cấu lệch tâm hoặc cơ cấu đòn bẩy theo chu kỳ rung đáy lò
	Lò đáy "bước"	Cơ cấu lệch tâm để nâng hoặc hạ khung sắt
	Lò có đáy hoặc đỉnh quay	Cơ cấu quay liên tục bằng điện hoặc cơ cấu quay chu kỳ bằng khí nén hay thủy lực, cơ cấu quay tay
	Lò muối cơ khí hóa	Cơ cấu trục vít, hoặc cơ cấu có lò xo xoắn, băng tải. Nồi có bộ phận nhấc lên.

Bảng 1.3. **Phân loại lò nhiệt luyện theo đặc điểm thể tích làm việc và dùng môi trường ngoài**

Kiểu lò dùng môi trường ngoài	Đặc điểm thể tích làm việc
Lò có môi trường làm việc là không khí hoặc sản phẩm cháy*	Buồng đốt phía trên Buồng đốt phía dưới Buồng đốt bên sườn lò Buồng đốt ngoài có không khí lưu thông Chụp
Lò có môi trường làm việc là khi nhân tạo điều chế ngay ở trong lò	Lò múp dung chân không Chụp Có màn chắn bằng khí cháy
Lò có môi trường bảo vệ điều chế ở ngoài lò	Chụp Không chụp
Môi trường lỏng : bể dầu lò chì lò muối	 Nồi Nồi Không hoặc có nồi

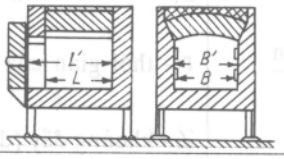
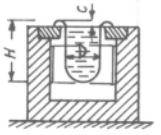
* Lò phản xạ có hệ thống dẫn sản phẩm cháy vào ống khói qua các kênh vào hệ thống quạt và trực tiếp vào hệ thống sấy nóng trong xưởng.

1.2.1. PHÂN LOẠI LÒ THEO CÔNG DỤNG

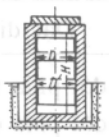
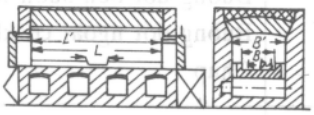
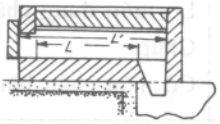
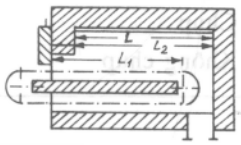
Theo công dụng các lò phân ra : lò ủ, lò thường hóa, lò ôi, lò ram, lò thấm cacbon, lò thấm nitơ hay lò thấm cacbon nitơ.

Các thông số kỹ thuật và đặc tính sử dụng của lò

Bảng 1.4. **Kích thước khoảng không làm việc của lò thường dùng**

Kiểu lò	Sơ đồ lò	Kích thước, m
Lò làm việc chu kỳ		Diện tích đáy lò, F, m^2 F = L.B B = B' - 2C C = 0,08 - 0,1
Lò muối		Thể tích buồng làm việc V, m^3 $V = \frac{\pi D^2}{4}(H - C)$ C = 0,05 - 0,07

Tiếp bảng 1.4

Kiểu lò	Sơ đồ lò	Kích thước, m
Lò giếng		$V = \frac{\pi D^2}{4} H$ $D = D' - 2C$ $C = 0,1 - 0,15$
Lò làm việc liên tục		$F = L . B$ Kích thước tấm đáy l x b Số lượng tấm đáy $m = \frac{L + C}{l}$ $C = 0,10 - 0,15$
Lò đẩy		
Lò băng tải		$F = L_1 . b$ $F' = L_2 . b$ (băng tải suốt) b - chiều rộng băng tải

Kích thước khoảng không làm việc của lò đưa ra ở bảng trên với quy ước chính là cơ sở để xác định năng suất riêng của lò

$$P_F = \frac{P}{F} \text{ kg} . \text{m}^2 . \text{h} \; ; \; P_v = \frac{P}{V} \text{ kg} . \text{m}^3 . \text{h}$$

Bảng 1.5. **Tính năng suất và số lượng lò**

Chỉ tiêu	Công thức để tính	Ký hiệu và đơn vị đo các đại lượng
Năng suất kể cả gá lắp, kg.h	$P_\sigma = \frac{m(gn + g_1)}{\tau}$ $= \frac{60(gn + g_1)}{Z}$	m - số lượng gá lắp trong khoảng không làm việc của lò n - số lượng chi tiết đặt trong 1 gá lắp g - trọng lượng 1 chi tiết, kg g_1 - trọng lượng gá lắp, kg
Năng suất lò không kể gá lắp kg.h	$P_{ns} = \frac{mgn}{\tau} = \frac{60\,gn}{Z}$	τ - thời gian của quá trình, h Z - khoảng đẩy (đối với lò đẩy và lò đáy rung)
Năng suất lò không kể gá lắp tính bằng chiếc/h	$P = \frac{m . n}{\tau} = \frac{60\,n}{Z}$	$Z + \frac{60\,\tau}{m}$, ph

Tiếp bảng 1.5

Chỉ tiêu	Công thức để tính	Ký hiệu và đơn vị đo các đại lượng
Năng suất riêng của lò kg/m^2. h	$P_{F} = \frac{P_{\sigma}}{F}$	F - diện tích đáy lò, m^2
Năng suất riêng của lò, kg/m^3.h	$P_{V} = \frac{P_{\sigma}}{V}$	V - thể tích khoảng không làm việc, m^3
Năng suất lò băng tải và các máy khác kg.h	$P = 60\, q\omega = \frac{qL}{\tau}$	L - chiều dài làm việc của băng tải, m q - trọng lượng chi tiết chất lên 1 m chiều dài băng tải, kg/m ω - tốc độ chuyển động của băng tải, m/ph
Năng suất riêng của lò băng tải kg/m^2.h	$P_{V} = \frac{P_{ns}}{F_1}$	F_1 - diện tích làm việc của băng tải, m^2
Năng suất lò kéo (để nhiệt luyện dây và băng)	$P_{ns} = 60\, n_1 g_2 \omega = \frac{n_1 g_2 L}{\tau}$	n_1 - số cuộn dây (băng) kéo đồng thời qua lò g_2 - trọng lượng 1 m chiều dài của dây (băng), kg
Số lò cần theo lý thuyết	$n_{lt} = \frac{S_x}{P_{ns}} : T(1 - \tau_{ph})$	S_x - chương trình sản xuất của xưởng tính cho một quá trình (chương trình tháng hoặc năm) T - cơ số thời gian làm việc của thiết bị (tháng hay năm), h τ_{ph} - thời gian để làm các thao tác phụ
Số lò cần thực tế	$n_{tt} = \frac{n_{lt}}{k}$	k - hệ số chất thiết bị k = 0,8 - 0,9 đối với các thiết bị vạn năng, k có thể có giá trị bất kỳ

Bảng 1.6. **Thời gian phụ để thay đổi chế độ làm việc của lò**

Thao tác	Thời gian của quá trình τ.h	Phần thời gian phụ thuộc vào lần thay đổi chế độ làm việc và số chu kỳ trong 1 ngày 1 đêm $\tau_{ph} = \frac{\tau^{*}_{nc}}{24}$				
		Số lượng chu kỳ n_c				
		1	2	3	4	5
Nung nóng trong lò làm việc liên tục	12	0,5	-	-	-	-

Tiếp bảng 1.6

Thao tác	Thời gian của quá trình τ.h	Phần thời gian phụ thuộc vào lần thay đổi chế độ làm việc và số chu kỳ trong 1 ngày 1 đêm $\tau_{ph} = \frac{\tau n_c^*}{24}$				
		Số lượng chu kỳ n_c				
		1	2	3	4	5
Nung nóng trong lò làm việc liên tục cũng như nung nóng trong lò buồng và lò muối khi làm việc theo dây chuyền	8	0,36	0,66	-	-	-
	4	0,16	0,32	0,48	0,64	-
	2	0,08	0,16	0,24	0,32	0,40
	1	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20
Nung nóng trong lò có đáy đưa ra đưa vào	12	0,25	-	-	-	-
	8	0,16	0,32	-	-	-
	6	0,12	0,24	0,36	-	-
Nung nóng trong lò buồng từng mẻ một	τ_{ph} = 0,1 - 0,2					

* Khi tính cho bất cứ thời gian làm việc nào của thiết bị T (tháng, ca) $\tau_{ph} = \frac{\tau n_c}{T}$

Bảng 1.7. **Công suất riêng không kể trọng lượng gá lắp tính bằng kg/m^2. h của lò đối với các quá trình nhiệt luyện khác nhau (gần đúng)**

Kiểu lò	Các quá trình nhiệt luyện						
	Ủ khi $\tau \leq$ 6h	Thường hóa	Tôi	Ram cao và thấp	Thấm cacbon		Thấm xianua thể khí
					Thể khí	Thể rắn	
Lò làm việc chu kỳ có đáy ngang (lò buồng)	40-60	120-160	120-160	100-140	-	8-12	-
Lò đáy đưa ra đưa vào	35-50	60-80	60-80	60-80	-	8-12	-
Lò làm việc liên tục :							
lò đẩy	50-70	150-200	150-200	140-180	40-50	15-18	8-100
lò băng tải	-	180-220	180-220	150-200	-	-	-
lò đáy quay cỡ nhỏ	-	180-200	180-200	150-180	-	15-18	-
lò đáy trục quay để ủ gang dẻo	4-100	180-220	180-220	150-200	-	-	-

Bảng 1.8. **Đặc tính nhiệt của lò nhiệt luyện (hệ số có lợi)**
(Tính năng suất của cả gá lắp)

Quá trình nhiệt luyện	Kiểu lò	Hệ số có lợi, %	
		Lò điện	Lò lửa
Ủ (thời gian) τ = 4 - 6h	Lò buồng làm việc theo chu kỳ	50-70	10-12
	Lò giếng làm việc chu kỳ	55-70	11-13
	Lò có đáy đưa ra đưa vào	45-60	8-12
	Lò làm việc liên tục	60-75	12-15
Ủ các băng hoặc thanh thép sau khi cán nguội	Lò đáy đưa ra đưa vào	45-55	6-9
	Lò chụp	60-75	16-22
Thường hóa và tôi	Lò buồng chu kỳ	65-75	15-20
	Lò giếng chu kỳ	65-75	15-22
	Lò đẩy liên tục	70-80	18-25
	Lò băng tải liên tục	70-80	18-25
	Lò đáy quay liên tục	70-80	18-25
Thấm nitơ	Lò giếng chu kỳ	40-45	-
	Lò giếng có chụp di động	40-45	-
Tôi và thấm xianua	Lò muối	60-70	6-8
Thấm cacbon thể rắn	Lò buồng chu kỳ	60-75	12-15
	Lò liên tục	65-80	15-22
	Lò quay	65-75	15-20
Thấm cacbon thể khí	Lò giếng chu kỳ và lò chụp liên tục	66-75	18-25
	Lò liên tục không chụp		20-25

Bảng 1.9. **Tính toán nhiệt của lò**

Thông số	Công thức để tính	Ký hiệu và đơn vị đo
A - Lò lửa		
Phương trình chung về cân bằng nhiệt	$BQ_H = \frac{Q_{cl} + 0{,}05Q}{\eta_{nl}}$	Q_H - nhiệt phát của nhiên liệu kcal/kg ; kcal/m^3 ;
Nhiệt để nung nóng kim loại (nhiệt có lợi)	$Q_{cl} = \frac{1}{a} P_{ns} C(t_{max} - t_{min})$ $= \frac{m(g_n + g_1)}{n} (t_{max} - t_{min})$	$a = \frac{P_{ns}}{P_{\sigma}} = 1{,}0 - 0{,}5$; P_{ns}, P_{σ} năng suất lò (không kể gá lắp và có kể gá lắp), kg/h ; m (g_n + g_1) - sức chứa của lò, kg ;

Tiếp bảng 1.9

Thông số	Công thức để tính	Ký hiệu và đơn vị đo
Mất mát nhiệt ra ngoài	$Q' = Q_{tg} + Q_{bx} + Q_{tích} + \ldots$	m - số gá lắp có trong lò ; g và g_1 - trọng lượng chi tiết và trọng lượng gá lắp, kg ; n - số lượng chi tiết trong ruột gá lắp ; τ_n - thời gian nung nóng, h ; t_1 và T_1 - nhiệt độ lò ^oC, ^oK ;
Mất nhiệt qua tường lò	$Q_{tg} = \dfrac{t_1 - 20}{R} F\ (h.1)$	
Mất nhiệt do bức xạ qua cửa	$Q_{bx} = 4{,}0\,\varphi \left[\left(\dfrac{T_1}{100} \right)^4 - 75 \right] F . \tau$	
Nhiệt tích của tường, băng tải hay đáy di động của lò	$Q_{tích} = G\,(i_{kc} - i_{kđ})$	$F = \sqrt{F_{ng} . F_{tr}}$ - bề mặt tường lò, m^2 ; F_{tr}, F_{ng} - diện tích phía trong và phía ngoài tường lò, m^2 ;
Hệ số sử dụng nhiên liệu	$\eta_{nl} = 1 - \dfrac{i}{i_o}$, khi $\alpha = 1$ $\eta_{nl} = 1 - \dfrac{i + n i_{kk}}{i_o}$ khi $\alpha > 1$ $\eta_{nl} = 1 - \dfrac{i + n i_{kk}}{i_o}(1 - r)$; Khi $\alpha > 1$ và không khí nung trước	$R = \dfrac{1}{\alpha_1} + \sum \dfrac{\delta}{\lambda} + \dfrac{1}{\alpha_2}$, $\dfrac{m^2 . h . {}^oC}{kcal}$ $\dfrac{1}{\alpha_1} \approx 0{,}01 - 0{,}05$; $\dfrac{1}{\alpha_1} \approx 0{,}12 - 0{,}08$ α_1 và α_2 hệ số cho nhiệt ;
Tổn hao nhiên liệu Hệ số sử dụng có lợi của lò Tổn hao nhiên liệu	$B = \dfrac{Q_{cl} + 1{,}05Q}{Q_H \eta_{nl}}$ $\eta = \dfrac{Q_{cl}\,100}{BQ_H}$ $b = \dfrac{B}{P_{ns}} = \dfrac{105\ ct\left(\dfrac{1}{a\eta} - \dfrac{\tau_{ph}}{\eta}\right)}{Q_H (t - \tau_{ph})}$	$\sum \dfrac{\delta}{\lambda} \approx 2{,}5 + 0{,}8$ δ - chiều dày tường lò, m ; λ - hệ số dẫn nhiệt $\dfrac{kcal}{m . h . {}^oC}$; φ = 0,55-0,65 là hệ số màng ngăn
B - Lò điện		
Phương trình cân bằng nhiệt	$Q = Q_{cl} + 1{,}05Q'^*$	i_{kc}, $i_{kđ}$ - nhiệt tích của tường hay kim loại khi bắt đầu và khi kết thúc nung ; i, i_{kk} - nhiệt tích của sản phẩm cháy và không khí lúc ra khỏi lò, $kcal/m^3$
Hệ số sử dụng có lợi của lò	$\eta = \dfrac{Q_{cl} . 100}{Q}$	

Tiếp bảng 1.9

Thông số	Công thức để tính	Ký hiệu và đơn vị đo
Tổn hao năng lượng điện	$W = 1{,}16 \cdot 10^{-3}\left(\frac{1}{a} P_{ns} \Delta t + \right.$ $\left. + 1{,}05\, Q_{tr}\right) = 1{,}16 \cdot 10^{-3}$ $\left[\frac{!}{a} m(ng + g_1)\, \Delta t_{kl} + 1{,}05Q'\right] : \tau$	$i_o = \frac{Q_{11}}{V_{sc}}$ ct_k là nhiệt tích ban đầu của sản phẩm cháy, kcal/m^3 ; V_{sc} - thể tích sản phẩm cháy, m^3 ; i_{kk} - αlct - nhiệt tích của không khí nóng kcal/m^3 ; n - độ dư không khí ; $\alpha = 1 + n$ - hệ số dư không khí ; $l = \frac{V_{kk}}{V_{sc}}$ - số lượng không khí cần để có 1 m^3 sản phẩm cháy m^3/m^3 ; $r = \frac{i_{kk} l(1 + n)}{i\,(1 + nl)}$ - mức độ phát sinh của nhiệt ; Q'_{cl} - số lượng nhiên liệu cần để nung nóng kim loại (kể cả gá lắp), kcal τ_{ph} - thời gian phụ dùng để thay đổi quá trình (phần thời gian chung) xem bảng 1.6.
Tổn hao năng lượng điện riêng	$\tau = \frac{1{,}16 \cdot 10^{-3} \cdot 110ct\left(\frac{1}{a\eta} - \frac{\tau_{ph}}{\eta}\right)}{1 - \tau_{ph}}$	
Công suất lò	$N_{dd} = (1{,}25 \div 1{,}40)\ W$	

Ghi chú : Tính toán nhiệt và đặc biệt là so sánh các chỉ tiêu làm việc của lò có cấu trúc khác nhau cần phải tiến hành khi năng suất riêng thay đổi P_F, kg/m^2.h. Khi hệ số sử dụng nhiên liệu cố định (η_{n1} = const, khi i = const) thì tổn hao nhiên liệu tỉ lệ thuận với năng suất ; hệ số có lợi tăng, tổn hao nhiên liệu đơn vị giảm cùng với tăng năng suất.

Khi tăng năng suất của lò bằng cách tăng nhiệt độ của sản phẩm cháy (tăng i) thì tổn hao nhiên liệu chung và riêng đều tăng, nhưng hệ số có lợi giảm.

* Tính Q' tương tự như đối với lò tủa.

1.2.2. ĐẶC TÍNH KỸ THUẬT VÀ SỬ DỤNG CỦA LÒ

Hầu hết các lò nhiệt luyện ở nước ta đều nhập từ Cộng hoà Liên bang Nga. Do đó để tham khảo chúng tôi đưa ra các lò thường dùng ở các Nhà máy hiện nay.

Bảng 1.10. **Lò buồng điện trở**

Kiểu lò***	Ký hiệu cũ	Công suất kW**	Số pha	Kích thước khoảng không làm việc của lò, mm			Năng suất lớn nhất kg/h	Nhiệt độ làm việc, ^oC
				Chiều rộng đường kính	Chiều dài	Chiều cao		
CH3 3,2.6,9.3,0/9,5	H-15	15,5	1/3	320	690	300	50	950
CH3 4,5.9,0.4,0/9,5	H-30	30,9	1/3	450	900	400	125	950
CH3 6,1.13,1.5,0/9,5	H-45	45/11	3	610	1310	500	200	950

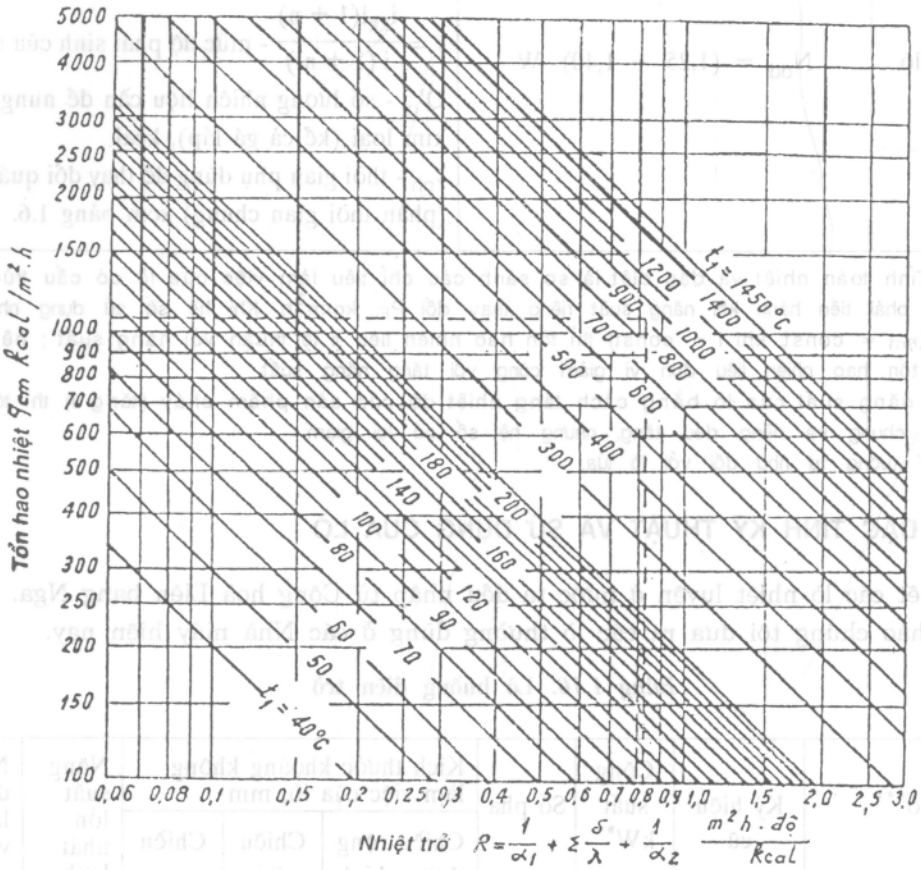
Tiếp bảng 1.10

CH3 7,5.15,0.5,5/9,5	H-60	60/14	3	750	1500	550	275	950
CH3 9,1.18,2.6,5/8,5	H-75	75	3	910	1820	650	350	850
	НШ-100 B*	100/24	3	910	1825	615	300	850

* Để nung nóng các khuôn dập

** Ở mẫu số chỉ công suất của lò khi chạy không tải

*** Một số ký hiệu mới dựa trên ký hiệu cũ thêm chữ C trước chữ H để chỉ điện trở và thêm chữ 3 sau H để chỉ công nghệ tôi, còn các số sau chỉ kích thước buồng làm việc. Ví dụ : lò H3O có thể viết CH3 4,5.9,0.4,0/9,5. Mẫu số chỉ nhiệt độ x 100°C.



Hình 1.1. Biểu đồ để xác định lượng nhiệt mất qua tường tùy thuộc nhiệt độ mặt ngoài tường lò.

Bảng 1.11. **Lò buồng điện trở có môi trường bảo vệ**

STT	Kiểu lò*	Công suất, kW	Công suất không tải, kW	Thời gian nung lò đến nhiệt độ làm việc, h	Năng suất lò kg/h	Kích thước khoảng không làm việc, m			Kích thước ngoài, m			Trọng lượng, t
						Chiều rộng	Chiều dài	Chiều cao	Chiều rộng	Chiều dài	Chiều cao	
1	H20x40	8	3,2	2,0	15	0,2	0,40	0,14	0,71	1,10	0,66	0,29
2	H25x50	12	3,5	1,8	30	0,25	0,50	0,17	0,82	1,24	0,76	0,40
3	H30x65	18	4,5	1,5	50	0,30	0,65	0,20	0,87	1,40	0,79	0,50
4	H30x45	12	4,0	1,8	25-30	0,30	0,45	0,20	0,87	1,20	0,79	0,40
5	H40x80A	30	5,0	1,6	85	0,40	0,80	0,26	1,55	1,86	1,96	1,60
6	H40x55	18	4,5	2,0	50-70	0,40	0,55	0,26	1,55	1,61	1,96	1,40
7	H50x100	45	6,3	2,5	150	0,50	1,00	0,32	1,65	2,24	2,13	2,35
8	H50x65	24	5,0	2,5	90-120	0,50	0,65	0,32	1,65	1,89	2,13	2,10
9	H65x130	70	7,9	2,8	220	0,65	1,30	0,40	1,80	2,16	2,13	3,30
10	H65x90	36	7,8	3,0	130-170	0,65	0,90	0,40	1,80	2,06	2,13	3,00
11	H85x170	90	13,0	2,0	400-450	0,85	1,70	0,50	1,90	2,80	2,28	5,30
12	H85x110	56	10,0	3,0	230-280	0,85	1,10	0,50	1,90	2,20	2,28	4,80

* Chữ H chỉ lò buồng, số sau chỉ công suất lò +10%, số cuối chỉ chiều dài tính theo cm. Nhiệt độ làm việc lớn nhất của lò N° 1-3 và 11 là 950°C, số còn lại là 1000°C, thế hiệu ở dây đốt (đầu dây) của lò N° 1-4 và 6 là 220 V còn lại là 380/220 V ; số pha của lò N° 1-4 và 6 là 1, số còn lại 3 pha ; số vùng nhiệt độ của các lò N° 1-8 là 1 ; số còn lại N° 9-12 là 2.

Bảng 1.12. **Lò buồng điện trở có dây đốt bằng cacbôrun**

Kiểu lò	Công suất, kW	Công suất không tải, kW	Điện thế trên các dây đốt, V	Số lượng pha	Năng suất khi nung từ 850° đến 1300°C, kg/h	Kích thước khoảng không làm việc, m			Kích thước ngoài, m			Trọng lượng, *t*
						Rộng	Dài	Cao	Rộng	Dài	Cao	
ОКБ-333С	15	7	52-163,5	3	30	250	360	200	1,2	1,14	1,43	0,75
Г-30	30	12	53-163,5	3	50	300	400	250	1,5	1,57	1,77	2,14
ОКБ-210 А (Г-50)	50	20	65-81	3	120	520	945	350	1,45	2,10	2,00	3,6
ОКБ-194 А :												
buồng đuới*	9	2,1	220	1	25	300	410	180				
buồng trên	9,75	5,8	37,2-1200	1	(chung)	250	360	175	1,35	1,32	1,80	161

Buồng dưới dùng dây đốt bằng kim loại. Công suất lò ÷ 10%. Nhiệt độ làm việc tối đa 1300°C, trong buồng dưới của lò ОКБ 194 А (dây đốt bằng kim loại) 850°C, thế hiệu điện là 380/220 V. Môi trường làm việc của lò ОКБ-194 А là không khí, số còn lại là môi trường bảo vệ. Lò bán ở trạng thái đã lắp ráp, còn những dây đốt tháo ra để ngoài. Các loại lò này chế tạo tại nhà máy thiết bị điện Xaratôv.

Bảng 1.13. **Lò điện trở đáy quay**

STT	Kiểu lò*	Công suất, kW	Điện thế ở 2 đầu dây đốt, V	Số pha	Số vùng nhiệt độ	Nhiệt độ °C	Năng suất kg/h	Tốc độ quay của đáy, vg/h	Kích thước khoảng không làm việc, mm			Kích thước ngoài, m		
									Đường kính đáy	Chiều rộng đáy	Chiều cao	Đường kính, chiều rộng	Chiều cao	
1	ОКБ-492А	160	116;106	3	3	1270	350	0,2-3,7	1800	400	-	4,0	4,0	21,4
2	ОЛБ-493А	100	116;92,2	3	2	1270	120	0,2-3,7	1550	250	-	3,48	3,86	20,1
3	ОКБ-231	40	45,1 37,3	3	2	950	100	1,14-6,85	1100 (ngoài)	-	385	1,86 (2,25)	2,5	6,6
4	ОКБ-338	54	122	3	1	700	200			ϕ 52	335		2,18	5,0
5	ОКБ-339	120	132	3	2	700	450	0,94-3,76	1400	ϕ 106	603	2,34x2,8	2,58	5,5
6	ОКБ-340	120	132	3	2	700	450			ϕ 185	603		2,58	5,55
7	ОКБ-341	120	132	3	2	700	450			-	737		2,58	5,2
8	ОКБ-494	75	380/220	3	1	500	230	0,25-0,30	1650	500	-	3,2	4,55	10,7
9	ОКБ-495	50	380/220	3	1	500	140	0,25-0,30	1250	250	-	2,45	3,99	7,1

* Ký hiệu mới các lò kiểu ОКБ đều theo các chữ cái "С" chỉ nung điện trở, "Ш" chỉ lò giếng, "О" chỉ công nghệ ram, "З" chỉ công nghệ tôi. Các số sau chỉ kích thước khoảng không làm việc (đường kính x chiều cao và chiều rộng), dm. Ví dụ : ОКБ-231 ký hiệu mới là СШ-1104/10 ; ОКБ-495 là СШО 12,5.2,5/5. Mẫu số chỉ nhiệt độ x 100°C.

Bảng 1.14. **Lò điện trở đáy rung**

Các thông số	Kiểu lò*		
	ЦЭП–127	ОКБ–134А	ОКБ–134Г
Công suất, kW	75 + 10%	150 + 10%	150 + 10%
Công suất từng vùng, kW :			
vùng I	25	60	60
vùng II	25	45	45
vùng III	25	45	45
Công suất không tải, kW	12	57,1	33
Thế hiệu ở hai đầu dây đốt, V	380	135,6 và 112	125 và 112
Năng suất, kg/h	150	250	350
Môi trường của lò	không khí		khí bảo vệ
Kích thước khoảng không làm việc, mm :			
rộng	400	600	600
dài	2000	4000	4000
cao	230	300	300
Kích thước ngoài, m :			
rộng	1,7	1,9	2,08
dài	5,1	7,0	7,37
cao	-	2,54	2,07
Trọng lượng, t	9,5	14,2	14,8

*) Nhiệt độ làm việc 950°C.

Bảng 1.15. **Lò điện trở có trống quay (lò kiểu trống)**

Các thông số	Kiểu lò	
	Б-70	ОКБ-2029*
Công suất, kW	70	30
Công suất từng vùng, kW :		
vùng I	50	-
vùng II	20	-
Công suất không tải, kW	17	-
Thế hiệu mạng, V	380	380
Số pha	3	3

Tiếp bảng 1.15

Các thông số	Kiểu lò	
	Б-70	ОКБ-2029*
Số vùng nhiệt độ	2	1
Nhiệt độ làm việc, °C	920	200
Năng suất kg/h	100-160	120
Kích thước khoảng không làm việc, mm :		
đường kính	310	-
chiều dài (làm việc)	2000	-
Kích thước ngoài, m :		
rộng	1,5	1,7
dài (kể cả bể tôi)	5,7	6,0
cao (nl)	3,7	1,95 (không bể tôi)
Trọng lượng, t	9,8	2,87

Lò dùng để tôi và ram bi cầu và bi đũa. Lò lắp trên bể tôi có đường vận chuyển hình xoắn (để tôi và làm nguội).

*Lò ОКБ-2029 nung nóng chi tiết bằng không khí chuyển động.

Bảng 1.16. **Lò giếng chạy điện**

Kiểu lò	Công suất, kW	Nhiệt độ làm việc °C	Kích thước khoảng không làm việc, mm			Năng suất cực đại kg/h	Kích thước ngoài, m			Ghi chú
			Chiều rộng hay đường kính	Chiều dài	Chiều cao hay chiều sâu		Chiều rộng hay đường kính	Chiều dài	Chiều cao	
ПН-31 (ПН-31А)	24/7	650	400	-	500	100	1,04	1,27	1,92	Lò hình trụ có không khí di chuyển
ПН-32 (ПН-32А)	36/10	650	500	-	650	280	1,54	1,54	2,10	Lò có ký hiệu A, là đã cải tiến kích thước có
ПН-34 (ПН-34А)	75/16	650	950	-	1220	500	2,53	3,7	3,04	lớn hơn chút ít.
Ш-30	30/10	850	450	-	800	140	1,68	1,6	1,9	Lò hình trụ không có
Ш-70	70/15	950	620	-	2500	350	2,32	2,78	4,15	môi trường bảo vệ
Ш-35	35/10	950	300	300	1200	125	1,43	1,58	2,24	(6113) : lò tiết diện chữ
Ш-55	55/15	950	300	300	2000	230	1,43	1,58	3,05	nhật, không có môi trường bảo vệ
Г-65	65	1300	300	300	1470	235	1,45	1,00	2,5	Lò tiết diện chữ nhật,
Г-95	95	1300	300	300	2210	265	1,45	1,60	3,4	dây đốt bằng cacbôrun
						Sức chứa, kg				Lò múp dùng để thấm
ОКБ-3016	10	650	200	-	300	75	0,8	-	0,87	nitơ, thấm cacbon nitơ
ОКБ-3017	22/2,5	650	320	-	480	150	1,1	-	1,63	và gia công bằng hơi
ОКБ-3018	60/4,5	650	500	-	750	375	1,6	-	2,30	nước
ОКБ-3019	100/6,6	650	800	-	1200	1200	1,97	-	3,00	
ЦЭП-250	210	950	1800	-	1500	2000	3,0	5,0	5,0	Dùng để nhiệt luyện các
ЦЭП-251	180	950	2000	-	1500	2000	3,5	5,0	5,0	vòng bi cỡ lớn
ЦЭП-252	60	220	1800	-	1500	2000	3,0	4,3	4,5	

* Tất cả các lò của Liên bang Nga kiểu mới đều ký hiệu theo cách nung nóng "C" bằng điện trở "Ш" chỉ lò giếng, "O" chỉ ram, "З" chỉ tôi, các số sau chỉ khoảng không làm việc dm, còn mẫu số chỉ nhiệt độ x 100°c. Ví dụ : lò ПН34. Ký hiệu mới là СШО 9,5.12,2/6,5 ; ЦЭП 250, ký hiệu mới là СШЗ 18.15/9,5 ; Lò Г65 ký hiệu mới là СШЗ-3.3.3.14,7/13

Bảng 1.17. **Các loại lò điện ОКБ**

Kiểu lò	Công suất, kW	Thế hiệu ở dây đốt, V	Nhiệt độ làm việc, °C	Kích thước khoảng không làm việc, mm			Ghi chú
				Chiều rộng hay đường kính	Chiều dài	Chiều cao hay chiều sâu	
Lò giếng							
ОКБ-3064	400/46,5	380	950	1700	-	4500	Ủ và ram
ОКБ-3075	740	380	1200	1700	-	4500	
Lò đáy nghiêng							
СЗП-225	1500/31	380	950	4850	10520	3880	Ủ
ОКБ-3058	350/73	380	550	3600	6000	1700	Hóa già vật đúc bằng gang
ОКБ-3030	540	380	550	2000	6000	2000	Ủ
ОКБ-3015	1500/193	380	850	6000	8000	4500	
СЗП-146	650	380	950	3200	4280	2000	Ủ thỏi thép và dây
СЗП-198	240	380	950	1310	6080	600	Ủ và thường hóa vật rèn
СЗП-223	258	380	950	1510	3200	1200	
Lò có buồng nung di động							
ОКБ-3020	100/200	380	650	700	2100	950	Thấm nitơ
Máy liên hợp tôi ram							
СЗП-234	400/64	380	950	1550	7000	300	Tôi
(lò đẩy)	300/42	380	700	1550	7000	300	Ram
Lò chụp							
ОКБ-3034	135/18,4	380	850	520	2800	320	
ОКБ-3011	550/62,5	380	950	2200	3200	2225	Ủ
ОКБ-3026	135/10	380	400	1000	1500	800	

Bảng 1.18. **Lò muối chạy điện**

Kiểu lò	Công suất, kW	Nhiệt độ làm việc °C	Kích thước khoảng không làm việc, mm			Năng suất cực đại kg/h	Kích thước ngoài, m			Ghi chú
			Chiều rộng hay đường kính	Chiều dài	Chiều cao hay chiều sâu		Chiều rộng hay đường kính	Chiều dài	Chiều cao	
B-10*	10/6*	850	200	-	350	30	1,08	-	1,8	Lò nồi hình trụ
B-20	20/7	850	300	-	535	80	1,2	-	2,01	
B-30	30/9	850	400	-	635	130	1,31	-	2,26	
C-20	20/1	1300	220	-	460	90	1,1	-	2,35	Lò điện cực hình trụ
C-25	25/15	850	330	-	475	90	1,1	-	2,35	
C-45	45/20	1300	340	-	600	200	1,1	-	2,35	
C-50	50/10	600	600	900	450	100	1,75	2,02	1,3	Lò tiết diện chữ nhật có sự di chuyển muối bằng điện từ
C-100	100/15	850	600	900	450	100	2,08	2,2	1,49	
СП-35/15	35/15	1300	170	200	460	156	1,1	1,12	1,9	Lò muối điện cực 3 pha
СП-60/20	60/20	1300	250	360	450	215	1,1	1,12	1,9	
СП-100/40	100/40	1300	250	390	320	330	1,19	1,20	2,04	
СЗП-42	100	1300	200	-	1000	300	1,1	0,38	1,69	Lò muối điện cực, hình trụ để nung dao chuốt
СЗП-48	148	1300	200	-	2000	500	1,1	0,38	2,70	
СП2-35	75/15	1300	220	-	420	30	0,75	0,85	1,81	Lò muối điện cực 3 pha tiết diện hình 6 cạnh, có máy biến thế
СП3-75	75/25	1300	340	-	580	55	1,1	1,27	2,58	

* *Ở* mẫu số chỉ công suất không tải, ** Lò muối dùng nồi "B" ký hiệu mới là СВГ-10/8,5 ; СВГ-20/8,5 ; СВГ-30/8,5 thường dùng chì nóng chảy ; cũng có thể dùng muối $NaNO_3$; KNO_3 hoặc dùng kiềm NaOH "Г". Chữ "С" chỉ nung nóng bằng điện trở.

Bảng 1.19. **Lò muối điện cực kiểu CBC**

Kiểu lò nồi*	Công suất, kW	Số nhóm điện cực	Nhiệt độ cực đại, ^{o}C	Khoảng không làm việc, dm		
				Rộng	Dài	Sâu
CBC 20/13	20	1	1300	1,5	2,0	1,5
CBC 35/6,5	35	1	650	3,2	5,0	2,4
CBC 35/8,5	35	1	850	1,6	2,0	4,0
CBC 35/13	35	1	1300	2,0	3,0	2,4
CBC 35 x 2/6,5M	35	2	650	4,0	10,0	5,0
CBC 35 x 2/13	35	2	1300	1,6	2,0	4,2
CBC 35 x 3/8,5	35	3	850	2,0	2,0	17,0
CBC 60/6,5M	60	1	650	4,0	8,5	3,1
CBC 60/85	60	1	850	2,0	6,0	3,1
CBC 60/13	60	1	1300	2,1	3,0	3,2
CBC 100/8,5	100	1	850	5,0	8,5	3,7
CBC 100/13	100	1	1300	2,5	4,0	4,2
CBC 100/13	100	1	1300	1,6	1,6	17,0
CBC 100 x 2/13	100	2	1300	2,5	10,0	3,1
CBC 100 x 3/13	100	3	1300	2,5	16,0	5,0
CBC 100 x 8/13	100	8	1300	5,0	23,0	5,0

*) Tử số chỉ công suất và số nhóm điện cực. Mẫu số chỉ nhiệt độ cực đại x $100^{o}C$. M chỉ lò dùng nồi kim loại. Các thanh điện cực khi mòn được dịch chuyển xuống dần phù hợp với chế độ nung của lò. Kích thước điện cực hình tròn Φ = 0,45 ÷ 0,75 dm.

Bảng 1.20. **Lò muối và lò diêm tiêu ОКБ**

Kiểu lò*	Công suất, kW		Thế hiệu, V	Số pha	Nhiệt độ làm việc, oC	Năng suất kg/h	Tổn hao năng lượng điện riêng kW.h.kg	Kích thước làm việc của lò, m
	Lò	Dây đốt						
ОКБ-2033	45	5	780/220	3	500-600	100	0,264	0,63 x 1,17 x 0,6
ОКБ-2034	60	6	380	3	600	100	0,338	0,5 x 2,3 x 6,6
ОКБ-2035**	27/9	1,5	380/220	3	150	100	0,05	0,5 x 3,0 x 0,7
ОКБ-2036**	7/21	3,5	380	3	170-220	100	0,053	0,9 x 1,15 x 0,7
ОКБ-581**	30	3,35	380	3	180-300	40-100	0,05	0,6 x 0,9 x 1
ОКБ-582	40	3,35	380	3	600	100	0,27	0,6 x 0,9 x 1
ОКБ-2037	150	-	380	3	900	100	0,92	0,7 x 1,15 x 0,6

* Lò ОКБ-2037 là lò muối điện cực có 3 cặp điện cực lấy điện từ một máy giảm thế, các lò còn lại có ống nung nóng đặt trực tiếp trong môi trường nung.

** Các loại lò này có bộ phận khuấy gồm những cánh gắn trên một trục thẳng đứng, trục quay nhờ môtơ điện và có bộ phận điều chỉnh tốc độ quay. Lò ОКБ-2036 có nồi làm nguội.

Bảng 1.21. **Lò giếng điện trở để thấm cacbon thể khí**

STT	Kiểu lò*	Công suất, kW	Công suất không tải, kW	Thời gian nung lò đến nhiệt độ làm việc, h	Thế hiệu ở hai đầu dây đốt, V	Số pha	Số vùng nhiệt độ	Trọng lượng chất vào 1 lần, kg	Kích thước khoảng không làm việc, mm		Kích thước ngoài, m			Trọng lượng, t
									Đường kính	Chiều cao	Chiều rộng	Chiều dài	Chiều cao	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Ц-25	25	8	-	380 hay 220	1	1	30	300	450	1,4	1,8	2,0	2,6
2	Ц-35	35	11	-	380 hay 220	1	1	100	300	600	1,4	1,8	2,1	3,5
3	Ц-60	60	15	-	380 hay 220	3(1)	2	150	450	600	1,6	2,0	2,2	4,0
4	Ц-75	75	20	-	380 hay 220	3	2	220	450	600	1,6	2,0	2,6	5,5
5	Ц-90	90	23	-	380 hay 220	3	2	400	600	900	1,8	2,2	2,7	6,5

Tiếp bảng 1.21

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
6	Ц-105	105	25	-	380 hay 220	3	2	500	600	1200	1,8	2,2	3,0	7,0
7	ШЦН-20	20	7,0	11	85,5	1	1	50	300	450	1,37	1,86	2,3	1,8
8	ШЦН-45А	45	10,4	8	101	1	2	150	450	600	2,01	2,12	3,11	3,7
9	ШЦН-65А	65	10,9	6	133	1	2	220	450	900	2,01	2,12	3,32	4,0
10	ШЦН-95А	110	16,0	6	135,6	2	2	500	600	1200	2,16	2,27	3,87	5,2

*) Lò kiểu mới ký hiệu СШЦ–0304/10 (tương đương ký hiệu cũ Ц–25), СШЦ–0612/10 (tương đương ký hiệu cũ Ц–90М). Chữ "С" chỉ nung điện trở, chữ "Ш" chỉ lò giếng, chữ Ц chỉ thấm cacbon thể khí, các số tiếp : tử số chỉ đường kính và chiều cao, mẫu số chỉ nhiệt độ x 100°C

Bảng 1.22.* Lò điện trở làm việc theo chu kỳ để thấm nitơ thể khí

Kiểu lò giếng điện trở	Ký hiệu cũ	Đường kính buồng làm việc, dm			Công suất, kW	Nhiệt độ cao nhất, °C	Trọng lượng mẻ lớn nhất, kg
		Đường kính hoặc chiều rộng	Chiều dài	Chiều cao			
США-2.3/6	ОКБ-3016	2	-	3	12	650	50
США-3,2.8/6	ОКБ-3017	3,2	-	4	20	650	150
США-5.7.5/6	А-32-1	5	-	7,5	50	650	400
США-8.12/6	ОКБ-3019	8	-	12	100	650	1200
США-12,5.20/6	-	12,5	-	20	150	650	2000
США-15.22,5/6	-	15	-	21,5	180	650	2500
США-20.30/6	-	20	-	30	220	650	3000
США-25.37,5/6	-	25	-	37,5	300	650	3500
Lò buồng hai tầng có đáy di động							
СНА-7,5.24.10/6-М	ПНА-1	7,5	24	10	100	650	1200
СНА-10.32.13/6-М	-	10	32	13	200	650	2000
СНА-13.45.16/6-М	ОКБ-3116	13	45	16	400	650	3500

* Ký hiệu chữ "С" chỉ nung bằng điện trở, "Ш" hoặc "Н" – lò giếng hoặc lò buồng, "А" – lò thấm nitơ, "М" – lò cơ khí hóa. Số sau chữ : – tử số : kích thước buồng làm việc (đường kính, chiều cao hay chiều dài, chiều rộng) dm – mẫu số : nhiệt độ buồng làm việc x 100°C.

Bảng 1.23. **Đặc tính kỹ thuật của lò đẩy chạy điện dùng để tôi và ram**

Các chi tiết	Kiểu lò					
	T-75	T-81	T-85	T-100	T-165	T-240
Công suất, kW	75	85	85	100	165	240
Công suất không tải, kW	16	-	-	24	38	55
Kích thước khoảng không làm việc, mm :						
rộng	600	600	600	600	1200	1200
dài	3810	3350	4550	3070	6600	5440
cao	400	400	400	400	500	500
Công suất từng vùng, kW :						
I	38	55	45	52	85	135
II	18,5	25	20	24	40	52,5
III	18,5		20	24	40	52,5
Số lượng gá lắp :						
tấm đáy	15	10	17	12	10	8
miếng đệm	60	40	68	48	120	96
Năng suất (sức chứa) của lò, kg :						
sức chứa kể cả gá lắp	1575	1050	1785	1250	3750	3450
sức chứa chi tiết	1200	800	1360	940	3150	2820
Năng suất khi τ = 4h, kg/h	250	200	350	250	750	650
Nhiệt độ, ^{O}C	650	950	650	950	950	950
Kích thước ngoài, m :						
chiều rộng	1,64	1,64	1,64	1,64	2,24	2,24
chiều dài không kể kết cấu cơ khí	5,25	3,95	5,9	4,6	6,55	5,9
chiều dài kể cả kết cấu cơ khí	8,25	8,1	8,9	8,75	-	-

Thế hiệu mạng điện 380/220V. Số pha 3.

Các lò điện trở băng tải dùng để nung nóng các chi tiết có trọng lượng dưới 10 kg, kích thước từ 3 x 10 x 10 đến 110 x 150 x 150 mm (theo ГОСТ 8029–56), đến nhiệt độ tôi 950^{O}C (max.975^{O}) và 850^{O}C (max.875^{O}), để ram cao ở 650^{O}C (max.700^{O}) và ram thấp dưới 250^{O}C (max.300^{O}). Các lò này có thể dùng môi trường bảo vệ.

Kích thước cửa chất chi tiết là 250 hoặc 400 mm, chiều cao cửa có thể điều chỉnh được với trị số nhất định. Chiều rộng băng tải thường làm 200, 400, 600, 800, 1000 và 1200 mm tương ứng với chiều dài cho trước.

Điều chỉnh tốc độ của băng tải phải đảm bảo cho chi tiết nằm trong lò tôi từ 20 – 90 phút, trong lò ram cao 20 – 70 phút và trong lò rạm thấp 30 – 200 phút.

Máy kiểu ОКБ–3015 (bảng 1.20) dùng để tôi, ram băng nhỏ và lưỡi dao cạo râu có chiều dày 0,08–0,13 mm.

Bảng 1.24. **Máy liên hợp băng tải chạy điện để tôi và ram các chi tiết nhỏ và trung bình**

Ký hiệu dãy liên hợp	Ký hiệu cũ	Năng suất lò, kg/h	Lò điện để tôi					Lò điện để ram				
			Ký hiệu lò	Nhiệt độ cao nhất, °C	Công suất lò, kW	Diện tích làm việc của đáy lò, dm^2	Lượng tiêu hao khí bảo vệ, m^3/h	Ký hiệu lò	Nhiệt độ cao nhất, °C	Công suất lò, kW	Diện tích làm việc của đáy lò, dm^2	Lượng tiêu hao khí bảo vệ, m^3/h
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
СКЗА-1/3	-	50÷80	СКЗ-02.20.04/9	900/2	30÷40	2x20	5	СКО-03.35.04/3	350/2	15	3x35	-
СКЗА-1/7	-	50÷80	СКЗ-02.20.04/9	900/2	30÷40	2x20	5	СКЗ-02.20.04/7	700/2	20÷30	2x20	5
СКЗА-2/3	К-70(Н) К-80(Н)	100÷160	СКЗ-04.27.04/9	900/2	55÷70	4x20	10	СКО-06.35.04/3	350/2	35	6x35	-
СКЗА-2/7	-	100÷160	СКЗ-04.30.04/9	900/2	55÷70	4x20	10	СКЗ-04.30.04/7	700/2	40÷55	4x20	10
СКЗА-3/3	К-90(Н) К-100(Н)	150÷240	СКЗ-04.30.04/9	900/2	80÷100	4x30	15	СКО-08.35.04/3	350/2	45	8x35	-
СКЗА-3/7	К-90(В) К-100(В)	150÷240	СКЗ-04.33.04/9	900/3	80÷100	4x30	15	СКЗ-04.30.04/7	700/2	50÷80	4x30	15
СКЗА-4/3	К-120(Н) К-130(Н)	225÷360	СКЗ-04.40.04/9	900/3	120÷150	6x30	20	СКО-08.55.04/3	350/2	55	8x55	-
СКЗА-4/7	К-120(В) К-130(В)	225÷360	СКЗ-04.40.04/9	900/3	120÷150	6x30	20	СКЗ-06.30.04/7	700/2	100÷120	5x30	16
СКЗА-5/3	К-160(Н) К-170(Н)	300÷480	СКЗ-04.40.04/9	900/3	150÷200	8x30	30	СКО-12.55.04/3	350/3	75	12x55	-

Tiếp bảng 1.24

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
CK3A-5/7	K-160(H) K-170(H)	300÷480	CK3-06.40.04/9	900/3	150÷ 200	8x30	30	CK3-08.50.04/7	700/3	140÷160	8x30	25
CK3A-6/3	-	400÷640	CK3-06.50.04/9	900/3	210÷270	8x40	40	CKO-12.75.04/3	350/4	110	12x75	-
CK3A-6/7	K-180(B) K-200(B)	400÷640	CK3-06.50.04/9	900/3	210÷270	8x40	40	CK3-08.70.04/7	700/3	170÷220	8x40	30
CK3A-7/3	-	500÷800	CK3-10.40.04/9	900/3	250÷320	10x40	50	CKO-14.75.01/3	350/4	30	14x75	
CK3A-7/7		500÷800	CK3-10.40.04/9	900/3	250÷320	10x40	50	CK3-10.40.01/7	700/3	200÷250	10x40	
CK3A-8/3	K-330(H)	700÷1100	CK3-08.70.04/9	900/5	350÷420	8x70	50	CKO-16.95.04/3	350/5	170	16x85	
CK3A-8/7	-	700÷1100	CK3-08.70.04/9	900/5	350÷420	8x70	50	CK3-08.70.01/7	700/5	250÷300	8x70	
CK3A-9/3	-	1000÷1100	CK3-12.70.04/9	900/5	500÷620	12x70	60	CKO-20.115.04/7	350/7	250	20x115	
CK3A-9/7	-	1100÷1700	CK3-12.70.04/9	900/5	500÷620	12x70	60	CK3-12.70.01/7	700/5	400÷500	12x70	
CK3A-10/3	-	1500÷2000	CK3-12.100.04/9	900/7	650÷850	12x100	70	CKO-20.115.04/3	350/9	350	20x155	
CK3A-10/7	-	1500÷2400	CK3-12.100.04/9	900/7	650÷850	12x100	70	CK3-12.100.01/7	700/7	500÷700	12x100	

Chú thích các ký hiệu : - Chữ "C" chỉ rõ nung bằng dây điện trở, chữ "K" chỉ băng tải ; chữ "3" chỉ nung trong khí bảo vệ, chữ "O" chỉ nung trong không khí bị oxi hóa, chữ "A" chỉ máy liên hợp đã được cơ khí hóa và tự động hóa, chữ "H" chỉ kiểu hộp hở, chữ "B" chỉ kiểu hộp kín.

Các số tiếp : - Tử số chỉ số thứ tự sản xuất máy liên hợp, mẫu số chỉ nhiệt độ ram của lò x 100°C. Số sau chữ ký hiệu lò : - tử số chỉ kích thước buồng làm việc (rộng x dài x cao) dm ; mẫu số chỉ nhiệt độ làm việc x 100°C.

Bảng 1.25. **Đặc tính kỹ thuật lò băng tải chạy điện để tôi và ram**

Các chỉ tiêu	Máy									
A. Lò tôi										
Kiểu lò	K-70	K-80	K-90	K-100	K-120	K-130	K-160	K-170	K-180	K-200
Công suất, kW	70	80	90	100	120	130	160	170	180	200
Kích thước khoảng không làm việc, mm :										
rộng	400	400	375	400	400	375	600	575	600	600
dài	2050	2700	3220	3352	4000	4180	4000	5140	4652	5300
cao	415	415	415	45	415	415	415	415	415	415
Số vùng nhiệt độ	2	2	2	3	3	3	3	3	3	4
Công suất từng vùng, kW :										
I	50	60	60	50	60	70	90	90	90	90
II	20	20	30	30	40	30	40	50	60	60
III	-	-	-	20	20	30	-	-	-	30
IV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20
Công suất không tải, kW	32	34	38,8	36	38	45	46	51,7	50	54
Năng suất kg/h	120	160	180	200	250	270	360	380	410	460
Chiều dài băng tải, m	-	7,6	-	8,88	10,2	-	10,2	-	11,48	-
Kích thước ngoài, m	3,0x4,2	3,0x5,2	3,0x5,8		3,0x6,2		3,2x6,18		3,2x6,8	3,2x7,45
B. Lò ram										
Kiểu lò	K-45	K-55	K-65	K-75	K-95	K-105	K-125	K-135	KO-55	KO-35	KO-55A
Công suất, kW	45	55	65	75	90	150	125	135	55	40	55
Kích thước khoảng không làm việc, mm :											
rộng											
dài	400	400	375	400	575	600	600	575	600	400	575
cao	2800	3450	4200	4750	4210	5400	5400	6120	6150	4090	7470
	415	415	415	415	415	415	415	415	415	415	415

Tiếp bảng 1.25

Các chỉ tiêu	*B. Lò ram*										
Số vùng nhiệt độ	2	2	3	3	3	4	4	3	3	3	3
Công suất từng vùng, kW :											
I	30	35	40	35	50	45	60	-	35	-	25
II	15	15	25	17,5	20	30	30	35	10	-	10
III	-	-	-	17,5	25	15	15	40	10	-	20
IV	-	-	-	-	-	15	20	-	-	-	-
Công suất không tải, kW	29	31	25	35	26	45	48	28	16,5	11	25
Năng suất kg/h	120	160	200	250	270	410	460	380	200	130	270
Chiều dài băng tải, m	10,0	10,0	11,28	12,60	-	13,76	-	-	-	-	-
Kích thước ngoài, m	2,90x4,8	2,96x5,4	2,96x6,1	3,16x6,77	3,16x6,77	3,16x7,12	3,16x8,72	-	-	-	-

Ghi chú : Thế hiệu đối với tất cả các lò là 380V hay 220V. Nhiệt độ lò tôi là 875°C, lò ram 600°C, đối với lò KO-35 là 200°C; tốc độ của băng tải 0,042-0,21 m/ph, đối với lò KO-55 là 0,034-0,051 m/ph.

***Bảng 1.26.* Máy liên hợp tôi - ram**

N° máy	Năng suất của máy kg/h	Lò điện để tôi*				Bể tôi**			Lò ram***					
		Kiểu	Công suất, kW	Diện tích, m^2	Số vùng	Kiểu	Diện tích băng tải m^2	Dung tích, m3	Kiểu	Công suất, kW	Nhiệt độ làm việc °C	Diện tích đáy, m^2	Số vùng	Chiều dài máy**** m
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1 1a	130-200	K-90MIII	90	0,4x3,2	2	ЗК-100А	0,4x2,7	7,5	КО-45 К-65МII	45 65	350 700	0,6x5,5 0,4x4,2	3 2	22 25

Tiếp bảng 1.26

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2 2a	170-270	K-130MIII	130	0,4x3,2	3	3K-100A	0,4x2,7	7,5	KO-55 K-95MII	55 100	350 700	0,6x7,5 0,6x4,2	3 2	25 26
3 3a	300-380	K-170MIII	170	0,5x5,2	3	3BK-600A	0,6x2,7	9,0	KO-75A K-135MII	75 100	350 760	0,8x7,5 0,6x4,2	3 3	26 29

* Nhiệt độ làm việc của lò tôi 875^{o}C.

** Sau bể tôi của tất cả các lò đều đặt máy rửa kiểu MMK−600MII, diện tích băng tải trong vùng rửa 0,6 x 1,2 m, trong vùng làm nguội 0,6 x 0,8 m.

*** Sau các lò ram có nhiệt độ làm việc 700^{o}C ta đặt các bể để làm nguội chi tiết kiểu 3BK-600, diện tích làm việc của băng tải 0,6 x 1,9 m, dung tích 5,5 m^3.

**** Chiều rộng mặt bằng của tất cả các máy là 3 m, chiều cao 3m.

Bảng 1.27. **Đặc tính kỹ thuật của bể tôi**

Kiểu bể tôi	Chiều rộng băng tải, mm	Kích thước bể tôi, mm			Dung tích, m^3	Năng suất trung bình, kg/h	Tốc độ băng tải, mm/ph
		Chiều rộng	Chiều dài	Chiều cao			
Bể tôi băng tải							
ЗБК-400 công dụng I*	400	1150	3600	1100	5,0	250	0,75
(ЗБ-400) công dụng II	400	1100	4800	1200	5,4		0,04-0,34
ЗБК-600 công dụng I	600	1150	3600	1100	5,0	400	0,75
(ЗБ-600) công dụng II	600	1300	6000	1350	8,2		0,04-0,34
ЗБК-800	800	1950	6000	-	10,0	2000	-
*Bể tôi đẩy***							
ЗБТ-600 (ЗБ-60СТ)	600 x 350	2100	1690	2080	4,5	350	-
ЗБТ-1200 (ЗБ-1200Т)	1200 x 350	2360	2360	2170	6,8	750	-

* Công dụng I có làm nguội môi trường tôi bằng các ống xoắn và có quạt để làm luân chuyển môi trường tôi.

** Đối với các bể tôi đẩy, bảng trên đưa ra kích thước của bàn đỡ chi tiết và kích thước ngoài.

Bảng 1.28. **Đặc tính kỹ thuật của máy rửa**

Kiểu máy rửa	Dung tích (lượng chứa dung dịch), m^2	Chiều rộng băng tải, mm	Tốc độ băng tải, m/ph	Nhiệt độ môi trường, ^oC	Năng suất, kg/h	Kích thước ngoài B x L x H, mm
Máy rửa băng tải						
MMK-400 (MM-400)	1,2	400	0,75	90	250	1,68x3,98x2,25
MMK-600 MM-600)	1,2	600	0,75	90	450	Như trên
MMK-800 (MM-800)	2,2	800	-	90	2000	1,45x4,52x2,39
Máy rửa đẩy						
MMT-600 (MM-600T)	0,58	600x2380* h-400	-	90	350	1,81x2,38x1,65
MMT-1200 (MM-1200T)	0,8	1200x2380* h-400	-	90	750	2,35x2,38x1,66

* Kích thước buồng rửa.

Bảng 1.29. **Các thiết bị chạy điện dùng để nhiệt luyện các dây ống và băng**

TT	Kiểu lò	Công dụng của lò	Công suất, kW	Số vùng	Nhiệt độ làm việc tối đa, °C	Kích thước chi tiết gia công, mm	Số nhánh song song
1	ОКБ-65А	Ủ dây thép	36	2	850	0,12÷0,4	24
2	ОКБ-2001	-	480	5	750	1,6÷4,5	24
3	ОКБ-2002	-	480	4	750	1,8÷6,0	24
4	ОКБ-2004	-	250	3	750	0,9÷1,6	24
5	СЗП-218	-	255	3	700	1,8÷8,0	24
6	СЗП-159	-	26	2	700	0,3	20
7	ОКБ-56А	Nung nóng để tôi	70	2	1100	0,2÷1,2	12
8	ОКБ-566	Nung nóng để thường hóa					
9	ОКБ-57А	Nung nóng để tôi	140	4	1100	1,0÷3,0	12
10	ОКБ-57В	Nung nóng để thường hóa					
11	ОКБ-601	Nung nóng để tôi	250	3	1100	1,2÷6,5	12
12	ОКБ-548	Nung nóng để tráng kẽm	175	3	950	1,7 ÷ 6,0	6
13	ОКБ-549	Tôi đẳng nhiệt	90	2	520		
14	ОКБ-602	Nung để tôi	105	2	900	0,8 ÷ 1,6	24
15	ОКБ-603	Ram	120	2	650		
16	ОКБ-604	Nung nóng để tráng kẽm	200	3	950	0,8 ÷ 1,2	24
17	ОКБ-605	Tôi đẳng nhiệt	40	2	500		
18	ОКБ-690	Nung nóng để tôi	250	4	930	1,7 ÷ 1,6	24
19	ОКБ-691	Tôi đẳng nhiệt	280	2	500		
20	ОКБ-544	Nung nóng để tôi các dây nhỏ	75	2	930	0,1÷0,5x 0,5÷5	8
21	ОКБ-547	Ủ dây thép nhỏ	160	4	950	như trên	24
22	ОКБ-546	Ram các dây	70	2	680	0,25÷1,8 x	8
23	ОКБ-527	Hàn ống cuốn	160	2	1100	6÷15	30
24	ОКБ-59	Nung nóng để thường hóa băng	200	4	1100	0, 2÷0,6 x 175÷350	1-2
25	ОКБ-59	Nung nóng để tôi băng					
26	ОКБ-137	(Như trên)	36	3	950	0,7÷2,5 x x 100	1-3
27	ОКБ-138	Ram băng	25	3	600		
28	ОКБ-251	Nung nóng để tôi băng nhỏ	25	2	930	0,02÷0,2x x5÷8	2
29	ОКБ-252	Ram băng nhỏ	20	2	650		
30	ОКБ-3015	Máy để tôi và ram băng, lưỡi dao cạo râu	18	3	850,200	0,08÷0,13	1

Tiếp bảng 1.29

Số thứ tự	Tốc độ chuyển động, m/ph	Năng suất (max.), kg/h	Tổn hao môi trường bảo vệ (gần đúng) m^3/h	Kích thước khoảng không làm việc, mm		Kích thước ngoài, mm			Trọng lượng, t	Ghi chú
				Đường kính múp	Chiều sâu	Chiều rộng	Chiều dài	Chiều cao		
1	18÷46	3-30	6,0	11	3600	2,0	6,5	1,5	9,0	Buồng làm nguội
2	11÷45	2100	10,0	34	20000	2,7	30,0	2,0	46	-
3	6,5÷3,5	2100	15,0	34	14000	2,8	22,5	2,8	40	-
4	35÷60	800	7,0	25	12500	2,3	20,0	1,8	36	-
5	3÷28	1360	20,5	42	11000	2,4	19,5	1,7	28	-
6	3÷28	50	6,0	25	4500	1,35	7,6	1,4	5	-
7	4÷17	27	3,2	21	4500	1,87	6,8	1,6	10,2	Bể tôi
8						1,87	8,0	1,6	9,9	Buồng làm nguội
9	2,5÷4	100	3,2	21	9000	1,87	11,5	1,6	20	Bể tôi
10						1,87	14,6	1,6		Bể làm nguội
11	5÷25	560	4,8	23	11700	2,81	19,5	1,65	29	Bể tôi
12	3÷18	260	3,6	33	14800	2,0	16,0	16,5	28	Lò OKB-549
13			-	-	6000	1,74	9,3	1,8	17	Buồng làm nguội
14	3÷16	200	9,6	33	5500	3,0	9,3	1,65	18,1	Lò OKB-603
15			9,6	34	7000	2,5	12,9	1,9	40	Buồng làm nguội
16	26	330	9,6	33	9000	2,7	10,7	1,8	27	Lò OKB-505
17			-	-	6200	2,8	6,7	2,3	19	-
18	30÷50	700	9,6	22	12000	2,7	13,74	1,8	31	Lò OKB-691
19				-	8000	2,8	6,7	2,3	17	-
20	3÷21	200	8,2	20	5000	2,16	13,6	1,65	12,2	Bể tôi
21	1÷8	200	9,6	20	8055	2,3	13,2	1,65	18,8	Buồng làm nguội
22	3÷21	200	8,2	20	4570	1,67	9,5	1,33	1,33	-
23	1÷6	560	15	21	3900	2,4	12,1	2,43	15	-
24	2÷3,5	320	10,0	490	5800	2,0	16,14	2,0	20	-
25						2,0	7,39	2,0	19	Bể tôi
26	0,5÷25	55	6,0	200	3500	1,5	5,8	1,6	5,5	Bể tôi
27	12	4,5	8,0	200	4800	1,5	10,64	1,5	7,0	Buồng làm nguội
28			6,0	15	4000	1,25	5,8	1,45	4,5	Bể tôi
29				15	4000	1,55	7,0	1,45	4,5	Buồng làm nguội
30	11,8	17,3	-	-	-	0,81	9,1	2,0	1,92	Bể tôi và làm nguội

Bảng 1.30. **Lò điện trở chân không**

TT	Kiểu lò	Công suất, kW	Kiểu máy biến thế và thế hiệu ở máy biến thế, V	Số pha	Số vòng	Nhiệt độ °C	Chân không, mmHg	Kích thước khoảng không làm việc, mm		Kích thước ngoài, mm			
								Đường kính	Chiều cao	Chiều rộng	Chiều dài	Chiều cao	
1	ЦЭП-301	50	АОМК-100/0,5 ;15	1	1	1300	5.10^{-3};5.10^{-4}	250	370	1,15	2,26	1,9	2,14
2	ОКБ-600А	1-90;11-180	ТПТ-1000А;172;172	3 ; 3	1 ; 1	900	1.10^{-3}	1000	1400	4,08	6,4	4,51	10,6
3	ОКБ-607	280	ТПО-603;90	3	3	900	1.10^{-4}	3100	1300	6,1	13,65	7,1	5,0
4	ОКБ-653	450	ТПТ-1000А;172	3	5	800	1.10^{-4}	1800	5800	4,83	8,0	8,7	50,0
5	ОКБ-744	100						800	1090	4,5	3,74	5,94	4,77
6	ОКБ-744А	100						800	1090	3,15	2,8	5,94	4,35
7	ОКБ-744Б	100						800	1090	3,15	3,2	5,43	4,38
8	ОКБ-715	190	ТСТ-100ГО ; 73	3	1	1000	1.10^{-4}	1100	1780	4,67	4,07	6,1	7,55
9	ОКБ-745А	190						1100	1780	3,3	3,2	6,1	6,1
10	ОКБ-715Б	190						1100	1780	3,3	3,2	3,42	5,96
11	ОКБ-120	4(2)	ТПО-102; РНО-2, 0-5,0	1	1	1300	1.10^{-5}	25	100	1,0	1,05	1,74	0,69
12	ОКБ-391	20(11)	ТПО-203	1	1	1100	1.10^{-2}	100	200	1,6	2,2	1,5	1,0
13	ОКБ-531**	100(90)	ТПО-602	3	1	1800	5.10^{-4}	200	350	2,3	2,5	4,7	2,35
14	ОКБ-5003***	132(100)	ТПО-602 ;	1	1	1200	1.10^{-3}	70	1250	2,78	2,81	3,9	4,04
15	ОКБ-5015****	132(100)	АОМК-100/0,5	1	1	1200	1.10^{-3}	19	2500	2,78	2,81	5,24	4,13
16	ОКБ-360	110(100)	ОСУ-80/0,5	3	1	1400	1.10^{-3}	250x1000	250	2,51	5,88	3,82	4,55
17	ОКБ-554А****	810(535)	ТСУ-120/0,5 (6 cái)	3	3	1400	0,02-0,001	1100x6700	300	8,84	29,5	7,13	67,0
18	ОКБ-556*****	1560(1380)	ТСУ-120/0,5 (20 cái)	3	9(7)	1000	0,5	600x12760	350	8,00	25,02	6,02	90,0

Lò N° 11–16 có bộ phận làm nguội nhanh (nung nóng để tôi), trong tất cả các lò (trừ lò ОКБ–531) đều có thể nung nóng và làm nguội trong chân không cũng như trong môi trường trung tính.

Lò N° 1–10 ; 12 và 17 có thế hiệu mạng cung cấp là 380V, lò N° 11, 14 và 15 là 220V, lò N° 13, 16 và 18 là 380/220 V.

* Trong ngoặc chỉ công suất của buồng nung ; ** Lò ОКБ–531 dây đốt làm bằng tantan ; *** Dùng để tôi các ống thành mỏng ; **** Lò để thường hóa, có đáy di động, dây đốt là các thanh grafit ; ***** Lò để ủ liên tục có đáy di động, dây đốt là các thanh grafit

1.3. CÁC PHƯƠNG PHÁP TÔI BỀ MẶT

1.3.1. PHƯƠNG PHÁP TÔI TẦN SỐ CAO (TSC)

Bảng 1.31. **Các máy biến đổi tần số cao loại** ВПЧ

Thông số	Kiểu máy biến đổi								
	ВПЧ-12 -8000	ВПЧ-20 -8000	ВПЧ-20 -2400	ВПЧ-30 -8000	ВПЧ-30 -2400	ВПЧ-50 -8000	ВПЧ-50 -2400	ВПЧ-100 -8000	ВПЧ-100 -2400
Máy phát									
Công suất, kW	12	20	20	30	30	50	50	100	100
Điện áp, V	200/100	400/200	400/200	400/200	400/200	800/400/200	800/400/200	800/400/200	800/400/200
Dòng điện, A	66/133,4	55,6/111,2	55,6/111,2	83,3/166,6	83,3/166,6	69,7/278	69,5/278	139/278/556	139/278/556
Dòng kích từ, A	3,3/6,6	3,75/7,5	3,75/7,5	3,75/8,3	4,15/11,7	5,85/11,7	5,85/11,7	8,35/16,7	8,35/16,7
Tần số, Hz	8000	8000	2400	800	2400	8000	2400	8000	2400
Động cơ									
Công suất, kW	17	30,5	30,5	42	42	77	77	140	140
Dòng điện, A	32/56	57,100	57,100	74/129	74/129	146/254	145/254	234/407	234/407
Hệ số công suất	0,8	0,8	0,8	0,85	0,85	0,8	0,8	0,9	0,9
Máy biến đổi									
Trọng lượng, kg	650	870	750	1030	800	1870	1660	2610	2240
Tiêu hao H_2O, *l*/ph	12	25	25	20	30	35	35	60	50
Chiều cao, mm	950	1090	970	1090	970	1390	1305	1685	1535
Chiều rộng, mm	700	800	800	800	800	1015	1015	1015	1015
Đường kính thân máy, mm	570	660	660	660	660	860	860	860	860

Bảng 1.32. **Đặc điểm kỹ thuật của thiết bị tôi bề mặt và nung thấu bằng máy phát đèn**

Thông số	Tôi bề mặt*		Nung thấu và tôi bề mặt*	
	ВЧИ-10/44 ЗП	ВЧИ-25/6,67 ЗП	ВЧИ-63/6,67 ЗП ВЧИ-63/6,67 НС	ВЧИ-100/6,67 ЗП ВЧИ-100/6,67 НС
Điện áp cung cấp, V	220÷380	220÷380	380	380
Công suất dao động, kW	10	25+12	63+12	100+12
Tần số, kHz	440±2,5%	66-10%	66-10%	66-10%
Công suất dao động đối với lưới, kW	19	45	105	165
Kiểu đèn phát	ГУ-10А	ГУ-4А	ГУ-23А	ГУ-23А
Điện áp anôt, V	8	10,5	10,5	11,0
Năng suất thể tích tôi, cm^3/ph	30	80	200	300
Tiêu hao nước làm nguội cho thiết bị (không tính nước tôi), m^3/h	2,0	3,2	5,0	6,5
Trọng lượng thiết bị, kg	860	1900	2400	3500

* Ba chữ đầu tiên biểu thị dạng nung nóng, số tiếp theo biểu thị dao động công suất, số tiếp theo biểu thị tần số làm việc x 10 kHz, ЗП- tôi bề mặt, НС- nung thấu.

Bảng 1.33. **Những đặc điểm cơ bản của chế độ tôi bề mặt khi nung nóng bằng TSC**

Thông số	Phương trình công thức	Chú thích và thứ nguyên
Chiều sâu xuất hiện dòng điện trong kim loại, mm	$\Delta^{o}_{20} \approx 50 \,.\, 3 \,.\, 10^4 \sqrt{\frac{\rho}{\mu f}}$	μ- độ từ thấm $\frac{H}{m}\left[\frac{\Omega s}{n}\right]$ ρ- điện trở suất $\rho = \frac{RS}{l}$ nếu tính R theo Ω ; S - cm^2 ; l - m thì thứ nguyên của ρ là $\rho\left[\frac{\Omega mm^2}{m}\right]$ nếu R tính theo $\mu\Omega$ ($10^{-6}\Omega$) ; S - cm^2, l - cm ; $\rho\left[\frac{\mu\Omega cm^2}{cm} \text{ hoặc } \mu\Omega cm\right]$;
Như trên đối với thép cùng tích ở 20°C và 1000°C	$\Delta^{o}_{20} \approx \frac{20}{\sqrt{f}}$ $\Delta^{o}_{1000} \approx \frac{600}{\sqrt{f}}$	
Như trên của đồng đỏ ở 20°C và 1000°C	$\Delta^{o}_{20} \approx \frac{67}{\sqrt{f}}$ $\Delta^{o}_{1000} \approx \frac{230}{\sqrt{f}}$	

Tiếp bảng 1.33

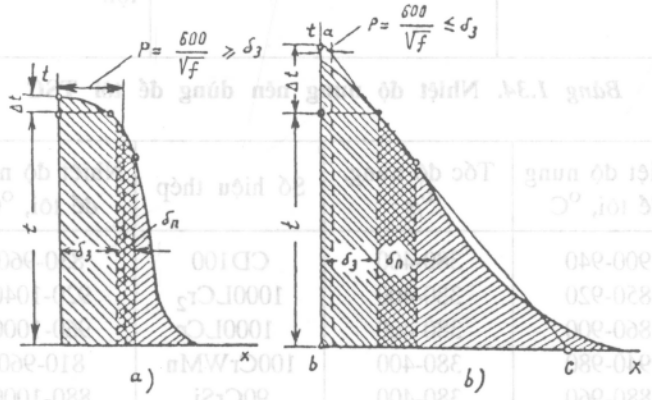
Thông số	Phương trình công thức	Chú thích và thứ nguyên
Tần số dòng điện Hz đối với chi tiết có hình dáng phức tạp	$f \approx \frac{5.10^5}{\delta^2}$	$1\Omega cm = 10^6\ \mu\Omega cm$; $\rho_t = \rho_o(1+\alpha_t t) = \rho_o + \rho_o\alpha_t t$; $\alpha_t = \frac{\rho_t - \rho_o}{\rho_o t} = \frac{1}{\rho}\cdot\frac{d\rho}{dt}$. Đối với thép sau cùng tích sau khi ủ. $\rho_{20} = 10,5 + 3,0C + 3,0^oC\ \mu\Omega cm$; sau khi tôi ở 850°C, $\rho^o_{20} = 10,3 + 16C + 23,6C^2\ \mu\Omega cm$. Đối với nhiều số hiệu thép khi nung đến 900°, $\rho = 120 \div 130\ \mu\Omega cm$ δ- chiều sâu lớp được tôi, mm ; $\sqrt{\rho\mu}$ - hệ số công suất hấp thụ ; q- suất tiêu thụ điện năng kW.S/cm^2 ; S- bề mặt được nung nóng, cm^2 ; τ- thời gian nung nóng, s ; Δt- hiệu số nhiệt độ, °C ; λ- hệ số dẫn nhiệt của thép $\frac{W}{cm.độ}$; k_{nd} - hệ số nhiệt dư; $k_{nd} = \frac{\text{lượng nhiệt chung}}{\text{lượng nhiệt của lớp đã tôi}}$ $\frac{1}{K_{nd}}$ – hệ số nhiệt sử dụng có lợi.
Như trên đối với chi tiết có hình dáng đơn giản	$f \approx \frac{5.10^4}{\delta^2}$	
Như trên đối với bánh răng có môđun M khi nung nóng đều	$f \approx \frac{2.10^6}{M^2}$	
Công suất riêng khi nung nóng W/cm^2	$p = 2.10^{-4} I^2 \sqrt{Q\mu f}$	
Công suất riêng khi nung nóng đối với thép cacbon $t^o > 768^oC$	$p = 2.10^{-6} I^2 \sqrt{f}$	
Công suất riêng khi nung nóng thép từ 20° - 800°C (nung nóng theo nhiệt dung hình 1.2a)	$p = \frac{5000\,\delta}{\tau}$ $(\Delta \geq \delta\ ;\ K_{nd} \approx 1,5 \div 2,0)$	
Công suất riêng khi nung nóng thép từ 20° - 800°C (nung nóng theo dẫn nhiệt hình 1.2b)	$p = \frac{\lambda\Delta t}{\delta} = \frac{0,3\,\Delta t}{\delta}$ $(\Delta < \delta\ ;\ \lambda \approx 0,3)$; $K_{nd} = 1 + \frac{1}{2\Delta t} = 2,5 \div 5,0$	
Sự tiêu hao năng lượng chung kWs, công suất máy phát kW	$Q = qS$ khi $\delta \approx 3$ mm $q = 5,0$; $P_{mp} = \frac{Q}{\tau} = (S_p)$	

Bảng 1.34. **Nhiệt độ nung nên dùng để tôi TSC**

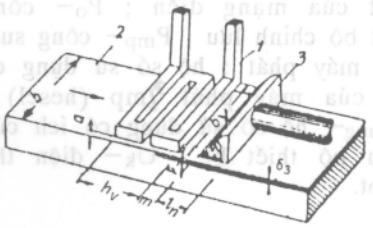
Số hiệu thép	Nhiệt độ nung để tôi, °C	Tốc độ nung, °/s	Số hiệu thép	Nhiệt độ nung để tôi, °C	Tốc độ nung, °/s
C40	900-940	380-400	CD100	830-960	380-400
C45	850-920	380-400	1000LCr$_2$	920-1040	600
C50	860-900	380-400	1000LCr	960-1000	600
40Cr	940-980	380-400	100CrWMn	810-960	600
CD70	880-960	380-400	90CrSi	880-1000	600
CD80	860-960	380-400			

Bảng 1.35. **Đặc điểm các phương pháp tôi bề mặt bằng TSC**

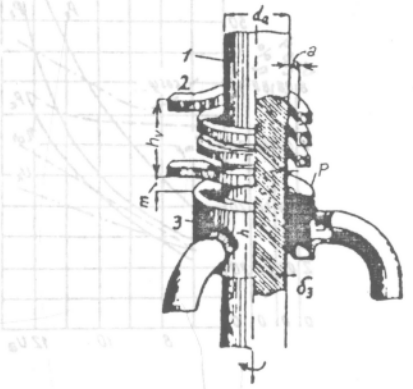
Phương pháp tôi	Kích thước chủ yếu, mm	Công suất cần thiết của máy phát kW	Thời gian nung τ, s hoặc tốc độ chuyển động v, $\frac{mm}{s}$
Nung nóng đồng thời và tôi toàn bộ bề mặt rồi gia công những phần riêng biệt tiếp theo	Khoảng cách giữa vòng cảm ứng và bề mặt chi tiết nung $a = 2 - 5$	$P_{mp} = S_p$ P- công suất riêng kW/cm^2	1. Để tránh lệch tâm cần phải quay 5-10 vòng trong chu kỳ nung khi $h_v > 2d_a$ ảnh hưởng của sự lệch tâm giảm. 2. Đối với bánh răng $\tau < 0{,}25\ M^2$ (khi $M > 4$) khi $\delta = 1 - 5$. $v_{min} = \frac{5}{\delta}$; $v = 2 - 20$; $\tau = \frac{h_v}{v}$ Tốc độ chuyển động khi nung nóng đến điểm Curi $v'_n = \frac{t' L}{\tau'_n h_v}$ Tốc độ chuyển động khi nung nóng cao hơn điểm Curi $v''_n = \frac{(t'' - t') L}{[\tau''_n - \tau'_n] h_v}$
Gia công liên tục-liên tiếp (phương pháp chuyển động) (hình 1.3 và 1.4).	Khoảng cách giữa vòi phun nước và vòng cảm ứng $m \approx 5\delta$, chiều cao của vòi $h \geq 10\delta$. Khi nung nóng theo tính dẫn nhiệt thì $\delta \geq \Delta h_v \geq (15-25)\delta$. Khi nung nóng theo nhiệt dung thì $\delta < \Delta$ $h_v = (5 - 10)\ \delta$; $h_v = \frac{P_{mp} \cdot 10}{\pi d_a P}$ Chiều rộng vòng cảm ứng $b_v = b_d - 2a$ L- Chiều dài nung nóng.	$P_{mp} = \pi d_a$ ph (d_a : cm) $P_{mp} = 10 d_a$ đối với $\delta \leq 5mm$ khi $\delta \geq \Delta$ và $p \approx \frac{2}{\delta} \frac{kW}{cm^2}$ (δ tính theo mm)	



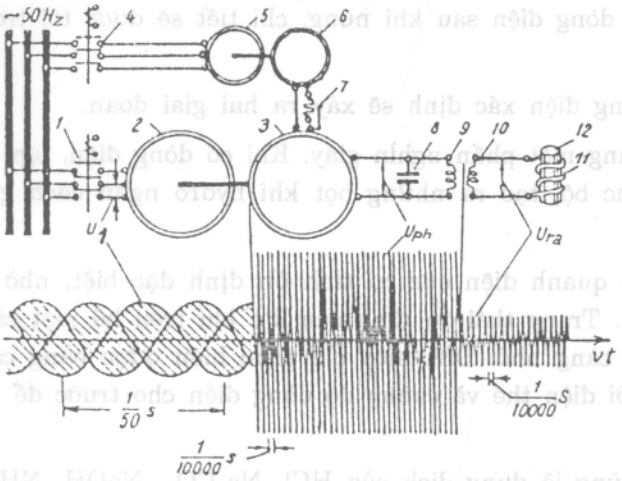
Hình 1.2. Đặc tính thay đổi nhiệt độ khi nung nóng bằng cảm ứng.
a) nung nóng theo nhiệt dung ; b) nung nóng theo dẫn nhiệt.



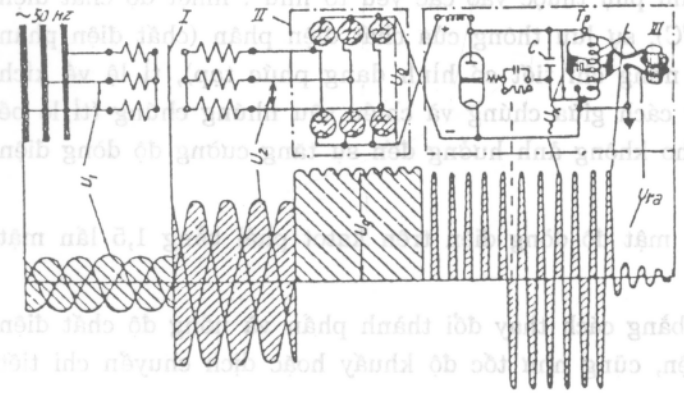
Hình 1.3. Sự sắp xếp tương đối giữa vòng cảm ứng 1, tấm 2, vòi nước 3, trong quá trình tôi liên tục, liên tiếp



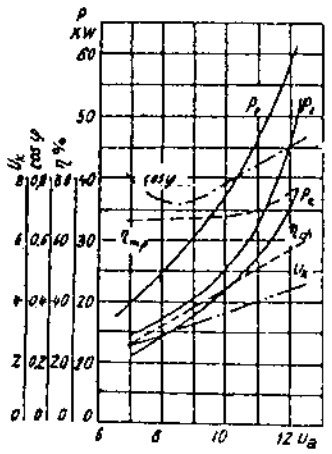
Hình 1.4. Sự sắp xếp tương đối giữa trục nhẵn hình trụ 1, vòng cảm ứng 2, vòi nước 3, trong quá trình tôi liên tục, liên tiếp



Hình 1.5. Sơ đồ nguyên lý thiết bị máy phát.
1. công tắc ; 2. động cơ điện (50 Hz) ; 3. máy phát điện tần số cao ; 4. công tắc ; 5. động cơ điện ; 6. máy kích thích dòng điện ; 7. biến trở ; 8. bộ tụ điện; 9. cuộn sơ cấp máy biến thế dòng điện tần số cao ; 10. cuộn thứ cấp máy biến thế dòng điện tần số cao ; 11. vòng cảm ứng; 12. chi tiết cần nung.



Hình 1.6. Sơ đồ nguyên lý của thiết bị máy phát dùng đèn
I– máy biến thế 50 Hz 220/380–7650 V ;
II– máy chỉnh lưu bằng gadôtron–dòng điện không đổi ;
III– máy phát dùng đèn U_1 = 120/380 V ; U_2 = 7650 V; U_g = 1,35 U_2 không đổi ; U_k = U_g (tần số cao); $U_1 \leq$ 1000 V.



Hình 1.7. Đặc tính năng lượng của thiết bị tôi tần số cao kiểu ВЧИ–63/6,67.НС, U_a– điện thế danh nghĩa của anôt ; P_c– công suất của mạng điện ; P_o– công suất bộ chỉnh lưu ; P_{mp}– công suất của máy phát ; hệ số sử dụng có lợi của máy phát η_{mp} (hesel) ; η_{chung}– hệ số sử dụng có ích của toàn bộ thiết bị ; U_k– điện thế katot.

1.3.2. NUNG NÓNG TRONG CHẤT ĐIỆN PHÂN

Nung nóng trong chất điện phân tiến hành nhờ dòng điện đi qua chất điện phân, trong đó dòng điện làm thoát hydro trên bề mặt katôt. Hydro là điện trở sẽ nung nhanh điện cực thứ 2 – chi tiết thép. Ngắt dòng điện sau khi nung, chi tiết sẽ được tôi trong chất điện phân đó.

Khi nung nóng với cường độ dòng điện xác định sẽ xảy ra hai giai đoạn.

Giai đoạn thứ nhất kéo dài khoảng một phần nghìn giây. Khi có dòng điện, lập tức có hiện tượng phóng tia lửa điện cục bộ, tạo ra những bọt khí hydro ngăn cách giữa điện cực và chất điện phân.

Giai đoạn thứ hai : lớp khí bao quanh điện cực có tính ổn định đặc biệt, nhờ đó nung nóng katôt đều đặn và ổn định. Trạng thái ổn định của lớp khí trên bề mặt càng lớn thì thời gian giai đoạn thứ nhất càng nhỏ. Điều này chỉ thực hiện được bằng cách thay đổi dung dịch điện phân, ứng với điện thế và cường độ dòng điện cho trước để khi hydro được tiết ra lớn nhất.

Những chất điện phân thường dùng là dung dịch của HCl, Na_2CO_3, NaOH, NH_4Cl v.v... trong nước.

Kết quả cuối cùng của quá trình phụ thuộc vào các yếu tố như : nhiệt độ chất điện phân (thích hợp nhất là từ 40–50°C), sự lưu thông của chất điện phân (chất điện phân càng lưu thông thì càng dễ nung nóng chi tiết có hình dạng phức tạp), tỉ lệ về kích thước bề mặt các điện cực, khoảng cách giữa chúng và chiều sâu nhúng chúng (tỉ lệ bề mặt katôt và anot bằng 1/10 sao cho không ảnh hưởng đến sự tăng cường độ dòng điện khi điện thế 40–100 V).

Muốn nung nóng có hiệu quả, mật độ dòng điện trên katot phải bằng 1,5 lần mật độ dòng điện trên anot.

Điều chỉnh tốc độ nung nóng bằng cách thay đổi thành phần và nồng độ chất điện phân, điện thế và mật độ dòng điện, cũng như tốc độ khuấy hoặc dịch chuyển chi tiết máy.

Thực hiện theo chế độ trên, lớp được tôi sẽ có tổ chức mactenxit. Sau đây là các phương pháp nung nóng trong chất điện phân.

a) Nung nóng dầu mút – nung đầu tự do và nung đầu được cách ly

Trường hợp thứ nhất : nung đầu tự do, chi tiết được nung là katot, nhúng trong chất điện phân với chiều sâu nhất định. Trường hợp thứ hai : nung đầu cách ly được bọc bằng samot.

Trường hợp thứ nhất, mật độ dòng điện bằng 4,0 – 6,5 A/cm^2 trường hợp thứ hai 3,0 – 4,0 A/cm^2 (ứng với điện thế 200 – 220 V khi chất điện phân là dung dịch 5 – 10% Na_2CO_3).

b) Nung nóng từng bộ phận của bề mặt

- nhúng phần cần nung trong chất điện phân ;
- đặt chi tiết trong dòng chất điện phân ;
- tiếp xúc với chất cách ly đơn giản.

c) Nung nóng liên tục và nung nóng katot đã được ngăn cách cố định

Người ta đã tìm ra phương pháp nung nóng hai bậc. Điện thế nhỏ nhất để tạo ra bậc thứ nhất phải đủ để nhận được lớp vỏ ổn định, đồng thời xuất hiện sự phóng điện. Giai đoạn 2 của quá trình được giữ vững khí khi điện thế của bậc thứ hai nhỏ nhất.

***Bảng 1.36.* Thí dụ đối với mẫu thép có đường kính 10 và 17 mm**

Thành phần chất điện phân	Điện thế nhỏ nhất, V	
	Bậc thứ nhất	Bậc thứ hai
Dung dịch 15% :		
Na_2CO_3	220	100
NH_4Cl	180	60
NaOH	100	80
HCl	180	60
Dung dịch 5% :		
Na_2CO_3	300	160
NH_4Cl	260	80
NaOH	200	100

Đồng thời với việc nung nóng ở điện thế cao có thể nung nóng chi tiết trước đến nhiệt độ 360 – 600°C trong một lò bất kỳ.

Nung nóng chi tiết ở điện thế thấp có thể thực hiện bằng cách nhúng lâu chi tiết trong chất điện phân. Thí dụ cụ thể được đưa ra ở bảng 1.36–1.39.

Bảng 1.37

Đường kính mẫu, mm	Tốc độ nhúng, mm/s	Điện thế của dòng điện, V	Nhiệt độ nung nóng, °C
10	3,3	130	1100
15	5,0	150	1250
20	2,5	150	1250
25	4,2	160	Bắt đầu nóng chảy
32	3,1	170	nt

1.3.3. PHƯƠNG PHÁP TÔI BẰNG NGỌN LỬA $O_2 - C_2H_2$

Nung nóng để tôi ngọn lửa khí axetilen – oxi là phương pháp tôi ngọn lửa được ứng dụng trong công nghiệp sớm hơn các phương pháp tôi khác và trong một vài trường hợp, phương pháp này có hiệu quả kinh tế hơn phương pháp tôi TSC.

Nếu so sánh phương pháp TSC và tôi ngọn lửa oxi – axetilen bằng phương pháp liên tục – liên tiếp cho thấy rằng, tôi ngọn lửa khí có lợi nhất đối với các chi tiết có diện tích 1000 cm^2 khi sản lượng hàng năm 2100 cái, diện tích 5000 cm^2 khi sản lượng hàng năm 440 cái, đối với cổ trục khuỷu, diện tích 2000 cm^2 khi sản lượng hàng năm 180 cái.

Dùng khí rẻ tiền (propan và khí thiên nhiên) để tôi ngọn lửa có lợi hơn khi sản lượng hàng năm lớn.

Bảng 1.38. **Tính chất của các chất điện phân dùng để nung nóng**

Chất điện phân	Sự xuất hiện phóng tia lửa			Sự xuất hiện nung nóng catôt		
	Nồng độ chất điện phân, %	Cường độ dòng điện, A	Tính dẫn điện ở 18°C (x 10^{-4})	Nồng độ chất điện phân, %	Cường độ dòng điện, A	Tính dẫn điện ở 18°C (x 10^{-4})
HCl	0,1	3 - 4	100	0,5	4 - 5	520
$MnCl_2$	1,5	3 - 4	120	22,0	6 - 7	1300
Na_2CO_3	1,0	3 - 4	130	4,0	6 - 8	400
$Ca(NO_3)_2$	1,0	2	90 - 100	0,8	6	550
$P(NO_3)_2$	3,0	5 - 6	100	-	-	-
MnO_4	3,0	2	100	-	-	-
CuO_4	2,0	3	80	-	-	-
$BaCl_2$	1,0	-	90	3,0	-	150
Na_2SO_4	1,0	-	80	10	-	687

Bảng 1.39. **Chế độ nung nóng một và hai bậc đối với chi tiết máy kéo**

Nung nóng một bậc				Nung nóng hai bậc								W chung kWh
				Bậc một				Bậc hai				
Điện thế U, V	Cường độ dòng điện I, A	Thời gian nung nóng τ, s	Năng lượng điện tiêu hao W, kWh	U V	I A	τ s	W kWh	U V	I A	τ s	W kWh	
240	200	24	0,320	240	180	17	0,204	160	120	27	0,144	0,348
240	160	18	0,192	240	160	12	0,128	160	120	32	0,142	0,270
210	90	8	0,042	220	110	2,5	0,017	150	70	7,5	0,022	0,039
250	200	26	0,361	250	200	7	0,097	190	170	33	0,298	0,395
215	130	12	0,093	220	180	5	0,055	140	120	17	0,097	0,134
230	100	15	0,096	220	130	7	0,055	140	100	15	0,047	0,102
230	100	15	0,096	220	130	7	0,055	140	100	15	0,047	0,102
230	100	15	0,096	220	130	7	0,055	140	100	15	0,047	0,102
220	50	8	0,024	220	55	2	0,068	180	40	8	0,016	0,0227
250	70	36	0,175	220	160	2,5	0,028	190	90	21,5	0,102	0,130

Tôi bề mặt khi nung bằng ngọn lửa khí thường dùng đối với các chi tiết thép hay gang. Chiều sâu lớp được tôi 2 - 5 mm (có khi đến 12 - 15 mm), độ cứng bề mặt HRC 50 - 56. Môi trường làm nguội khi tôi là nước, khí để nung nóng có nhiệt trị lớn hơn 3000 kcal/m^3.

Bảng 1.40. **Các số liệu về chất đốt dùng để tôi ngọn lửa**

Chất đốt	Nhiệt độ ngọn lửa, ^oC	Tỉ lệ số lượng oxi và chất đốt C, m^3/m^3	Sự tiêu hao tương đối ($O_2.C_2H_2$) khi công suất ngọn lửa giống nhau (hệ số thay thế)		Giá thành tương quan của hỗn hợp khí
			của chất đốt K_{cd}	của oxi K_{O_2}	
Axetilen*	3150	1,15-1,25**	1,0	1,0	1
Dầu hoả	2300	2 m^3/kg	1,0 kg/m^3	1,8	-
Khí lò cốc	2000	0,9	3,2	2,5	-
Khí thiên nhiên	2000	1,5	1,6 (1,5)	2,1	0,14

Tiếp bảng 1.40

Khí thành phố	1900	1,3 (1,35)	2,3 (1,8)	2,6	0,14
Metan	2000	2	1,5		0,71
Khí dầu mỏ	2300	2	1,2	2,4	-
Propan-butan	2050	3,5	0,6	1,8	0,18
Khí nhiệt phân	2300	1,1	1,3	1,25	-

* Axetilen C_2H_2 được tạo ra khi tác dụng nước với canxi cacbua

$$CaC_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + C_2H_2$$

Cứ 1 kg CaC_2 thì được 0,25 - 0,3 m^3 C_2H_2, nhiệt trị của C_2H_2 là 12600 kcal/m^3.

** Tỉ lệ $\frac{O_2}{C_2H_2}$ thích hợp nhất bằng 1,4–1,5. Nhưng trong thực tế thường lấy bằng 1,15–1,25 khi đó ngọn lửa có dạng đặc trưng bên ngoài, dùng để kiểm tra quá trình cháy.

Bảng 1.41. **Phân loại các phương pháp tôi bề mặt bằng ngọn lửa khí**

Phương pháp	Mô tả phương pháp	Đặc điểm của chi tiết đem tôi
Cố định	Nung nóng đồng thời toàn bộ hoặc từng phần bề mặt chi tiết bằng ngọn lửa mỏ đốt cố định.	Chi tiết có bề mặt phẳng và cong diện tích nhỏ hơn 100 cm^2 và sống đường ray, răng đĩa xích, đầu suppap, má kẹp...
Quay	Quay nhanh chi tiết quanh trục nằm ngang của nó với tốc độ 8-20 m/ph, nung nóng bằng ngọn lửa mỏ đốt cố định.	Chi tiết hình trụ đường kính lớn hơn 150 mm, chiều dài nhỏ hơn 100 mm, cổ trục khuỷu, bánh răng có môđun nhỏ hơn 8 mm, ngỗng trục và trục hoặc chi tiết có đường kính 15-150 mm, chiều dài không lớn hơn 2 lần đường kính trục trơn, trục, chốt.
	Quay nhanh chi tiết quanh trục thẳng đứng, nung nóng bằng một số mỏ đốt	Chi tiết trụ đường kính nhỏ hơn 450 mm, chiều dài nhỏ hơn 100 mm, con lăn, bánh răng môđun nhỏ hơn 8 mm, bánh đai, vòng đệm.
	Quay chi tiết liên tục với tốc độ vòng 50–250 mm/ph	Chi tiết hình trụ có đường kính lớn hơn 150 mm, chiều dài 800 mm, cổ trục khuỷu lớn, vành đai, vòng bi lớn, tang hãm.

Tiếp bảng 1.41

Tịnh tiến	Vòi đốt và bộ phận làm nguội dịch chuyển dọc theo bề mặt của chi tiết cố định, trong vài trường hợp chi tiết dịch chuyển tương đối với vòi đốt và bộ phận làm nguội cố định	Vòi đốt một (hay vài cái) và gá lắp làm nguội chuyển động dọc theo bề mặt chi tiết đang quay nhanh với tốc độ nhất định.	Chi tiết hình trụ có chiều dài lớn hơn 300 mm, trục chính, đầu búa, pittông bơm, trục cán v.v...
		Như trên với vòi đốt hình vòng chuyển động dọc theo trục chi tiết.	Chi tiết hình trụ đường kính 15-150 mm, dài hơn hai lần đường kính, trục trơn, trục, pittông, chốt, trục chính.
		Vòi đốt chuyển động thẳng dọc theo bề mặt chi tiết cố định. Vòi đốt chuyển động theo phương pháp liên tục với tốc độ 50 - 250 mm/ph.	Chi tiết có mặt phẳng cần tôi dài hơn 100 mm. Sống trượt máy tiện, bánh răng có môđun lớn hơn 10 mm, dao, đầu búa máy.
		Vòi đốt chuyển động cong dọc theo bề mặt của chi tiết cố định.	Chi tiết có bề mặt cần tôi cong, thí dụ thanh định hướng của băng tải.
		Vòi đốt chuyển động cong dọc theo bề mặt của nhiều chi tiết giống nhau đặt cố định.	Chi tiết có bề mặt cần tôi lớn : dc, kìm, búa, clê.
Liên hợp	Vòi đốt cố định, còn chi tiết chuyển động thẳng gần nó.		Chi tiết có mặt phẳng lớn cần tôi bề mặt.
	Vòi đốt chuyển động thẳng, còn chi tiết quay tạo đường nung nóng hình xoắn ốc.		Chi tiết có hình xoắn ốc hoặc hình trụ chiều dài lớn hơn 300 mm, trục vít, vít bánh răng nghiêng, trục, trục chính v.v...

Chọn những giá trị có lợi, các thông số kỹ thuật chủ yếu để tôi ngọn lửa được tiến hành theo các phương pháp sau :

1. Căn cứ theo tiết diện của chi tiết đem tôi và chiều sâu của lớp cần tôi δ mm mà người ta chọn tốc độ chuyển động vòi đốt v - mm/ph và công suất theo chiều ngọn lửa $W_{kh.l}$ - *l*/h.cm (hình 1.9).

2. Xác định sự tiêu hao nhiên liệu :

$$W_{kh} = W_{kh.l}\ K_{kh}L \quad l/h \text{ hoặc } g/h$$

Trong đó K_{kh} là hệ số thay thế của nhiên liệu (xem bảng 1.40) ; L- chiều rộng của vùng cần tôi, cm.

3. Xác định lượng tiêu hao oxi

$$W_{O_2} = W_{kh}C$$

Trong đó C tỉ lệ oxi đối với nhiên liệu (xem bảng 1.40).

4. Theo giá trị đã tìm được công suất theo chiều dài của ngọn lửa ta chọn :

Bảng 1.42. **a) Số lỗ và đường kính mỏ đốt đối với axetilen**

Công suất theo chiều dài của ngọn lửa W_kh, *l*/h.cm	Đường kính lỗ mỏ đốt, d_m, (mm)	Số lỗ mỏ đốt n (L-mm)
180-260	0,6	L/1,5
230-350	0,7	L/1,75
290-430	0,8	L/2,00
420-620	0,9	L/2,25
	1,0	L/2,50

Bảng 1.43. **Vòi phun**

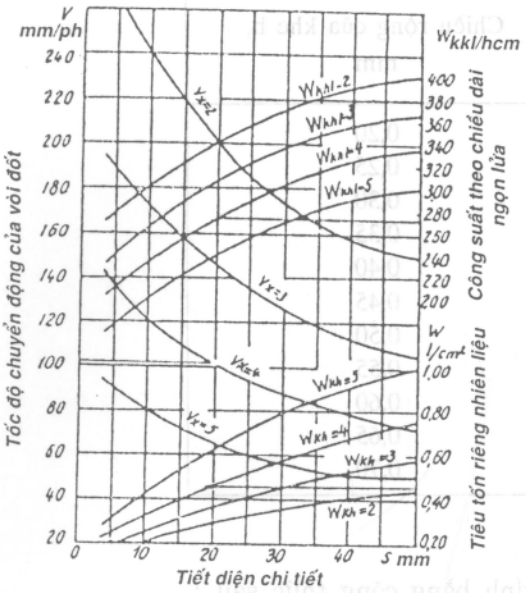
Lượng tiêu hao oxi W_{O_2} *l*/h.cm	Số hiệu vòi phun	Đường kính vòi phun d_{VP}, mm
500-900	4	0,6
800-1600	3	0,8
1500-2500	6	1,0
2400-3500	7	1,2
3300-5600	8	1,5

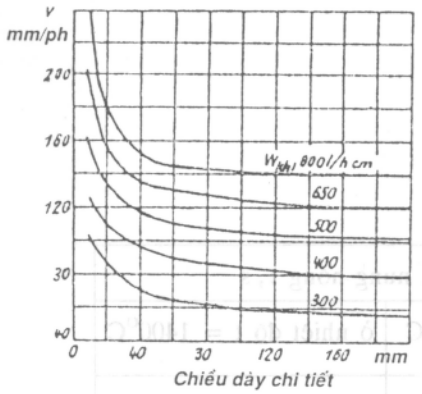
Đường kính lỗ định lượng đối với oxi và dầu hỏa, giá trị áp lực làm việc của oxi và dầu hỏa tra ở hình 1.8 và 1.10.

Khi sử dụng axêtilen, lượng oxi tiêu hao khoảng 0,25 - 1,3 *l*/cm^2 bề mặt phải tôi, tiêu hao axêtilen khoảng 0,2 - 0,1 *l*/cm^2. Trong trường hợp dùng dầu hỏa thì lượng tiêu hao oxi khoảng 0,4 - 2,0 *l*/cm^2, lượng dầu hỏa tiêu hao từ 0,2÷1,0 *g*/cm^2.

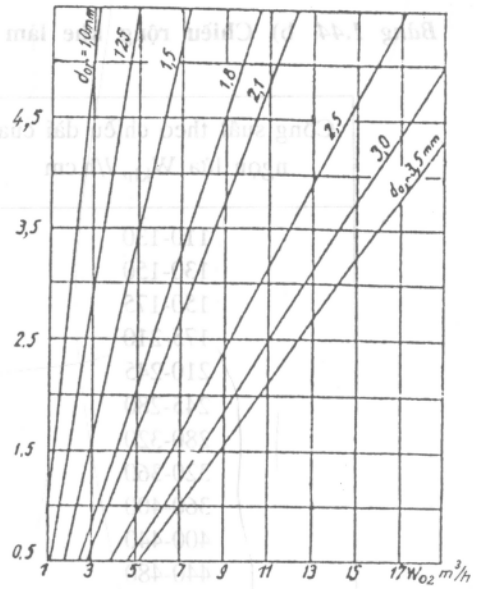
Ngoài ra người ta còn ứng dụng phương pháp tính toán khác theo công suất riêng và công suất hiệu quả của ngọn lửa.

Công suất hiệu quả của ngọn lửa phụ thuộc vào sự tiêu hao của nhiên liệu khoảng 1300 - 1500 cal/s đối với axetilen, 500 - 680 cal/s đối với khí lò cốc, 800 - 1050 cal/s đối với khí mêtan, 300 - 450 cal/s đối với khí hiđro, và 1200 - 1700 cal/s đối với khí dầu mỏ, công suất riêng của ngọn lửa $Q_{ngl} = 2UQ_t$, cal/cm^2.s. Ở đây, U - tốc độ cháy của hỗn hợp (cm/s) ; Q_t - nhiệt trị thấp của khí, cal/cm^3.

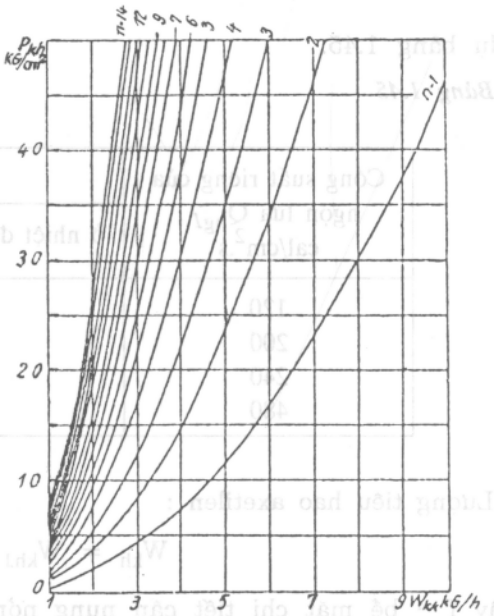




Hình 1.9. Đồ thị để chọn giá trị của tốc độ chuyển động vòi đốt V, công suất theo chiều dài của ngọn lửa $W_{khí}$; lượng tiêu hao riêng của vòi đốt W_{kh} ; x - chiều sâu lớp được tôi, mm ; d - đường kính tiết diện chi tiết, mm.



Hình 1.8. Đồ thị để chọn đường kính lỗ (d_{O_2}) định lượng và áp lực làm việc của oxi−P_{O_2} ; lượng tiêu hao oxi W_{O_2}, m^3/h.



Hình 1.10. Đồ thị để chọn số lỗ định lượng n và áp lực làm việc P_{kh} của dầu hỏa ; lượng tiêu hao dầu hỏa W_h, (kg/h).

Bảng 1.44. **b) Chiều rộng khe làm việc của mỏ đốt để tôi đối với đầu hỏa**

Công suất theo chiều dài của ngọn lửa W_{kh}, *l*/h.cm	Chiều rộng của khe b, mm
110-130	0,20
130-150	0,25
150-175	0,30
175-210	0,35
210-245	0,40
245-280	0,45
280-320	0,50
320-360	0,55
360-400	0,60
400-440	0,65
440-480	0,70

Thời gian nung nóng chi tiết thép được tính bằng công thức sau :

$$\tau = \frac{t^2}{2,7\ Q^2_{ng.l}}$$

thí dụ bảng 1.45.

Bảng 1.45

Công suất riêng của ngọn lửa $Q_{ng.l}$, cal/cm^2.s	Thời gian nung nóng τ, s	
	ở nhiệt độ t = 860°C	ở nhiệt độ t = 1400°C
120	6	17,0
200	3,1	6,5
240	1,6	4,2
480	0,4	1,1

Lượng tiêu hao axetilen :

$$W_{kh} = W_{kh.l}\ f\ l/h \quad W_{kh} = W_{kh.l}\ l\ l/h$$

Ở đây f - bề mặt chi tiết cần nung nóng, cm^2 ;

l - chiều dài của trục cần nung nóng.

Suất tiêu hao của nước $W_{n.f} = 0,3 - 0,6\ l/ph.cm^2$

$$\tau_{ng} = 1,2\ \tau_n$$

Bảng 1.46. **Thời gian nung nóng bề mặt chi tiết bằng ngọn lửa khi (s) đến 900°C**

Phương pháp	Lượng tiêu hao riêng của axetilen $Q_{kh.f}$ *l*/h.cm^2 công suất theo chiều dài của ngọn lửa, $W_{khí}$	Thời gian nung nóng (s) tính theo chiều dài hoặc đường kính chi tiết (mm)										
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	120	150
Chi tiết cố định, đầu mút thổi	$Q_{kh.f}$ = 40	60	-	72	-	78	-	82	-	-	88	-
	60	30	-	40	-	44	-	47	-	-	51	-
	100	13	-	21	-	24	-	26	-	-	29	-
	300	5	-	9	-	10	-	11	-	-	12	-
Quay chi tiết hình trụ	$W_{kh.l}$ = 300	-	57	110	200	300	430	580	760	1000	1500	-
	400	-	49	90	145	205	300	400	510	630	950	1480
	500	-	42	78	120	170	230	300	360	450	940	970

Đối với phương pháp nung nóng liên tục - liên tiếp bằng hỗn hợp khí oxi - axetilen thì :

$$Wk_{h.l} = 400 - 600 \ l/h.cm$$

$$W_{n.l} = 0,4 - 0,6 \ l/ph$$

khoảng cách giữa các vùng nung nóng và làm nguội là 20 - 25 mm đối với thép có lượng chứa cacbon lớn hơn 0,6% - làm nguội trung gian bằng không khí :

$$W_{kh.l} = 1,5 - 2,5 \ m^3/h.cm$$

Bảng 1.47. **Chiều sâu và độ cứng lớp được tôi thay đổi phụ thuộc vào khoảng cách giữa vùng nung nóng và làm nguội**

Khoảng cách giữa các vùng, mm	Chiều sâu, mm			Độ cứng HRC	
	Vùng mactenxit	Vùng matenxittrustit	Ranh giới vùng ảnh hưởng nhiệt	Khi $W_{kh.l}$ = 24 *l*/h.cm	Khi $W_{kh.l}$ = 1,5 m^3/h.cm
14	0,9	1,1	1,6	61	34
21	1,5	2,0	3,0	57	41
25	1,3	2,0	3,0	-	-
30	0,9	1,8	3,2	53	24
35	0,6	1,0	3,4	52	-
40		0,6	3,6		21

Đặc tính của các vòi đốt khi dùng để tôi mặt ngoài

1. Vòi đốt tự hút áp lực thấp (áp lực khí 0,05 – 0,1 at, của oxi là 3,0 – 3,5 at).

2. Vòi đốt không tự hút áp lực cao (áp lực khí 0,5 – 1,5 at của oxi 1,0 – 3,0 at). Thuộc vào loại này có :

a) Vòi đốt phẳng nhiều ngọn lửa, vòi đốt vòng và vòi đốt phẳng nhiều hàng, các vòi đốt này dùng để tôi bằng phương pháp tĩnh tiến, vòi đốt và vòi làm nguội đặt trong cùng một vỏ.

Đường kính miệng d_m = 0,6 – 1,0 mm, khoảng cách giữa hai miệng h = (3,0 – 3,2) d_m, trường hợp có một hàng và h = (3,6 – 4,0) d_m khi có hai hàng.

Đường kính (trong) của vòi đốt

$$D_{vtr} = D_{ct} + [2 \times 5d_m + (2 - 6)],$$

D_{ct} – đường kính chi tiết cần nung nóng, mm.

b) Vòi đốt khe (ngọn lửa rộng), chiều dài khe L ≤ 800 mm, chiều rộng 0,15 – 0,25 mm.

Bảng 1.48. **Vòi đốt ngọn lửa khi dùng để tôi**

Các thông số	Chiều rộng mỏ đốt, mm					
	45	55	60	65	75	85
1	2	3	4	5	6	7
Vòi đốt oxi - dầu hỏa kiểu OK 3-1-58						
Số lượng miệng phun khí đường kính 1,3 mm	19	25	27	29	35	39
Số lượng miệng phun dầu đường kính 0,9 mm	13	17	18	20	23	27
Oxi :						
áp suất, 10^5, N/m^2	1,5-3,0	1,6-3,2	1,7-3,5	1,9-3,7	2-4	2,4-4,2
tổn hao, m^3/h	1,8-5,5	2,43-7,04	3,14-8,15	3,78-9,4	4,5-10,06	5,3-12,6
Dầu hỏa :						
áp suất, 10^5, N/m^2	0,8-1,7	0,9-1,8	1,1-2,0	1,3-2,2	1,1-2,3	1,5-2,4
tổn hao, kg/h	1-2,9	1,35-3,7	1,75-4,3	2,1-4,95	2,5-5,6	2,8-6,3
Không khí :						
áp suất, 10^5, N/m^2	0,5-1,4	0,7-1,5	0,8-1,5	0,9-1,6	0,9-1,6	1-1,8
tổn hao, m^3/h	5,0-9,0	7,2-12,3	7,7-12,7	8,5-14,6	10-16,1	11,5-19,5
Nước :						
áp suất, 10^5, N/m^2	0,03-0,1	0,03-0,1	0,03-0,15	0,04-0,2	0,05-0,2	0,05-0,25
tổn hao, *l*/h	45-130	60-180	60-180	70-200	80-240	85-280

Tiếp bảng 1.48

1	2	3	4	5	6	7
Số lượng miệng phun khí đường kính 0,8 mm	19	25	27	29	35	39
Khoảng cách giữa mép của hai miệng, mm	36	48	52	56	68	76
Số lượng miệng phun đường kính 0,9 mm	13	17	18	20	23	27
Đường kính miệng hút, mm	0,95	1,2	1,2	1,2	1,4	1,4
Đường kính buồng hỗn hợp, mm	2,8	3,5	3,5	3,5	4,3	4,3
Oxi :						
áp suất, 10^5. N/m^2	2,0-4,0	2,0-4,0	3,0-4,0	2,0-4,0	2,0-4,0	2,0-4,0
tổn hao, m^3/h	1,2-2,0	1,85-3,1	1,85-3,1	1,85-3,1	2,5-4,1	2,5-4,1
Axêtilen :						
áp suất, 10^5. N/m^2	0,05-0,1	0,05-0,1	0,05-0,1	0,05-0,1	0,05-0,1	0,05-0,1
tổn hao, m^3/h	1,1-1,95	1,7-2,8	1,7-2,8	1,7-2,8	2,3-3,8	2,3-3,8
tổn hao theo chiều dài, *l*/h.cm	300-500	360-580	330-540	300-500	340-590	300-500
Không khí :						
áp suất. 10^5, N/m^2	0,5-1,3	0,7-1,5	0,8-1,5	0,9-1,6	0,9-1,6	1,0-1,8
tổn hao, m^3/h	5,0-9,0	7,2-12,3	7,7-12,7	8,5-14,6	10,0-16,4	11,5-19,5
tổn hao theo chiều dài, m^3/h.cm	0,9-2,5	1,5-2,57	1,5-2,5	1,5-2,56	1,5-2,5	1,5-2,5
Nước :						
áp suất, 10^5. N/m^2	0,03-0,1	0,03-0,1	0,03-0,1	0,04-0,2	0,05-0,2	0,05-0,25
tổn hao, m^3/h	45-130	60-180	60-180	70-200	80-240	85-280
tổn hao theo chiều dài, m^3/h.cm	12-36	12-36	12-36	12-36	12-36	12-36
Vòi đốt oxi-propan						
Số lượng miệng phun đường kính 1,0 mm, bước 1,5 mm	25	33	35	39	45	53
Đường kính miệng hút, mm	1,4	1,7	1,7	1,7	1,9	1,9
Đường kính buồng hỗn hợp, mm	4,3	5,2	5,2	5,2	5,7	5,7
Oxi :						
áp suất, 10^5. N/m^2	3,5	3,1	3,4	3,7	2,9	3,7
tổn hao, m^3/h	4,0	5,2	5,5	6,2	7,1	8,4
Propan, tổn hao, m^3/h	1,12	1,5	1,6	1,8	2,0	2,4

Tiếp bảng 1.48

1	2	3	4	5	6	7
Vòi đốt khí oxi (mêtan, khí thiên nhiên, khí thành phố)						
Số lượng miệng phun có đường kính 1,2 mm, bước 1,25 mm	31	39	43	47	55	63
Đường kính miệng hút, mm	1,5	1,7	1,7	1,9	2,1	2,1
Đường kính buồng hỗn hợp, mm	4,8	5,2	5,2	5,7	6,2	6,2
Oxi :						
áp suất, 10^5. N/m^2	3,7	3,5	3,9	2,8	3,0	3,5
tổn hao, m^3/h	4,8	6,0	6,5	6,8	8,4	9,6
Khí thành phố tổn hao m^3/h	3,5	4,4	4,9	5,0	6,2	5,1
Vòi đốt oxi - C_2H_2						
Không khí :						
áp suất, 10^5, N/m^2	0,5-1,3	0,7-1,5	0,8-1,5	0,9-1,6	0,9-1,6	1,0-1,8
tổn hao, m^3/h	5-9	7,2-12,3	7,7-12,7	8,5-14,6	10-16,4	11,5-20
Nước :						
áp suất, 10^5. N/m^2	0,03-0,1	0,03-0,1	0,03-0,1	0,04-0,2	0,05-0,2	0,05-0,25
tổn hao, l/h	45-130	60-180	60-180	70-200	80-240	80-280

Bảng 1.49. **Vòi đốt để tôi VĐT bề mặt, rộng 100 - 600 mm**

Các thông số	Kiểu vòi đốt		
	VĐT 200	VĐT 400	VĐT 600
Chiều rộng bề mặt tôi	100,125,150, 175,200	250,300, 350,400	450,500, 550,600
Đường kính miệng hút	1,4-1,8	2,6	3,1
Đường kính buồng hỗn hợp	4,5-5,5	8,0	9,5
Đường kính (trong) của ống dẫn axetilen	13	16	16
Oxi :			
áp suất, 10^5. N/m^2	4,0-5,0	2,5-5,0	3,5-5,0
tổn hao, m^3/h	4,2-8,3	10,0-17,9	18,5-25,0
Axêtilen :			
áp suất, 10^5. N/m^2	0,1-0,7	0,1-0,7	0,1-0,7
tổn hao, m^3/h	3,5-7,0	8,5-14,0	15,5-21,0
Nước :			
tổn hao, *l*/h	200-400	500-700	800-1000

Áp suất khí trong tất cả các vòi đốt $P_{kh} = 10^3$ N/m^2 ; áp suất oxi $P_{O_2} = 0,3 . 10^5$ N/m^2. Vòi đốt VĐP - phẳng để tôi các răng của bánh răng có môđun nhỏ. VĐC - để tôi các răng của bánh răng và các mặt hình trụ.

Áp suất khí, trong tất cả các vòi đốt $P_{kh} = 2 . 10^3$ N/m^2, áp suất oxi $3,0 . 10^5$ N/m^2.

Bảng 1.50. **Vòi đốt phẳng để tôi và vòi đốt ngọn lửa oxi - axetilen**

Chỉ tiêu	Kiểu vòi đốt						
	VĐP3	VĐC5	VĐC6	VĐC8	VĐC11	VĐC13	VĐC15
Số lỗ để đốt	3	5	6	8	11	13	15
Khoảng cách giữa mép hai lỗ, mm	8	16	19	30	43	51	58
Tổn hao axetilen V_{kh}, m^3/h	0,6	1,0	1,0	1,6	2,2	2,6	3,0
Tổn hao oxi VO_2, m^3/h	0,6	1,1	1,1	1,76	2,42	2,86	3,3
Bán kính cong của hình dạng ngọn lửa, m	-	8,0	110	140	180	24	233

Bảng 1.51. **Vòi đốt ngọn lửa oxi - khí nhiệt phân**

Công dụng	Vòi đốt	Chiều dài khe cho ngọn lửa, mm	Bán kính cong của ngọn lửa, mm	Tổn hao loại khí nhiệt phân V_{kh} m^3/h	Tổn hao oxi V_{O_2}, m^3/h
Tôi các mặt phẳng	VĐ 12	12	-	0,85	0,8
	VĐ 60	60	-	4,2	3,9
	VĐ 125	125	-	8,8	8,1
	VĐ 210	210	-	14,7	13,7
Tôi các mặt trong của hình trụ	VĐ 50	50	20	3,5	3,3
	VĐ 122	122	194	8,5	1,9
	VĐ 153	153	194	17,9	17,7
	VĐ 113	113	130	8,1	7,5
Tôi các mặt ngoài của hình trụ	VĐ 64	64	74	4,5	4,2
	VĐ 114	114	112	8,0	7,4
	VĐ 106	106	209	7,4	6,9
	VĐ 102	102	339	7,3	6,7
Tôi răng của bánh răng	VĐ 20	20	140	2,24	2,1
	VĐ 22	22	160	2,4	2,2
	VĐ 26	26	180	3,15	2,9
	VĐ 36	36	-	3,8	3,5

Bảng 1.52. **Phân loại máy tôi**

Kiểu	Phương pháp tôi	Công dụng	Vị trí của chi tiết	Chuyển động của chi tiết khi tôi	Vị trí của mỏ đốt để tôi	Tốc độ chuyển động của chi tiết, mm/ph	Đặc điểm của phương pháp nung nóng
Băng tải	Tịnh tiến	Chi tiết phẳng chiều dài lớn, tấm, thanh, định hướng của máy, dao.	Nằm ngang trên băng tải hoặc trục quay	Chuyển động ngang	Trên mặt chi tiết cần tôi	50-300	1. Không chính xác, quá trình liên tục. 2. Không có khoảng chạy không 3. Tốc độ làm việc có thể chọn trong phạm vị lớn.
Thẳng đứng	Quay và tổng hợp	Chi tiết hình trụ có chiều dài lớn - trục then, trục chính, trục tấm, trục nhỏ, cán dao	Đặt thẳng đứng chính tâm hoặc treo	1. Di chuyển thẳng đứng từ trên xuống dưới với tốc độ làm việc, từ dưới lên, di chuyển nhanh. 2. quay nhanh xung quanh trục.	Xung quanh chi tiết (vòng tròn)	50-300 (tốc độ quay 70-100 vg/ph)	1. Có tính hệ thống nung nóng và làm nguội, khử cong vênh. 2. Tốc độ làm việc có thể chọn trong phạm vi lớn.
Quay	Tịnh tiến (tròn)	Chi tiết hình trụ đường kính lớn, vành đai vòng trống, bánh răng, cưa đĩa.	Đặt trên giá máy quay tự do quanh trục thẳng đứng	Quay xung quanh trục với tốc độ làm việc trên chu vi của bề mặt tôi.	Trên (hoặc trước) bề mặt tôi của chi tiết	50-150	1. Không giới hạn kích thước chi tiết. 2. Tốc độ làm việc có thể lựa chọn trong phạm vi lớn.

Tiếp bảng 1.52

Phân chia	Cố định	Chi tiết có các răng hẹp - đĩa xích, bánh răng, lưỡi phay.	Ngang trên giá đỡ chính tâm hay đặt trên hình tứ diện.	Quay theo chu kỳ một góc nào đấy, sau đó dừng lại, trong khoảng thời gian giữ nhiệt.	Kẹp lấy răng cả hai phía	-	1. Tự động làm việc. 2. Không giới hạn kích thước chi tiết.
Để tôi răng	Tịnh tiến	Chi tiết có răng rộng–bánh răng, vành bánh răng.	Đặt trên máy quay tự do xung quanh trục thẳng đứng	Như trên.	Như trên, mỏ đốt di chuyển thẳng đứng lên phía trên với tốc độ làm việc, di chuyển xuống dưới nhanh	Mỏ đốt để tôi 50-150	1. Tự động làm việc. 2. Không giới hạn kích thước chi tiết. 3. Tốc độ làm việc có thể chọn trong phạm vi lớn.

1.4. TÍNH DÂY ĐỐT

1.4.1. TÍNH ĐIỆN TRỞ DÂY NUNG BẰNG KIM LOẠI

Các số liệu ban đầu.

N_{dd} – công suất danh định của dây đốt (chung), kW ; số pha : một hoặc ba (đối với các lò có công suất dưới 15 kW nên nối một pha) ;

n – số nhánh mắc song song trong một pha ;

U_m – thế hiệu của mạng điện, V.

Công suất pha : $N_f = N_{dd}$ nếu lò có 1 pha ;

$$N_f = \frac{N_{dd}}{3} \text{ trường hợp 3 pha ;}$$

Công suất của 1 nhánh song song :

$$N_n = \frac{N_f}{n} ;$$

Thế hiệu pha $$U_{f\lambda} = \frac{U_m}{\sqrt{3}}$$

$U_{f\Delta} = U_m$ (đối với lò có $\cos\varphi = 1$).

Cường độ dòng điện, A :

Cường độ dòng điện ở dây $I_{m\lambda} = \frac{N_{dd}}{\sqrt{3}\, U_m}$

$$I_{m\Delta} = \frac{N_{dd}}{U_m}$$

Cường độ dòng điện ở pha :

$$I_{f\lambda} = I_m \quad ; \quad I_{f\Delta} = \frac{I_m}{\sqrt{3}}$$

Cường độ dòng điện trong nhánh song song $I_n = \frac{I_f}{n}$

Điện trở, Ω :

điện trở chung $$R = \frac{U_m^2}{10^3 N_{dd}}$$

điện trở pha $$R_f = \frac{U_f^2}{10^3 N_f}$$

điện trở nhánh song song $$R_n = \frac{U_f^2}{10^3 N_n}$$

Căn cứ vào bảng 1.56 hoặc xuất phát từ dự trữ nguyên vật liệu ở khu chúng ta chọn vật liệu làm dây đốt phụ thuộc vào nhiệt độ cực đại yêu cầu.

Kích thước của dây đốt, mm.

đối với tiết diện tròn (dây)

$$d = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 10^5 \rho_t N_f^2}{\pi^2 \nu U_f^2}} ;$$

đối với băng có tiết diện a x b

$$a = \sqrt[3]{\frac{10^5 N_f^2 \rho_t}{2 U_f^2 k (1 + k) \nu}}$$

ở đây, $k = \frac{b}{a}$; ρ_t - điện trở suất ở nhiệt độ t, $\Omega mm^2/m$.

Bảng 1.53. **Công thức tính điện trở và công suất cần thiết của lò cho các sơ đồ mắc dây đốt chính**

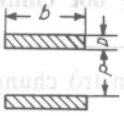
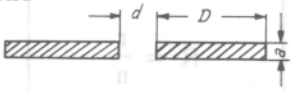
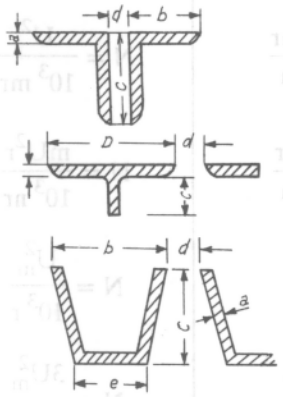
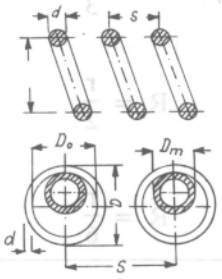
Sơ đồ mắc dây đốt	Số lượng dây đốt	Điện trở chung , Ω	Công suất, kW
Nối tiếp	n	$R = nr$	$N = \frac{U^2}{10^3 nr}$
Song song	n	$R = \frac{r}{n}$	$N = \frac{nU^2}{10^3 r}$
Nối tiếp–song song (mắc song song n nhóm, mỗi nhóm gồm m dây đốt mắc nối tiếp)	m.n	$R = \frac{mr}{n}$	$N = \frac{U^2}{10^3 mr}$
Song song–nối tiếp (mắc nối tiếp n nhóm, mỗi nhóm gồm m dây đốt mắc song song)	m.n	$R = \frac{nr}{n}$	$N = \frac{mU^2 r}{10^3 nr}$
Nối sao		$R = r$	$N = \frac{U_m^2}{10^3 r}$
Nối tam giác	3	$R = \frac{r}{3}$	$N = \frac{3U_m^2}{10^3 r}$
Nối 2 sao	6	$R = \frac{r}{2}$	$N = \frac{2U_m^2}{10^3 r}$
Nối 2 tam giác	6	$R = \frac{r}{6}$	$N = \frac{6U_m^2}{10^3 r}$

Điều kiện sử dụng dây đốt phụ thuộc vào việc chọn đúng giá trị công suất riêng bề mặt :

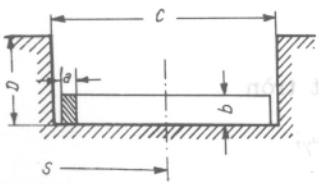
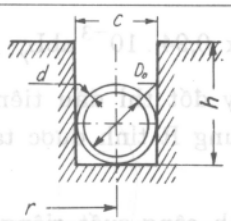
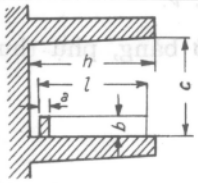
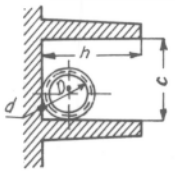
$$\nu = \frac{N \cdot 10^3}{F_4}, \ W/cm^2$$

F_d – bề mặt dây đốt. cm^2.

Bảng 1.54. **Tỷ số $\frac{\nu}{\nu_{lt}}$ khi nung nóng các vật liệu khác nhau (hệ số mất mát nhiệt γ = 0,25)**

Kiểu dây đốt	Vật liệu làm dây đốt			
	Thép có độ đen ε = 0,8	Thép trong môi trường bảo vệ ε = 0,45	Brông ε = 0,6	Nhôm ε = 0,3
1	2	3	4	5
Băng hình chữ chi (Z) $\frac{d}{b}$ = 0,8 	0,46	0,51	0,48	0,54
Băng phẳng hình chữ chi (Z) $\frac{d}{b}$ = 0,2 	0,75	0,79	0,77	0,81
 Dây đốt đúc $\frac{d}{b}$ = 0,5	0,61	0,665	0,635	0,7
Dây cuốn hở và cuốn trên ống $\frac{S}{d}$ = 2,0 	0,465	0,49	0,475	0,505

Tiếp bảng 1.54.

1		2	3	4	5
	Băng cuốn chữ chi (Z) trong rãnh d/b = 0,8 ; h/c = 0,3 ; s/c = 1,25	0,44	0,495	0,46	0,535
Dây cuốn trong rãnh $\frac{s}{c} = 1,5$; $\frac{S}{D} = 2,0$; $\frac{h}{c} = 1,5$		0,31	0,34	0,325	0,355
	Băng cuốn trên thanh sứ $\frac{d}{b} = 0,8$; S = 10,5 cm	0,41	0,47	0,435	0,50
Dây cuốn trên thanh sứ $\frac{S}{D} = 2,0$; S = 10,5 cm		0,39	0,44	0,41	0,47

Phụ thuộc vào đặc điểm cấu trúc còn kể tới năng lượng hoạt bề mặt của dây đốt F_h, từ đó đối với dây đốt lý tưởng tìm ν_{lt}, còn đối với dây đốt thực tế thì tìm trị số thực ν của công suất riêng bề mặt.

Đối với vật liệu đã chọn và cấu trúc của dây đốt xem bảng 1.55 tìm tỉ số $\frac{\nu}{\nu_{lt}}$, từ đây xác định giá trị thực của công suất riêng bề mặt ν.

Một cách gần đúng để nung nóng thép có thể dùng các giá trị sau :

Nhiệt độ lò, °C	ν, W/cm^2	Nhiệt độ lò, °C	ν, W/cm^2
300	4,0	800 - 900	1,5
300 - 400	3,5	900 - 1000	1,0
400 - 600	3,0	1000 - 1100	0,8
600 - 800	2,0	1100 - 1200	0,5

Chiều dài và trọng lượng dây đốt xác định theo các đẳng thức sau :

$$L_f = \frac{R_f S}{\rho_t} = \frac{10^2 N_f}{\pi d}$$

$L_f = L_n . n$; $L_{ch} = 3L_f$ (trường hợp 3 pha) ;

S - tiết diện, mm^2.

Trọng lượng dây đốt, kg :

$$G = 10^{-3} L_{ch} . g ;$$

g - Trọng lượng 1m chiều dài, g ; đối với dây đốt tròn

$$G \times 0{,}786 . 10^{-3} d^2 L_\gamma ;$$

đối với băng

$$G \times 0{,}94 . 10^{-3} abL_\gamma$$

Khi đã có vật liệu sẵn để làm dây đốt thì đầu tiên ta chọn tiết diện theo tiêu chuẩn và căn cứ vào giá trị điện trở chung R tính được ta xác định chiều dài và trọng lượng.

Theo kích thước đã chọn ta xác định công suất riêng bề mặt ν.

Giá trị ν tính được đem so sánh với giá trị thực của ν cho ở bảng, phụ thuộc vào đặc điểm cấu trúc của dây đốt.

Dây đốt thường dùng loại dây cuốn dạng lò xo, băng cuốn chữ chi (Z) hoặc đúc (sơ đồ của các loại dây đốt xem trong bảng 1.54 và hình 1.11).

Đối với dây tròn :

hệ số lõi

$$k = \frac{D}{d} = 5 \div 8 ;$$

hệ số cuốn chặt

$$m = \frac{h}{d} = 2 \div 4 ;$$

khoảng cách giữa 2 vòng

$$a = (1 - 3) d ;$$

số vòng

$$n = \frac{100 L}{\pi D} = \frac{1000 l}{h}$$

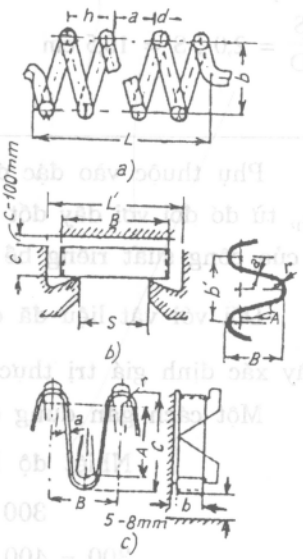
chiều dài của dây đã cuốn

$$l = \frac{Lh}{\pi D} = \frac{Lm}{\pi k}$$

L - Chiều dài chung của dây đốt ;

Công suất dây đốt

$$N_d = \frac{0{,}1 Dl\nu}{m}$$



Hình 1.11. Hình dáng của những dây đốt thông dụng. a) dây tròn cuốn kiểu lò xo ; b) dây đốt dạng băng đặt ngang ; c) dây đốt dạng băng đặt thẳng đứng.

Bảng 1.55. **Đặc điểm của vật liệu dùng làm dây đốt**

Số thứ tự	Số hiệu thép hay tên gọi hợp kim và thành phần hóa học của chúng, %	Nhiệt độ làm việc, °C		Độ dãn dài (2) δ (%) không nhỏ hơn	Điện trở suất ở 20°C Ωmm²/m
		Thường dùng	Giới hạn		
1	Cr15Ni60 (1), 15−18 Cr ; 55−61 Ni ; ⩽ 0,15C	850-900	1000	22	1,09-1,11
2	Cr20Ni80 (1), 22−23Cr ; 75−78 Ni ; ⩽ 0,15C	950-1000	1100	20	1,08-1,10
3	Cr20Ni80Ti3 19−20Cr ; 75−78 Ni ; 2,0−2,9 Ti ; ⩽ 0,08C	950-1000	1150	30	1,27
4	Cr13Al 4 12−15 Cr ; 3,5−5,5 Al ; ⩽ 0,15 C	650-750	850	18	1,26
5	15Cr17Al 5	750-850	1000	12	1,30
6	OOCr17Al 5	850-950	1000	15	1,30
7	10Cr25Al5	900-1000	1150	10	1,40
8	06Cr23Al5 21,5 ÷ 23,5 Cr; 4,5 ÷ 5,5Al; ⩽ 0,06C	950-1100	1200	12	1,40
9	Cr25Ni20Si2	800	900	-	0,92
10	Cr23Ni18	800	900	-	0,90
11	05Cr23Al5 (biến tính), 21,5−23,5 Cr ; 4,3−4,8 Al ; ⩽ 0,05C	-	1200	-	1,40
12	Nicrôm 20−35° (3), 15−20 Cr ; 30−35Ni	-	1000	-	1,06
13	Hợp kim để làm dụng cụ, 12−15Cr ; 2,5−3,0 Al ; ⩽ 0,12C	-	900	-	0,88
14	Manganin 3−12, 2,5−3,5 Ni ; 11,5−13,5 Mn còn lại là Cu	-	350	-	0,43
15	Nayzilber 15−20 13,5−16,5 Ni ; 18−22 Zn còn lại là Cu	-	350	-	0,35
16	Conxtantan 40−1,5 39−41 Ni ; 1,0−2,0 Mn còn lại là Cu	-	350	-	0,50
17	Hợp kim biến trở 25−35 Ni ; 0,5−5,0 Cr còn lại là Fe	-	700	-	0,90
18	Hợp kim biến trở 0,15C ; 3,0 Al ; 2,5 Cr ; 1,5 Mn ; 1,0 Si còn lại là Fe		700		0,8
19	Kantal 20 Cr ; 5 Al ; 3 Co, còn lại là Fe	1250	1300	-	1,4-1,45
20	Suppe−Kantal (3) 90% Mo−Si ; 10% chất dính kim loại và sứ	-	1700	4-5	0,168
21	Megapi (3) 30,0 Cr, 5,0 Al ; 0,1 C còn lại là Fe	1250	1300		1,4
22	Molipden Mo	-	2000	-	0,515
23	Vonfram W	-	3000	-	-
24	Tantan Ta		2500	-	0,15

(1) Ngoài các hợp kim kể trên còn dùng hợp kim Cr23Al5A có 21,5−23,5 Cr; 4,5−5,23Al; ⩽ 0,05C và Cr27Al5A có 26−28Cr; 5,0−5,8Al; ⩽ 0,05C. Hợp kim Cr15Ni60 dùng chế tạo băng dày từ 2,0−3,2 mm và chiều rộng 80 và 100 mm. Tuổi thọ của các dây đốt không nhỏ hơn 6000 giờ làm việc.

Tiếp bảng 1.55. **Đặc điểm của vật liệu dùng làm dây đốt**

Số thứ tự	Hệ số nhiệt độ của điện trở $\alpha.10^5$	Trọng lượng riêng ở 0^oC γ g . cm^3	Hệ số dãn dài trung bình $\beta.10^6$	Tỷ nhiệt trung bình Cp, kcal/kg ^oC	Tính dẫn nhiệt λ, kcal/m.h, ^oC	Nhiệt độ nóng chảy, t_{ch}, ^oC
1	14	8,2-8,35	13,0	0,11	-	1390
2	8,5	8,4	-	0,105	-	1400
3	4,0	8,4	-	-	-	-
4	15(6,0)	7,4	-	-	-	1450
5	6	7,0-7,2	14,5-15,1	-	-	-
6	6	7,0-7,2	14,5-15,0	-	-	-
7	5	7,0-7,2	14,5-15,0	-	-	-
8	5	6,9-7,2	14,5-15,0	-	-	-
9	38	7,84	16,3	0,12	11-12	1430
10	40	7,80	17,0	0,12	11-12	1420
11	5	7,27	17,4	-	-	-
12	26	7,95	16,0	0,12	11,3	1420
13	1	7,5	13,0(20-200^o)	0,117(20-200^o)	16,0	1455
14	-	8,4	18(20-100^o)	-	-	-
15	-	8,6	18(20-100^o)	-	$\frac{27}{100^o}$; $\frac{34}{200^o}$	-
16	-	8,9	14(20-100^o)	-	$\frac{30}{300^o}$; $\frac{42}{400^o}$	-
17	100	-	-	-	-	-
18	40	-	-	-	-	-
19	6,0-9,0	7,1-7,25	14-15(20-200^o)	0,118(20-200^o)	11,0	1500
20	-	5,6	-	-	-	-
21	0,4	7,1	15,5(20-200^o)	0,118(20-200^o)	11,0	1500
22	$2,85.10^{-3}$ t + $+ 2,06.10^{-5}$ t^2	10,2	5,1 + 0,65 x 10^{-4} t	$0,06+7.10^{-6}$ t	$\frac{121}{0^o}$; $\frac{111}{400^o}$; $\frac{98}{800^o}$ $\frac{80}{1200^o}$; $\frac{50}{1600^o}$	2600
23	$2,6.10^{-3}$t + $1,74.10^{-5}$ t^2	19,34	$4,3+7,1.10^{-4}$ t	$0,032+2,4.10^{-3}$t	$\frac{47}{0^o}$; $\frac{64}{1500^o}$; $\frac{71}{1800^o}$	3380
24	$4,0.10^{-3}$	16,6	6,5(20-100^o)	0,033 (18^o)	$\frac{140}{0^o}$; $\frac{111}{200^o}$; $\frac{85}{1100^o}$ $\frac{93}{1500^o}$; $\frac{114}{2000^o}$	2996±50

(2) Đối với băng cán nguội. (3) Hợp kim đặc biệt làm việc ở nhiệt độ cao.

Bảng 1.56. **Các dây điện trở cao làm bằng hợp kim chịu nóng**

Số hiệu hợp kim	Đường kính dây, mm	Điện trở suất ở 20°C Ω mm^2/m
Cr15Ni60	từ 0,2 đến 0,5	1,11
	trên 0,5-10,0	1,12
Cr20Ni80	từ 0,2-0,5	1,17
	trên 0,5-3,0	1,09
Cr20Ni80Ti	-3,0-10,0	1,12
Cr20Ni80Ti3	từ 0,2-10,0	1,27
Cr13Al4	- 0,2-10,0	1,26
OOCr23Al5A	- 0,2-10,0	1,35
OOCr23Al5	- 0,2-10,0	1,37

Đối với các dây đốt loại băng có thể mắc theo cách ở (hình 1.11) :

a) Đặt nằm ngang :

$$A = B - 2(r + a) ; b = (2 \div 5)b ;$$

$$B = b' ; s = 0,6 B ;$$

$$L - (1,3 \div 1,4) B ; r \leq 6a$$

b) Đặt thẳng đứng khi nung nóng dưới 1000°C ;

$$A = B - 2(r + a) ; b' = (2 \div 4)b$$

$$B \leq 200,C = 35 \text{ mm} ; r = 6a$$

Đối với trường hợp nung nóng từ 1000° - 1350°C, trị số A và b' như trên ; B ≤ 150 ; C = 45 mm ; r = 6a.

Dây làm các dây đốt cần phải thử bằng phương pháp thời gian để xác định tuổi thọ của chúng. Theo phương pháp này tuổi thọ xác định như sau :

100 giờ đối với dây làm bằng hợp kim crôm-niken

80 giờ đối với các dây làm bằng hợp kim crôm-nhôm

1.4.2. TÍNH TOÁN DÂY ĐỐT PHI KIM LOẠI

Nhiệt độ, °C	Công suất riêng bề mặt W/cm^2
< 1000	30-35
1100-1200	21
1200-1250	18
1250-1300	14
1300-1350	10
1350-1400	5

Công suất của thanh

$$N_{th} = \frac{U_2}{R}$$

Điện trở của thanh

$$R_{th} = \frac{\rho_t l_{th}}{S}$$

Bảng 1.57. **Các loại băng điện trở cao**

Chiều rộng, mm	6	8	10	12	14	(15)	16	18	20	25	(30)	32	36	40	50	60	80	100
Chiều dày, mm	0,2 ; 0,22 ; 0,25 ; 0,28 ; (0,3) ; 0,32 ; (0,35) ; 0,36 ; 0,4 ; 0,45 ; 0,5 ; 0,55 ; 0,6 ; 0,7 ; 0,8 ; 0,9 ; 1,0																	
	-	-	1,1 ; 1,2 ; 1,4 ; (1,5) ; 1,6 ; 1,8														-	-
	-	-	2,0														-	-
	-	-	-	-	-	-	-	2,2 ; 2,5 ; 2,8 ; (3,0) ; 3,2										

Bảng 1.58. **Điện trở riêng $\rho.10^6$ $\Omega mm^2/m$ của sắt nguyên chất và thép cacbon**

Nhiệt độ, ^oC	Sắt nguyên chất		Thép cacbon 0,45%C		Nhiệt độ ^oC	Sắt nguyên chất		Thép cacbon 0,45%C	
	Nung nóng	Làm nguội	Nung nóng	Làm nguội		Nung nóng	Làm nguội	Nung nóng	Làm nguội
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
25	10,457	10,920	15,333	14,480	750	96,514	102,280	104,290	112,380
100	15,087	15,846	20,225	20,388	760	98,855	104,260	109,540	113,600
150	17,737	19,893	23,301	23,301	770	101,380	106,330	111,460	114,400
200	20,978	24,310	27,563	28,628	780	104,350	109,030	112,960	114,800
250	25,210	28,270	31,683	32,680	790	105,520	110,470	113,820	115,080
300	29,800	32,772	36,087	37,864	800	106,600	111,730	114,230	115,440
350	34,933	38,354	41,345	43,292	850	111,910	116,410	116,360	117,430
400	41,236	44,116	47,100	48,875	880	114,880	118,580	117,130	118,710

Tiếp bảng 1.58

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
450	47,988	50,508	53,142	54,842	890	115,960	119,110	-	-
500	54,740	57,621	59,177	61,662	900	117,010	119,650	118,140	119,420
550	62,123	64,374	65,924	67,700	910	118,120	120,100	-	-
600	70,225	72,027	73,313	75,160	920	119,200	120,660	118,850	120,060
650	78,510	80,850	81,696	83,118	930	120,200	121,000	-	-
680	83,550	85,712	86,740	88,160	940	121,100	121,270	-	-
690	85,442	87,692	88,310	89,864	950	121,360	121,540	119,920	120,910
700	87,152	90,032	89,937	91,711	980	122,170	122,260	120,980	121,760
710	88,862	94,265	91,500	100,520	1000	122,720	122,880	121,690	122,330
720	90,662	96,334	93,275	106,560	1020	123,250	123,430	122,400	122,900
730	92,464	98,315	95,190	108,690	1050	124,060	124,430	123,460	-
740	94,445	100,300	97,325	110,610	1080	124,880	125,330	-	-
					1100	125,420	-	-	-

***Bảng 1.59.* Dây đốt kiểu ống**

Kiểu dây đốt	Chiều dài ống, mm	Chiều dài làm việc, mm	Công suất danh định W đối với các môi trường				
			Không khí tĩnh	Không khí chuyển động	Dầu	Kim loại	Nước
ЭТ-20	200	150	90	250	125	180	550
ЭТ-25	250	200	110	300	150	225	700
ЭТ-32	320	260	150	400	200	300	900
ЭТ-44	440	380	210	515	300	430	1300
ЭТ-60	600	540	300	800	400	600	1850
ЭТ-80	800	740	420	1100	550	850	2500
ЭТ-100	1000	940	530	1400	700	1050	3100
ЭТ-120	1200	1140	650	1700	850	1300	3850
ЭТ-160	1600	1540	820	2200	1100	1650	5000

Chiều dài dây đốt, mm	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0
Công suất cực đại, kW	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	4,5	5,0	6,0	7,0

Dây đốt sản xuất để làm việc trong không khí, dầu, kim loại và diêm tiêu, riêng dây đốt ở trong diêm tiêu có một vỏ thứ hai làm bằng thép không gỉ.

Đường kính thanh

$$d_{th} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 10^5 N_{th}^2 Q_t}{U^2 \nu \pi^2}} \text{ , mm}$$

Chiều dài thanh

$$l_{th} = \frac{N_{th} \cdot 10^4}{\nu \pi d} \text{ , m.}$$

Đối với các thanh bằng silic

$$F_{th} = \frac{V}{10\eta} = \pi d l_{th}$$

F_{th} - bề mặt thanh, cm ;

V - thể tích khoảng không làm việc của lò, cm^3 ;

n - số thanh

Bảng 1.60. **Thành phần hóa học, tính chất và kích thước của dây đốt bằng cacbonrun**

Tên các chỉ tiêu	Cacborun 1 (kiểu silic)	Tên các chỉ tiêu	Cacborun 1 (kiểu silic)
Thành phần hóa học, %	91,4 SiC ; 3,6 SiO_2 ; 0,3 C ; 0,2 Al ; 0,6 Fe ; 0,3 Si ; 0,6 (CaO + MgO)	Nhiệt độ làm việc cực đại, ^oC	1400
		ρ ; Ωcm	1000-2000
γ, kg dm^3	3,27-3,30	Công suất của thanh N_{th}, W	270-7530 (ở 1100^o)*
λ 1000-1400^o			60-1760 (ở 1400^o)*
$\frac{kcal}{m \cdot h \cdot {}^oC}$	20		4760-26000 (ở 1100^o)**
α, $\frac{mm}{m \cdot {}^oC}$	$5{,}6.10^{-6}$	Kích thước thanh, mm :	1040-5650 (ở 1400)**
C, $\frac{kcal}{kg \cdot {}^oC}$	0,17	đường kính d	6-25*
			22-30**
		chiều dài chung L	210-1200*
			405-1320**

* 2 đầu to hơn (33 kích thước) khác nhau.

** Tiếp xúc chính diện (9 kích thước) khác nhau.

Bảng 1.61. **Đặc tính các thanh cacborun của lò Г30 và ОКБ-210А**

Tên các chỉ tiêu	Kiểu lò	
	Г30	ОКБ-210А
Đường kính, mm	25	30
Chiều dài, mm	400	500
Chiều dài của đầu ra, mm	400	400
Công suất ở các nhiệt độ kW		
1250^{o}	5,66	8,77
1300^{o}	4,40	7,60
1350^{o}	3,14	6,25
Công suất riêng bề mặt W/cm^2	13	13

Bảng 1.62. **Điện trở riêng của các thanh cacborun theo %, phụ thuộc vào nhiệt độ**

Kiểu dây đốt	Nhiệt độ ^{o}C							
	0	200	400	600	800	1000	1200	1400
CacborunI (kiểu silic)	100	88	75	70	63	58	53	49
Cacborun II (kiểu glôbar)	100	82	65	61	62	63	64	65
Grafit điện	100	82	77	78	82	88	92	96

Bảng 1.63. **Đặc tính các thanh cacborun (silic) có hai đầu lớn**

Phần làm việc mm		Đầu tiếp xúc mm		Chiều dài chung mm	Điện trở thanh ở $1400^{o}C$ Ω ± 10%	Công suất cực đại kW ở $1350^{o}C$
Đường kính ± 8%	Chiều dài ± 4%	Đường kính ± 8%	Chiều dài ± 4%			
1	2	3	4	5	6	7
6	60	12	75	210	2,2	115
	100			250	2,5	190
8	100	14	130	360	2,4	250
	150		150	450	3,6	380
	180			480	4,4	460
	250			550	6,2	630

Tiếp bảng 1.63

1	2	3	4	5	6	7
12	100	18	200	500	1,1	375
	150			550	1,7	565
14	200	22	250	700	1,8	940
	250			750	2,2	880
			350	950		1100
	300		250	800	2,6	1320
			350	1000		
	400		250	900	3,5	1750
			350	1100		
18	250	28	350	950	1,3	1410
	300			1000	1,7	1700
	400			1100	2,3	2260
	500			1200	2,7	2860
	600			1300	3,4	3400
	800			1500	4,6	4530
25	400	39	400	1200	1,3	3140
	800			1600	2,1	6000
30	1000	45	500	2000	2,6	9450

Chương 2. MÔI TRƯỜNG KHÍ BẢO VỆ

Môi trường bảo vệ phần lớn là thể khí*, chúng gồm có :

Khí bảo vệ thường dùng. Khí này tác dụng tương hỗ với sắt và nguyên tố hợp kim của thép dùng để bảo vệ khỏi oxi hóa.

Khí thấm cacbon. Đó là chất thấm thể khí tác dụng với cacbon trong thép và dùng trong quá trình thấm cacbon và xianua.

Khi đặc biệt. Đó là môi trường dùng để thấm nitơ, thấm crom, thấm bo và các quá trình khác.

Các khí cơ bản của khí bảo vệ gồm có : khí oxi hóa : hơi nước cacbonnic, khí hoàn nguyên như hiđro, oxit cacbon, khí thấm cacbon như metan oxit, cacbon, khí thoát cacbon như hiđro, hơi nước, anhiđric. Khi nung nóng các khí này sẽ tác dụng tương hỗ với thép và căn cứ vào nồng độ của chúng người ta khống chế thành phần của khí bảo vệ.

2.1. CÁC PHẢN ỨNG HÓA HỌC

2.1.1. SỰ OXI HÓA VÀ KHỬ OXI :

Các phản ứng sau đây là những phản ứng oxi hóa và khử oxi :

$$nMe + H_2O \rightleftharpoons mMe_{n/m}O_{1/m} + H_2 \qquad (1)$$

$$nMe + CO_2 \rightleftharpoons mMe_{n/m}O_{1/m} + CO \qquad (2)$$

Sự cân bằng của phản ứng sẽ được xác định khi phần bên trái và phải của phương trình đạt được một tỷ lệ nhất định, nó phụ thuộc vào nhiệt độ, áp suất riêng phần của khí.

Trong trường hợp này giá trị của hằng số cân bằng K_{cb} biểu diễn bằng hệ thức sau :

$$K_{cb,1} = \frac{P_{H_2}}{P_{H_2O}} \; ; \; K_{cb,2} = \frac{P_{CO}}{P_{CO_2}}.$$

Giá trị hằng số cân bằng phụ thuộc vào nhiệt độ của các phản ứng khác nhau, có thể tìm thấy ở các phương trình nêu lên trong bảng 2.1.

Các đường cong cân bằng do tác dụng tương hỗ của các khí với các nguyên tố hợp kim khác nhau trong thép ở dạng nguyên chất theo các phản ứng (1) và (2) được ra đưa trên hình 2.1. Các đường cong cho thấy rằng sự nung kim loại không bị oxi hóa bị hạn chế bởi khả năng kỹ thuật sấy khô khí (đến lượng chứa H_2O = 0,00025% điểm sương – 70°C) và làm lạnh khí CO_2 (đến lượng chứa CO_2 = 0,01%).

* Ngoài thể khí còn có thể rắn như than hoa, grafit, phoi gang, các muối có chứa gốc CN (KCN, NaCN, $K_3Fe_4(CN)_6$, các xương, da, lông động vật v.v. Chúng dùng để phủ bề mặt chi tiết thép khi nung khỏi oxi hóa. Thể lỏng là các bể muối đã được khử oxi hoàn toàn.

Bảng 2.1. **Hằng số nhiệt động của các phản ứng hóa học quan trọng**

Phản ứng	Biểu thức hằng số cân bằng	Thế nhiệt động ΔZ^o kcal/mol hằng số cân bằng lg K_{cb}
(1)	(2)	(3)
$2H_2 + O_2 = 2H_2O$	$K = \frac{P^2_{H_2O}}{P^2_{H_2} P_{O_2}}$	$\Delta Z^o = -119114 + 27{,}028\,T$ $\lg K_{cb} = 26036\,T^{-1} - 5{,}908$
$C + O_2 = CO_2$	$K = \frac{P_{CO_2}}{P_{O_2}}$	$\Delta Z^o = -91116 + 6{,}121\,\lg T - 21{,}572\,T$ $\lg K_{cb} = 19918\,T^{-1} - 1{,}338\,\lg T + 4{,}716$
$2C + O_2 = 2CO$	$K = \frac{P^2_{CO}}{P_{O_2}}$	$\Delta Z^o = -47654 + 12{,}242\,\lg T - 84{,}318T$ $\lg k_{cb} = 10417T^{-1} - 2{,}676\,\lg T + 18{,}432$
$2CO + O_2 = 2CO_2$	$K = \frac{P^2_{CO_2}}{P^2_{CO} P_{O_2}}$	$\Delta Z^o = -134578 + 41{,}1747T$ $\lg K_{cb} = 29416T^{-1} - 9{,}00$
$CO_2 + H_2 = CO + H_2O$	$K = \frac{P_{CO}\,P_{H_2O}}{P_{CO_2}\,P_{O_2}}$	$\Delta Z^o = 7732 - 7{,}073T$ $\lg K_{cb} = -1690T^{-1} + 1{,}546$
$C + CO_2 = 2CO$	$K = \frac{P^2_{CO}}{P_{CO_2}}$	$\Delta Z^o = 43462 + 6{,}121T\lg T - 26{,}7467$ $\lg K_{cb} = -95007T^{-1} - 1{,}338\,\lg T + 13{,}715$
$CH_4 = C + 2H_2$	$P = \frac{P^2_{H_2}}{P_{CH_4}}$	$\Delta Z^o = -13455 - 0{,}5174T\,\lg T -$ $- 19{,}9607 . 10^{-3} T^2 + 5{,}9017 . 10^{-6} T^3 -$ $2{,}48979T$ $\lg K_{cb} = -2941\,T^{-1} + 0{,}1131\,\lg T +$ $4{,}363 . 10^{-3} T - 1{,}290 . 10^{-6} T^2 + 0{,}5138$
$C + H_2O = CO + H_2$	$K = \frac{P_{CO}\,P_{H_2}}{P_{H_2O}}$	$\Delta Z^o = 35730 + 6{,}121T\,\lg T - 55{,}4037$ $\lg K_{cb} = -7811\,T^{-1} - 1{,}338\,\lg T + 12{,}170$
$C + 2H_2O = CO_2 + 2H_2$	$K = \frac{P_{CO_2} P^2_{H_2}}{P_{H_2O}}$	$\Delta Z^o = 28000 + 6{,}121T\,\lg T - 48{,}600T$ $\lg K_{cb} = -6121\,T^{-1} - 1{,}338\,\lg T + 10{,}629$
$\frac{1}{2} CH_4 + O_2 =$ $\frac{1}{2} CO_2 - H_2O$	$K = \frac{P^{\frac{1}{2}}_{CO_2} \cdot P_{H_2O}}{P^{\frac{1}{2}}_{CH_4} \cdot P_{O_2}}$	$\Delta Z^o = 98367{,}5 - 2{,}8086\,\lg T -$ $9{,}9803 . 10^{-3} T^2 + 2{,}9508 . 10^{-6} T^3$ $+ 1{,}484\,T$ $\lg K_{cb} = 21503\,T^{-1} - 06{,}14\,\lg T +$ $+ 2{,}182 . 10^{-3} T - 0{,}1645 . 10^{-6} T^2$ $- 0{,}324$

Tiếp bảng 2.1

(1)	(2)	(3)
$2CH_4 + O_2 = 2CO + 4H_2$	$K = \frac{P_{CO}^2 P_{H_2}^4}{P_{CH_4}^2 P_{O_2}}$	$\Delta Z^o = 20744 + 11,207\ T\ lgT - 39,9214 . 10^{-3} T^2 + 11,8034 . 10^{-6} T^3 - 89,294\ T.$ $lgK_{cb} = 4535\ T^{-1} - 1,225\ lg\ T + 8,727 . 10^{-8} T - 2,587 . 10^{-6} T^2 + 19,52$
$CH_4 + CO_2 + 2CO + 2H_2$	$K = \frac{P_{CO}^2 P_{H_2}^2}{P_{CO_2} P_{CH_4}}$	$\Delta Z^o = 56917 + 5,6036T\ lgT - 19,9607.10^{-3} T^2 + 5,9017.10^{-6} T^3 - 65,234T$ $lgK_{cb} = -12.442\ T^{-1} - 1,225\ lgT + 4,363 . 10^5 T - 1,290 . 10^{-6} T^2 + 14,260$
$CH_4 + H_2O = CO + 3H_2$	$K = \frac{P_{CO} P_{H_2}^3}{P_{CH_4} P_{H_2O}}$	$\Delta Z^o = 49185 + 5,6036T\ lgT - 19,9607 . 10^{-3} T^2 + 5 . 9017 . 10^{-6} T^3 - 57,891\ T$ $lgK_{cb} = -10752\ T^{-1} - 1,225\ lgT + 4,363 . 106^{-3} T - 1,290 . 10^{-6} T^2 + 12,655$
$CH_4 + 2H_2O = CO_2 + 4H_2$	$K = \frac{P_{CO_2} P_{H_2}^4}{P_{CH_4} P_{H_2O}^2}$	$\Delta Z^o = 41455 + 4,6036T\ lgT - 19,9607 . 10^{-3} T^2 + 5,9017 . 10^{-6} T^3 - 50,818T.$ $lgK_{cb} = -9062T^{-1} - 1,006\ lgT + 4,363 . 10^{-3} T - 1,290 . 10^{-6} T^2 - 11,109$
$3H_2 + N_2 = 2NH_3$	$K = \frac{P_{NH_3}}{P_{N_2}^{\frac{1}{2}} P_{H_2}^{\frac{3}{2}}}$	$\Delta Z^o = -24100 + 53,400\ T$ $lgK_{cb} = 2640\ T^{-1} - 1,83$

Bảng 2.2. **Phương trình để xác định hằng số cân bằng các phản ứng oxi hóa kim loại**

Các nguyên tố và oxit của chúng	Trị số lgK_{cb} của các phản ứng	
	Đối với $K_{cb,1} = \frac{P_{H_2}}{P_{H_2O}}$	Đối với $K_{cb,2} = \frac{P_{CO}}{P_{CO_2}}$
Fe, $\frac{1}{4}$ Fe_3O_4 < 570°C	$1455T^{-1} - 1,259$	$-234,T^{-1} + 0,286$
Fe, FeO > 570°C	$724T^{-} - 0,3915$	$-966,2T^{-1} + 1,1546$
(α - β) Ti, TiO	$18678T^{-1} - 1,855$	$16987T^{-1} - 0,308$
Ti, $\frac{1}{3}$ Ti_2O_3	$15025T^{-2} - 1,471$	$13335T^{-1} - 0,075$
Be, BeO	$18634T^{-1} - 2,085$	$16944T^{-1} - 0,538$

Tiếp bảng 2.2

(1)	(2)	(3)
Al, $\frac{1}{3}$ Al_2O_3	$16041T^{-1}$ - 2,464	$14,351T^{-1}$ - 0,918
Zr, $\frac{1}{2}$ ZrO_2	$15096T^{-1}$ - 1,407	$13406T^{-1}$ + 0,139
V, $\frac{1}{2}$ V_2O_2	$9866T^{-1}$ - 0,948	$8178T^{-1}$ + 0,598
V, $\frac{1}{2}$ V_2O_3	$8438T^{-1}$ - 1,413	$6747T^{-1}$ + 0,132
Si, $\frac{1}{2}$ SiO_2	$9748T^{-1}$ - 1,778	$8057T^{-1}$ - 0,237
Mn,MnO	$7343T^{-1}$ - 0,953	$5653T^{-1}$ + 0,593
Cr, $\frac{1}{2}$ Cr_2O_3	$6488T^{-}$ - 1,481	$47087T^{-1}$ + 0,065
W, $\frac{1}{2}$ WO_2	$1326T^{-1}$ - 1,205	$-364T^{-1}$ + 0,341
Mo, $\frac{1}{2}$ MoO_2	$1583T^{-1}$ - 0,753	$107T^{-1}$ - 0,207
Co, CoO	$-728T^{-1}$ - 0,816	$-24137T^{-1}$ + 0,729
Ni, NiO	$-575T^{-1}$ - 1,305	$-2265T^{-1}$ + 0,241
Cu, Cu_2O	-43137^{-1} - 0,456	$-6004T^{-1}$ + 1,090

Theo giá trị hằng số cân bằng, xác định sự giảm khả năng nhiệt động hoàn nguyên các oxit thứ nhất, các nguyên tố được sắp xếp theo thứ tự như sau : *Cu, Ni, Co, Mo, W, Fe, Cr, Mn, Si, V, Zr, Al, Be, Ti.*

Tùy điều kiện tác dụng với các khí, các nguyên tố được chia làm 3 nhóm :

Nhóm thứ nhất – *Fe, W, Mo, Co, Ni và Cu*. Sự cân bằng của chúng với khí đạt được theo các phản ứng (1) và (2).

Nhóm thứ hai – *Cr, Mn, Si* và *V*. Sự cân bằng của chúng với các khí chỉ đạt được theo phản ứng (1).

Nhóm thứ ba – *Ti, Be, Al, Zr*. Sự cân bằng của chúng với các khí không thể đạt được ngay cả theo phản ứng (1) đối với mức độ sấy khi cho phép đến điểm sương – 70°C. Đạt được cân bằng và sự hoàn nguyên oxit của các nguyên tử này có thể xảy ra trong khí quyển hiđro, nhưng nhất định phải dùng chất cho thêm, đó là chất có ái lực lớn với oxi hơn nguyên tố tác dụng. Đối với nguyên tố đã cho, chất cho thêm có thể là nguyên tố khác nào đấy có giá trị bằng số cân bằng ở nhiệt độ đã cho.

Thí dụ, đối với Cr chất cho thêm có thể là Ti, Be, Al, Zr, Mg, Li... hay các hợp chất của chúng (các hiđrit).

Đối với thép hợp kim cao, chứa các nguyên tố như Ti, Al, Zr thành phần của khí bảo vệ được chọn chỉ bằng con đường thực nghiệm.

Thành phần cuối cùng của khí trong lò, tùy theo nhiệt độ, được điều chỉnh theo chiều phản ứng hơi nước.

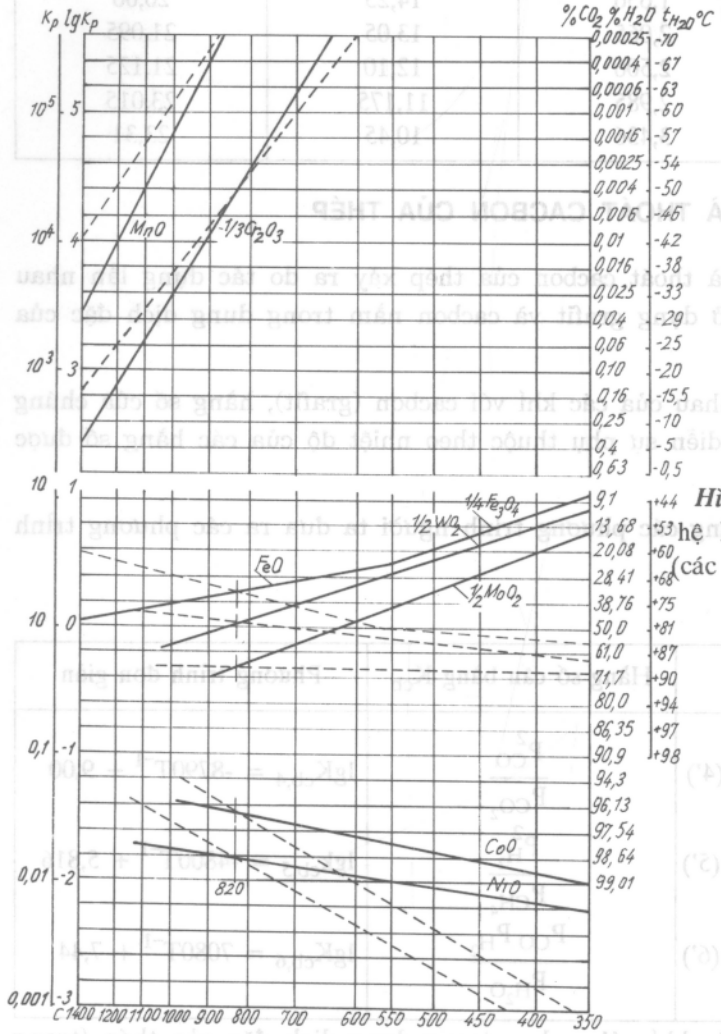
$$CO_2 + H_2 \leftrightharpoons CO + H_2O \qquad (3)$$

Hằng số cân bằng của nó

$$K_{cb,3} = \frac{P_{CO} \cdot P_{H_2O}}{P_{CO_2} \cdot P_{H_2}}$$

còn sự phụ thuộc vào nhiệt độ của hằng số cân bằng được biểu thị bằng phương trình

$$\lg K_{cb,3} - 1690T^{-1} + 1{,}546$$



Hình 2.1. Giản đồ cân bằng các hệ H_2-H_2O-Me và $CO-CO_2-Me$ (các đường chấm chấm là thuộc hệ $CO-CO_2-Me$)

Bảng 2.3. **Hằng số cân bằng và lượng cân bằng CO_2 và H_2O của phản ứng hơi nước**

°C	$K_{cb.3}$	$K_{cb,3} = \frac{P_{CO}\,P_{H_2O}}{P_{CO_2}\,P_{H_2}}$	Lượng cân bằng ở P = 1at theo %	
			CO_2	H_2O
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
600	-0,389	0,408	23,7	12,335
700	-0,190	0,646	20,4	15,385
800	-0,029	0,935	17,85	17,125
820	-0,000	1,000	17,50	17,50
900	0,105	1,274	15,875	18,655
1000	0,219	1,656	14,25	20,00
1100	0,315	2,065	13,05	21,095
1200	0,399	2,506	12,10	21,125
1300	0,472	2,985	11,175	23,015
1400	0,536	3,436	10,45	23,31

2.1.2. SỰ TĂNG CACBON VÀ THOÁT CACBON CỦA THÉP

Các quá trình tăng cacbon và thoát cacbon của thép xảy ra do tác dụng lẫn nhau giữa các khí với cacbon. Cacbon ở dạng grafit và cacbon nằm trong dung dịch đặc của Fe_α, hay Fe_γ.

Các phản ứng tác dụng lẫn nhau của các khí với cacbon (grafit), hằng số của chúng và các phương trình đầy đủ biểu diễn sự phụ thuộc theo nhiệt độ của các hằng số được đưa ra ở bảng 2.1.

Để thuận tiện cho việc sử dụng các phương trình người ta đưa ra các phương trình đơn giản dưới đây.

Bảng 2.4

Phản ứng		Hằng số cân bằng K_{cb}	Phương trình đơn giản
$C\ (grafit) + CO_2 \leftrightharpoons 2CO$	(4')	$\frac{P_{CO}^2}{P_{CO_2}}$	$lgK_{cb,4} = -8790T^{-1} + 9,00$
$CH_4 \leftrightharpoons C\ (grafit) + 2H_2$	(5')	$\frac{P_{H_2}^2}{P_{CH_4}}$	$lgk_{cb,5} = -4800T^{-1} + 5,816$
$C\ (grafit) + H_2O \leftrightharpoons CO + H_2$	(6')	$\frac{P_{CO}\,P_{H_2}}{P_{H_2O}}$	$lgK_{cb,6} = 7080T^{-1} + 7,44$

Sự tác dụng lẫn nhau của các khí với cacbon trong dung dịch đặc của thép (trong ferit hay trong austenit) - C_{Fe}, tiến hành theo các phản ứng :

$$C_{Fe} + CO_2 \leftrightharpoons 2CO \quad (4)$$

$$CH_4 \leftrightharpoons C_{Fe} + 2H_2 \quad (5)$$

$$C_{Fe} + H_2O \leftrightharpoons CO + H_2 \quad (6)$$

Các hằng số cân bằng của phản ứng (4), (5), (6) được xác định theo các giá trị hằng số của phản ứng (4') (5'), (6') và có tính đến hoạt độ của cacbon trong dung dịch đặc a_c, thí dụ :

$$K_{cb,6} = \frac{K_{cb,6}}{a_c}$$

Trên hình 2.2 – 2.4a đưa ra các giản đồ cân bằng của sự tác dụng các khí với cacbon.

Khi dẫn các hỗn hợp khí phức tạp cho tác dụng với cacbon của thép, thành phần cuối cùng của khí thu được :

$$CH_4 + CO_2 \leftrightharpoons 2CO + 2H_2 \quad (7')$$

$$CH_4 + H_2O \leftrightharpoons CO + 3H_2 \quad (8')$$

2.1.3. CÁC LOẠI VÀ ĐẶC TÍNH CỦA CÁC KHÍ

Do điều kiện tác dụng hóa học của các khí với thép theo các phản ứng trên, theo từng phản ứng hay theo các phản ứng đồng thời, khí bảo vệ được chia làm sáu loại sau :

I. Hiđro–hơi nước–nitơ ;

II. Hiđro–mêtan–hơi nước–nitơ ;

III. Hiđro–hơi nước–oxi cacbon–nitơ ;

IIIa. Hiđro–hơi nước–oxit cacbon–mêtan–nitơ ;

IV. Oxit cacbon–anhiđric–cacbonic–nitơ ;

V. Oxit cacbon–anhiđric–hiđro–hơi nước–nitơ ;

Va. Oxit cacbon–anhiđric cacbonic–hiđoô–hơi nước–mêtan–nitơ ;

VI. Nitơ–oxit cacbon–hiđro.

Trong công nghiệp, các loại khí bảo vệ I, II, V và VI được dùng rộng rãi hơn.

Sự tác dụng của khí bảo vệ loại I, $H_2 - H_2O - N_2$ với thép là theo chiều của 3 phản ứng (1), (5) và (6).

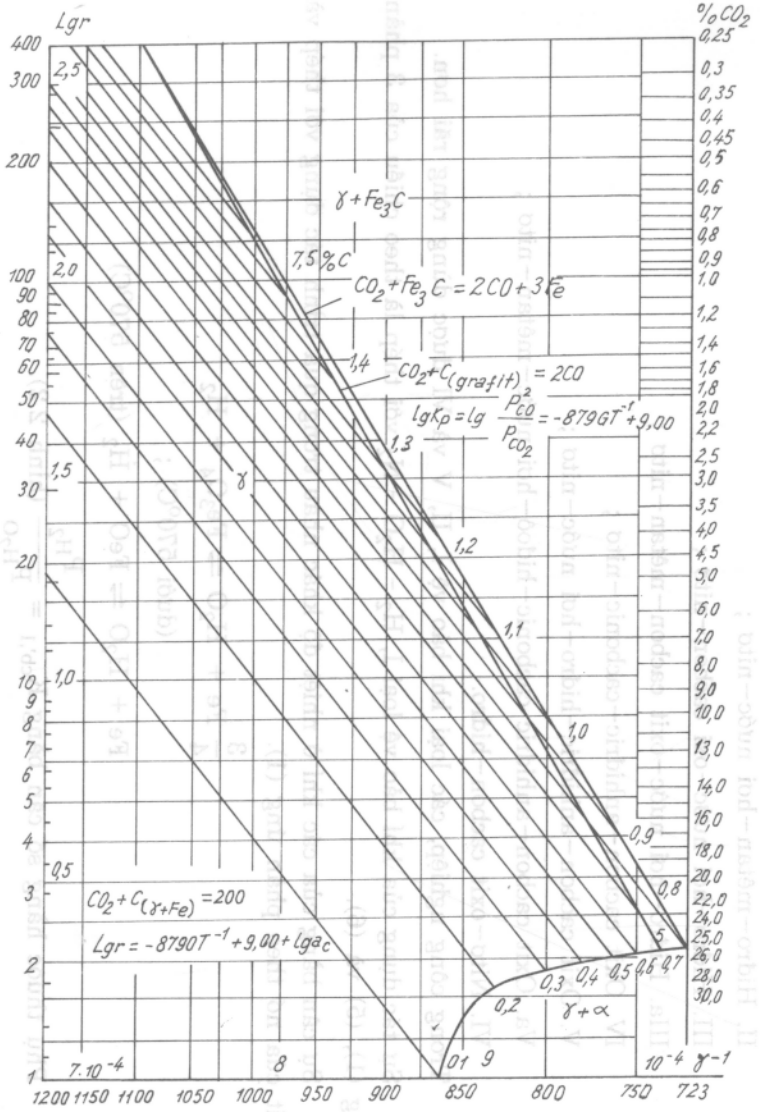
Sự cân bằng của các khí ở nhiệt độ khác nhau trong quá trình tác dụng với thép và oxit của nó theo phản ứng (1).

$$\frac{3}{4} Fe + H_2O \leftrightharpoons Fe_3O_4 + H_2$$

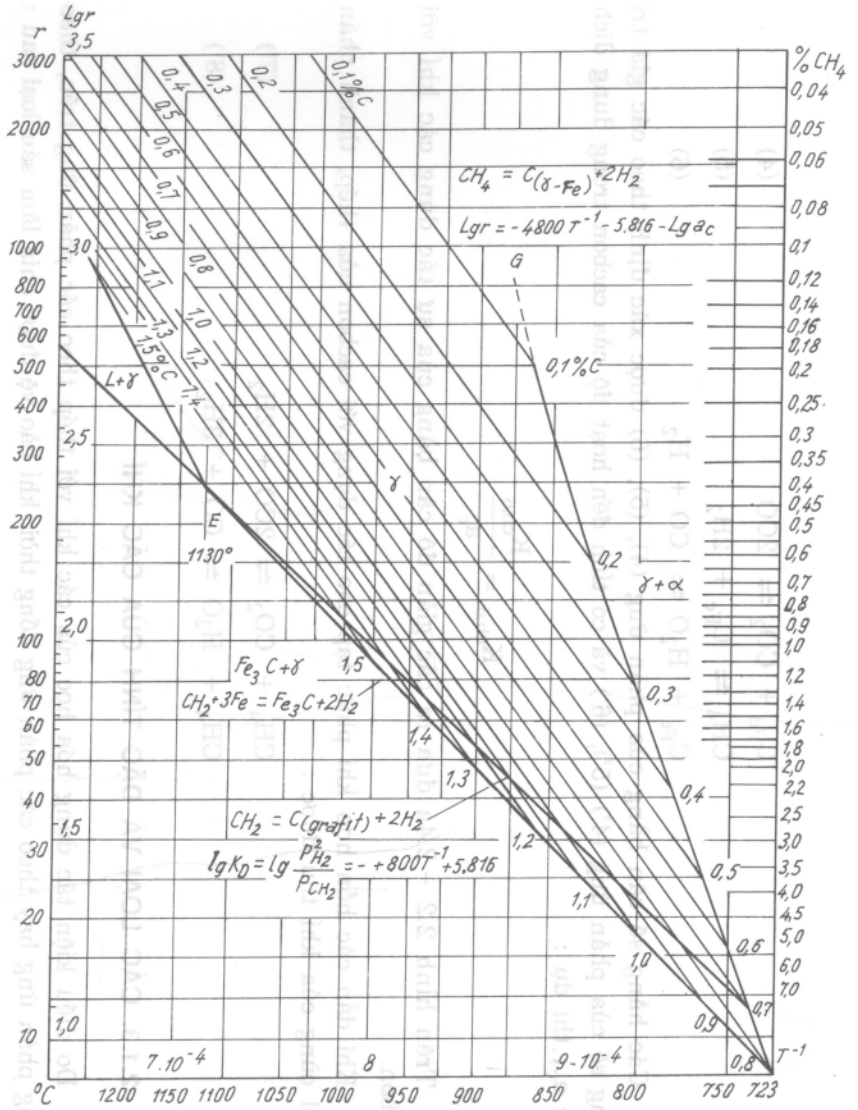
(dưới 570°C) ;

$$Fe + H_2O \leftrightharpoons FeO + H_2 \text{ (trên 570°C)}$$

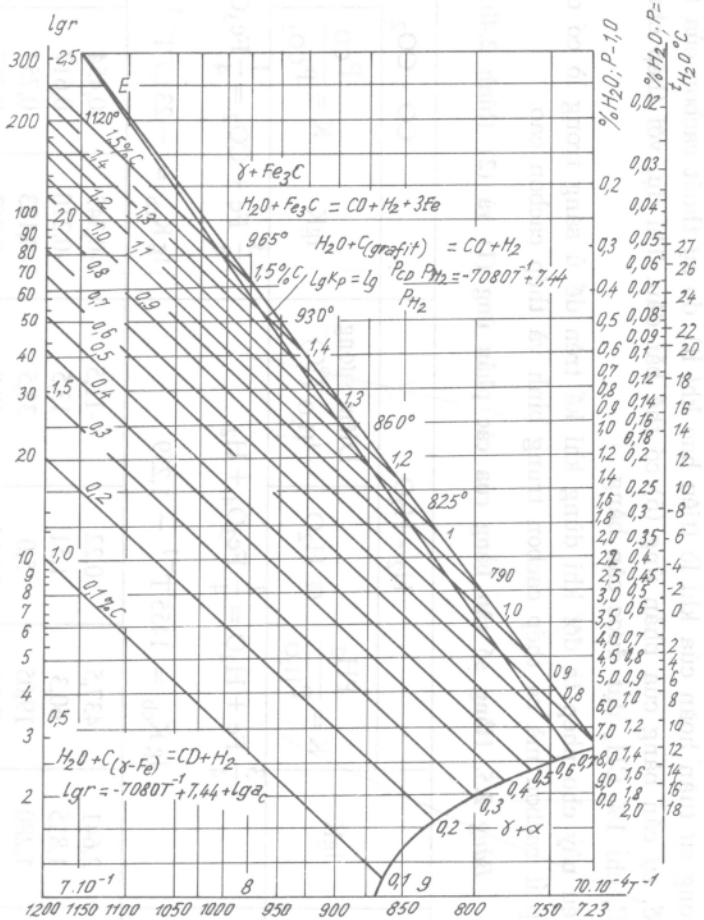
Phụ thuộc hằng số cân bằng $K_{cb',1} = \frac{P_{H_2}}{P_{H_2O}}$ (hình 2.2).



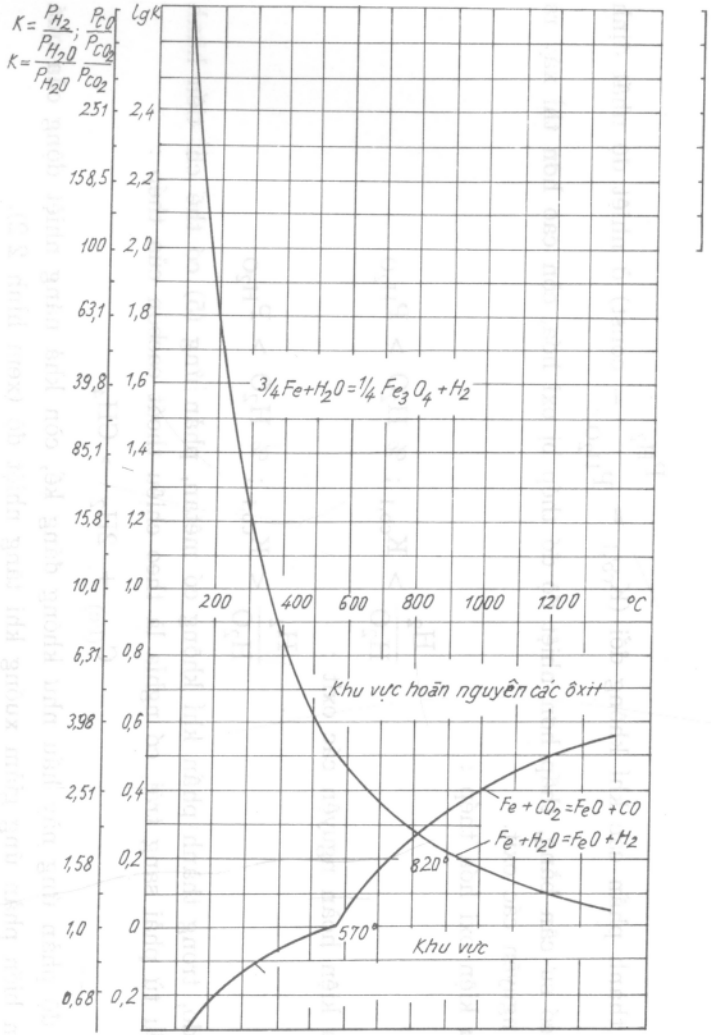
Hình 2.2. Giản đồ cân bằng $CO-CO_2-C$



Hình 2.3. Giản đồ cân bằng hệ H_2-CH_4-C.



Hình 2.4a. Giản đồ cân bằng hệ $CO-H_2-H_2O-C$



Hình 2.4b. Giản đồ cân bằng hệ H_2-H_2O và $CO-CO_2$ với sắt.

Khi nâng cao nhiệt độ, hằng số cân bằng của phản ứng (1) giảm xuống (lượng chứa hơi nước cân bằng được nâng cao), khi giảm nhiệt độ thì ngược lại, hằng số cân bằng tăng lên.

Khi thành phần các khí không đổi ($K_{cb',1} = \frac{P_{H_2}}{P_{H_2O}}$ = const) ở nhiệt độ nhất định bắt đầu có sự cân bằng, thấp hơn nhiệt độ đó thép bị oxi hóa, còn cao hơn thì xảy ra sự hoàn nguyên các oxit.

Điều kiện oxi hóa thép :

$$\frac{H_2}{H_2O} > K_{cb,1} \; ; \; \% \; H_2O > P_{H_2O}$$

Điều kiện hoàn nguyện các oxit :

$$\frac{H_2}{H_2O} < K_{cb,1} \; ; \; \% \; H_2O > P_{H_2O}$$

Do đó, trong thành phần khí không có mêtan, phản ứng (5) có thể chỉ tiến hành theo chiều từ phải sang trái, có nghĩa là theo chiều thoát cacbon của thép :

$$C_{(Fe)} + 2H_2 \rightarrow CH_4$$

Tốc độ phản ứng này hầu như không đáng kể, còn khả năng nhiệt động của quá trình diễn biến phản ứng giảm xuống khi tăng nhiệt độ (xem hình 2.2).

Trong sự tuần hoàn của khí lò (tiêu hao khí ít), do sự thoát cacbon của thép không đáng kể, sự cân bằng của phản ứng (5) có thể bắt đầu. Thí dụ, với thép chứa 0,7% C, ở 900°C, chỉ 1% CH_4 đạt được cân bằng.

Điều này cho phép ta đôi khi dùng khi kể trên để ủ sáng trong lò có chụp không chỉ thép ít cacbon mà cả thép cacbon trung bình và thép cacbon cao.

***Bảng 2.5.* Hằng số cân bằng của các phản ứng (1) và (2) (hình 2.4b)**

t°C	lgK	H_2 - H_2O			CO - CO_2		
		$K = \frac{PH_2}{P_{H_2O}}$	% H_2O	Điểm sương t_{H_2O} (°C)	lgK	$K = \frac{P_{CO}}{P_{CO_2}}$	% CO_2
	$\frac{3}{4}$ Fe + H_2O = $\frac{1}{4}$ Fe_3O_4 + H_2 $\lg K_{cb} = 1455\,T^{-1} - 1{,}259$				$\frac{3}{4}$ Fe + CO_2 = $\frac{1}{4}$ Fe_3O_4 + CO $\lg K_{cb} = -231{,}7\,T^{-1} + 0{,}286$		
100	2,641	437,5	0,22	-11,5	-0,343	0,454	68,6
200	1,815	60,3	1,51	13,5	-0,210	0,617	71,7
300	1,280	19,05	5,0	33,5	-0,123	0,753	57,0
400	0,902	7,98	11,14	49,0	-0,062	0,867	53,4
500	0,622	4,19	19,27	59,5	-0,017	0,962	51,0

Tiếp bảng 2.5

	$Fe = H_2O + FeO + H_2$ $lgK_{cb} = 724\ T^{-1} - 0,391$				$Fe + CO_2 = Fe_3O_4 + CO$ $lgK_{cb} = -234,7\ T^{-1} + 0,286$		
600	0,439	2,75	26,67	66,5	0,044	1,11	17,1
700	0,352	2,25	30,77	69,5	0,163	1,455	10,8
800	0,281	1,92	34,25	72,5	0,255	1,80	35,7
900	0,226	1,68	34,31	74,5	0,332	2,15	31,75
1000	1,177	1,50	40,00	76,0	0,397	2,495	28,5
1100	0,136	1,37	42,19	-	0,452	2,83	26,1
1200	0,101	1,26	44,25	-	0,496	3,13	24,2
1300	0,069	1,17	46,54	-	0,541	3,475	22,35
1400	0,012	1,10	47,62	-	0,577	3,78	20,9

Trong thành phần khí không có oxit cacbon, mặc dầu có hiđro phản ứng (6) tiến hành theo chiều từ trái sang phải, nghĩa là theo hướng cacbon hóa của thép.

$$C_{Fe} + H_2O \rightarrow CO + H_2.$$

Tốc độ phản ứng này rất cao, còn khả năng nhiệt động của quá trình diễn biến phản ứng thì tăng lên theo sự tăng nhiệt độ (xem hình 2.4b). Phản ứng này càng xác định thoát cacbon của thép. Nó có thể bị ngăn cản chỉ với khi được làm thật khô (dưới điểm sương -40°C).

Do đó khí $H_2 - H_2O - N_2$ có thể cân bằng khi tác dụng lẫn nhau theo phản ứng (1) và thoát cacbon theo phản ứng (5) và (6).

Khí bảo vệ II loại $H_2 - CH_4 - H_2 - N_2$ thực tế chỉ có thể tăng cacbon và để đạt được cân bằng với thép, việc điều chỉnh một lượng mêtan thật ít rất khó khăn. Do đó, khí bảo vệ loại II không được ứng dụng rộng rãi trong công nghiệp.

Sự tác dụng của khí bảo vệ loại III, $II_2 - CO - H_2) - N_2$ với thép là tùy theo chiều của 3 phản ứng : (1) - xác lập sự cân bằng (2) - đưa đến hoàn nguyên các oxit, thí dụ $FeO + CO \rightarrow Fe + CO_2$ và (6) - cũng xác lập sự cân bằng :

$$C_{Fe} + H_2O \leftrightharpoons CO + H_2.$$

Sự cân bằng của phản ứng (1) được xác định bằng những điều kiện như vậy ngay cả đối với khí loại I.

Vì trong thành phần khí không có anhidric cacbonic, phản ứng (2) chỉ có thể tiến hành từ phải sang trái, nghĩa là theo chiều hoàn nguyên các oxit. Sự cân bằng của phản ứng (6) phụ thuộc vào giá trị hằng số cân bằng của phản ứng (6) $K_{cb,6} = \dfrac{P_{CO}\,P_{H_2}}{P_{H_2O}}$.

Nâng cao nhiệt độ, hằng số cân bằng tăng lên (lượng cân bằng của hơi nước giảm xuống), giảm nhiệt độ ngược lại hằng số cân bằng giảm đi.

Khi thành phần khí $K_{cb,6'} = \frac{P_{CO}\,P_{H_2}}{P_{H_2O}}$ = const và sự cân bằng bắt đầu ở một nhiệt độ xác định, thấp hơn nhiệt độ ấy thép tăng cacbon, còn cao hơn, thép thoát cacbon.

Điều kiện tăng cacbon $\frac{CO\,.\,H_2}{H_2O} > K_{cb,6'}$; % $H_2O < P_{H2O}$ đối với phản ứng (6').

Điều kiện thoát cacbon $\frac{CO\,.\,H_2}{H_2O} < K_{cb,6'}$ % $H_2O > P_{H_2O}$ đối với phản ứng (6').

Quá trình thoát cacbon, của thép kết thúc khi đạt điều kiện : $\frac{CO\,.\,H_2}{H_2O} = K_{cb,\,6'}$; % $H_2O = P_{H_2O}$ đối với phản ứng (6).

Do đó, khi $H_2 - CO - H_2O - N_2$ là khí hoàn nguyên và cân bằng đối với thép có lượng chứa cacbon xác định. Việc điều chỉnh sự cân bằng được tiến hành theo lượng chứa hơi nước. Việc điều chỉnh này có thể tiến hành một cách tự động.

Sự có mặt mêtan trong thành phần khí kể trên (khí loại IIIa) có thể dẫn đến khả năng tiến hành các phản ứng sau :

$$CH_4 \rightarrow C_{Fe} + 2H_2 \qquad (5)$$

(tăng cacbon)

$$CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2 \qquad (8')$$

Về mặt nhiệt động, phản ứng (8) có khả năng xảy ra lớn hơn nhiều so với phản ứng (6) nên phần khí mêtan kết hợp với hơi nước, và phản ứng (6) bị ngăn cản theo chiều từ trái sang phải, nó trở nên cân bằng hoặc thay đổi chiều phản ứng, lượng ẩm của khí ở cửa ra của lò giảm xuống.

Lượng khí mêtan dư không kết hợp với hơi nước, làm tăng cacbon trong thép ở điều kiện :

$$\frac{H_2^2}{CH_4} < K_{cb,5} \text{ hay } \%\ CH_4 > P_{CH_4}$$

Do đó, khí $H_2 - CO - H_2O - N_2$ là khí làm tăng cacbon, nó là chất thấm cacbon thể khí.

Trong quá trình làm tăng cacbon, thép đạt được nồng độ cacbon nhất định, điều kiện kỹ thuật yêu cầu ở trên lớp bề mặt trong giai đoạn đầu (hay trong vùng thứ nhất của lò liên tục, cần đưa vào lò khí loại IIIa, đó là khí tăng cacbon), còn trong giai đoạn thứ hai (trong vùng hai của lò), thì đưa vào khí loại II – khi cân bằng, lượng hơi nước trong khí được điều chỉnh một cách tự động.

Khí loại IV, $CO - CO_2 - N_2$, có ý nghĩa lý thuyết thuần túy, vì nó xác định hai phản ứng cơ bản tác dụng lẫn nhau, đó là phản ứng (2) và phản ứng (4), khí này không có ý nghĩa thực tế vì trong thực tế khó nhận được thành phần như vậy.

Sự tác dụng của khí loại V, $CO - CO_2 - H_2 - H_2O - N_2$ với thép được điều chỉnh theo chiều các phản ứng (1) và (2) của sự oxi hóa và hoàn nguyên các oxit. Các phản ứng đó xác định trạng thái cân bằng ở các nhiệt độ đã biết.

Thành phần khí này trong lò tùy thuộc nhiệt độ, được điều chỉnh theo chiều phản ứng (3) của hơi nước.

$$CO_2 + H_2 \leftrightharpoons CO + H_2O$$

Vì vậy, trong thành phần của khí kể trên có chứa một lượng đáng kể khí cacbonic hiđro và hơi nước, tác dụng của nó với cacbon của thép xảy ra theo các phản ứng sau :

$$C_{Fe} + CO_2 - 2CO \; ; \qquad (4)$$

(thoát cacbon)

$$C_{Fe} + 2H_2 \rightarrow CH_4 \; ; \qquad (5)$$

(thoát cacbon)

$$C_{Fe} + 2H_2 \rightarrow H_2 + CH_4 \qquad (6)$$

(thoát cacbon)

phản ứng có thể cân bằng tùy theo điều kiện cân bằng của các khí oxi hóa và hoàn nguyên, nhưng làm thoát cacbon ở nhiệt độ bất kỳ.

Khi có mêtan trong thành phần khí kể trên, có thể xảy ra các phản ứng sau :

$$CH_4 + CO_2 \rightarrow 2CO + 2H_2 \qquad (7')$$

$$CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2 \qquad (8')$$

Về mặt nhiệt động học, các phản ứng (7) và (8) có khả năng xảy ra lớn hơn nhiều so với các phản ứng (4) và (6), do có mêtan kết hợp với khí cacbonic và hơi nước ; các phản ứng (4) và (6) chiều từ trái sang phải bị ngăn cản, dẫn đến cân bằng và thay đổi chiều.

Ngoài ra, sự có mặt mêtan cũng có thể đưa đến thay đổi chiều của phản ứng (5).

Lượng mêtan dư không kết hợp với khí cacbonic và hơi nước, dẫn đến làm tăng cacbon trong điều kiện, nếu :

$$\frac{H_2^2}{CH_4} < K_{cb,5'} \text{ hay } \%\ CH_4 \text{ dư} > P_{CH4}$$

Khí $CO - H_2 - CO_2 - H_2O - CH_4 - N_4$ là khí làm tăng cacbon (chất thấm cacbon thể khí) trong điều kiện đã biết.

Nhờ điều chỉnh lượng mêtan cho thêm đối với khí loại V, có thể có được khí cân bằng với thép có lượng cacbon xác định. Các quá trình tôi sáng, ủ, thường hóa, thấm cacbon và thấm xianua thể khí có thể được điều chỉnh tự động bằng cách xác định lượng mêtan cho thêm, trong khi lượng chứa hơi nước và khí cacbonic trong thành phần khí là không đổi.

Khí bảo vệ loại VI, $N_2 - CO - H_2$ có thể có ý nghĩa thực tế, nhờ nhận được nitơ kỹ thuật trong các nhà máy ở dạng khí thải khi sản xuất oxi lỏng. Trong thành phần của

nitơ kỹ thuật có oxi dư, đôi khi đến 3%, sự có mặt của hơi nước và một lượng nào đó khí cacbonic làm cho thép bị oxi hóa và thoát cacbon theo các phản ứng (1), (2), (4) và (6) và cả theo phản ứng :

$$nMe + O \rightarrow mMe_{n/m}\ O_{2/m} ;$$

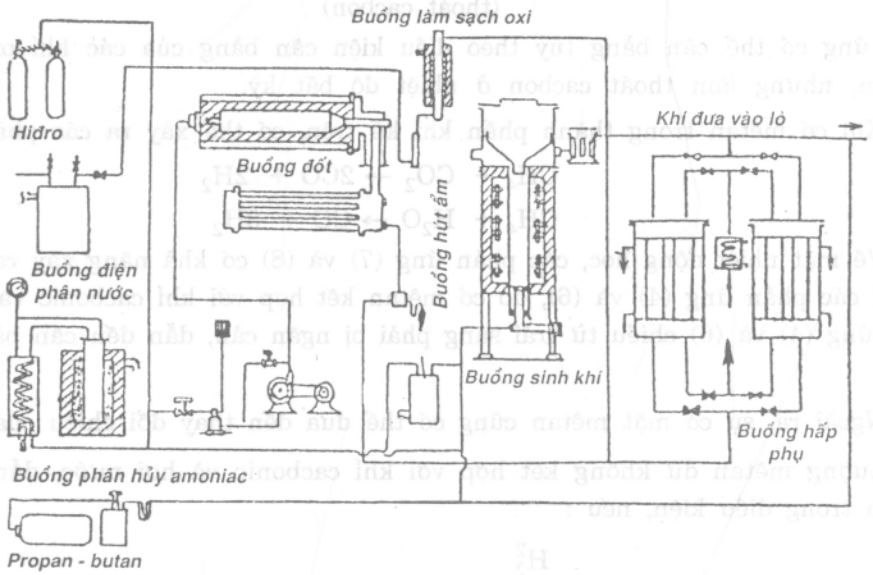
$$2Fe + O_2 = 2FeO$$

Để chống lại ảnh hưởng ăn mòn của oxi, hơi nước và khí cacbonic trong thành phần khí nitơ kỹ thuật, cần đưa vào các khí hoàn nguyên hiđro và oxit cacbon.

Sự có mặt hiđro trong thành phần khí, trước hết xảy ra phản ứng :

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

Do phản ứng này, trong thành phần khí tăng lượng chất ôxi hóa (hơi nước). Trong trường hợp này, cần đưa vào thành phần khí một lượng hiđro lớn hơn và có tính đến sự cản trở hoàn toàn phản ứng (1) theo chiều từ trái sang phải (lại tính đến lượng hơi nước được tạo thành), để có được sự cân bằng hay ngay cả sự hoàn nguyên các oxit.

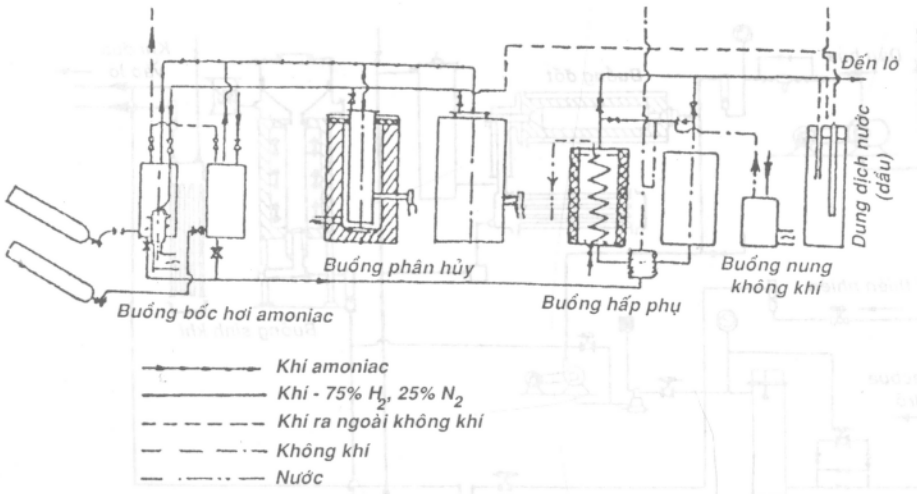


Hình 2.5a. Sơ đồ điển hình điều chế khí bảo vệ trên cơ sở hiđro.

Để ngăn cản chiều từ trái sang phải, nhận được sự cân bằng hay hoàn nguyên các oxit (theo phản ứng (2)) và tăng cacbon (theo phản ứng (4)) cần cho thêm cacbon vào thành phần khí.

Ảnh hưởng đồng thời của hiđro và oxit cacbon có tác dụng ngăn ngừa sự thoát cacbon của thép theo phản ứng (6).

Trong thành phần khí nitơ kỹ thuật, chỉ có hiđro có thể bảo vệ được thép khỏi bị oxi hóa, khí $N_2 - CO - H_2$ có thể là khí cân bằng hay khí hoàn nguyên.



Hình 2.5b. Sơ đồ điều chế khí bảo vệ từ amoniac (khí 75% H_2, còn lại nitơ và một lượng hơi nước).

2.2. CÁC PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT KHÍ BẢO VỆ

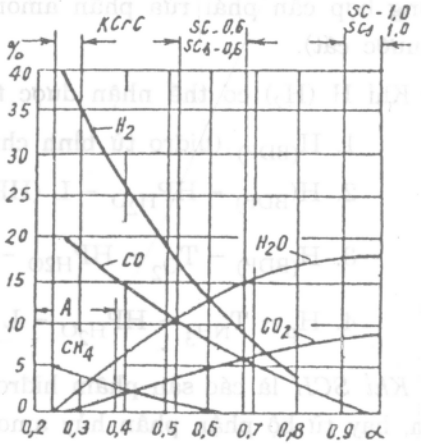
Trong thực tế, khí bảo vệ sản xuất theo 3 phương pháp cơ bản.

a) Cracking (phân hủy) các khí. Phân hủy amoniac và làm khô kỹ khí tiếp theo (khí loại A, P) cũng như cacking các cacbua hiđro (khí thiên nhiên) khí thấp, khí lò cốc, benzen, dầu hỏa, dầu, v.v...) và hỗn hợp với không khí hay hơi nước và các khí khác, tiếp theo làm sạch bồ hóng, cặn và cốc, trong vài trường hợp có làm khô.

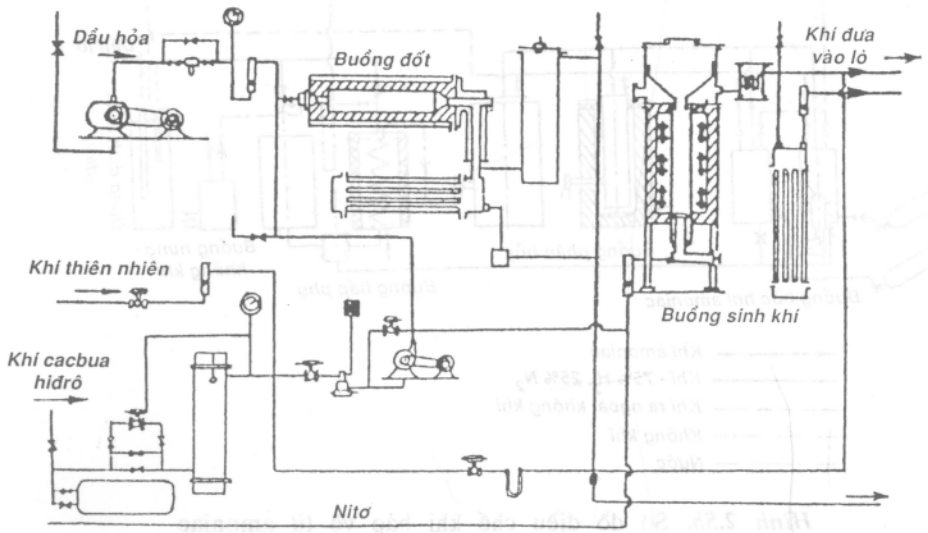
b) Quá trình sinh khí có nung nóng bên ngoài lò (khí KSKĐn) và không nung (khí KSK) có làm sạch CO_2 và H_2O tiếp theo và làm khô.

c) Đốt từng phần các khí (amoniac phân hủy, khí sinh khí, khí thiên nhiên, khí cacbua hiđro đã nung và các khí công nghiệp khác) với hệ số tiêu hao không khí khác nhau (0,25 ; 0,45 ÷ 0,6 ; 0,8 – 0,9), trong một vài trường hợp có làm sạch CO_2 và làm khô tiếp theo (khí thấm SCH, SC-α), ứng dụng các phương pháp tạo khí bảo vệ bằng cách làm giàu khí, nhờ các phản ứng thu nhiệt và bằng cách tạo ra các hỗn hợp tổng hợp. Các khí bảo vệ được dùng rộng rãi trong sản xuất, được điều chế trên cơ sở :

1. hiđro (hình 2.5a và 2.7b) ;
2. các sản phẩm nung từng phần các khí cacbua hiđro (khí công nghiệp) (hình 2.6–2.8).
3. dùng nitơ kỹ thuật (hình 2.9).



Hình 2.6. Thành phần các sản phẩm cháy từng phần của các khí phụ thuộc hệ số tiêu hao không khí (nung ngoài buồng đốt)



Hình 2.7. Sơ đồ điển hình điều chế khí bảo vệ trên cơ sở các sản phẩm cháy từng phần và cracking cacbua hiđro

Khí bảo vệ trên cơ sở hiđro

Nguồn điều chế hiđro là hiđro kỹ thuật trong bình chứa, điện phân nước và phân hủy amoniac.

Khí H(H_2) là khí hiđro nguyên chất nhận được trực tiếp ở các bình chứa do điện phân nước hay phân hủy amoniac. Khi dùng từ các bình, chứa hay từ các bộ phận điện phân nhất thiết phải làm sạch oxi.

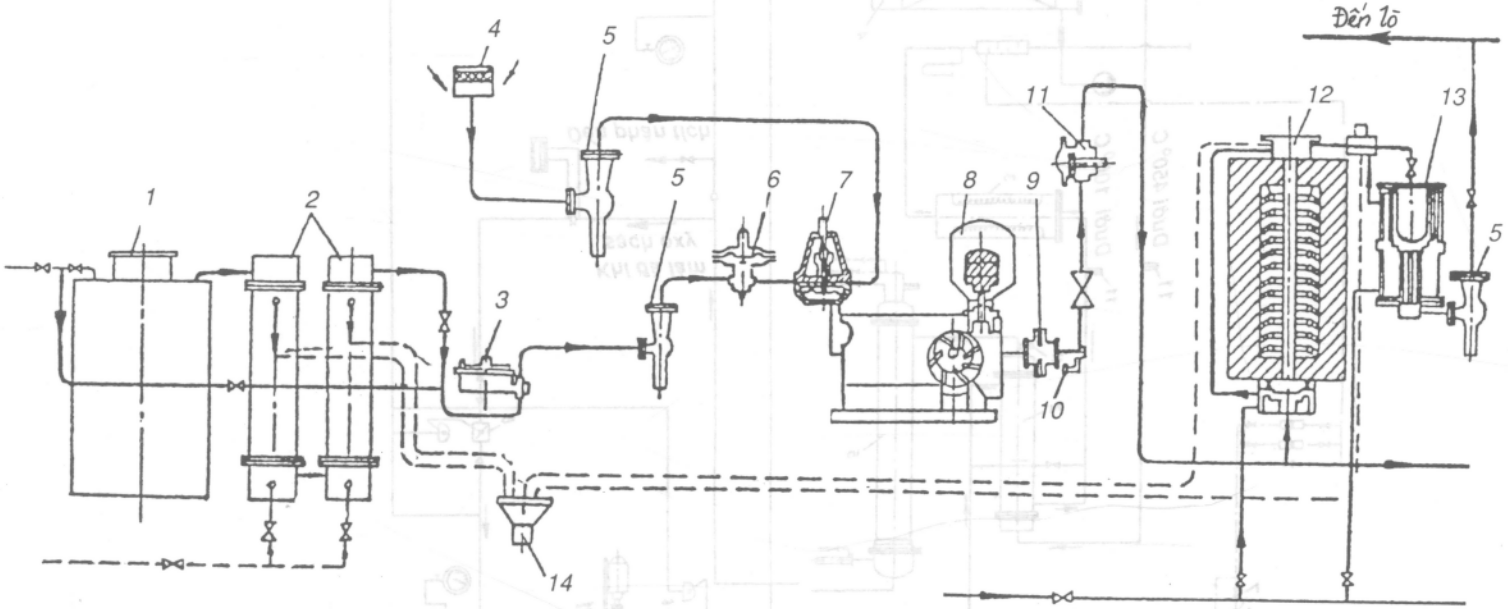
Khi sử dụng amoniac phân hủy không cần làm sạch oxi, nhưng trong một vài trường hợp cần phải rửa phần amoniac thừa (bằng cách cho amoniac đã phân hủy qua cột nước cất).

Khí H (H_2) có thể nhận được theo một trong bốn sơ đồ sau :

1. $H_{(BDP)}$ (hiđro từ bình chứa điện phân hoặc phân hủy – lò để nhiệt luyện).
2. $H_{(BDP)}$ – HP_{H_2O} – L (HP_{H_2O} – bộ phận hấp phụ để làm khô).
3. $H_{(BDP)}$ – T_{O_2} – HP_{H2O} – L (T_{O_2} – thùng để làm sạch oxi trong khí).
4. H_p – T_{NH_3} – HP_{H_2O} – L (T_{NH_3} – thùng để rửa amoniac).

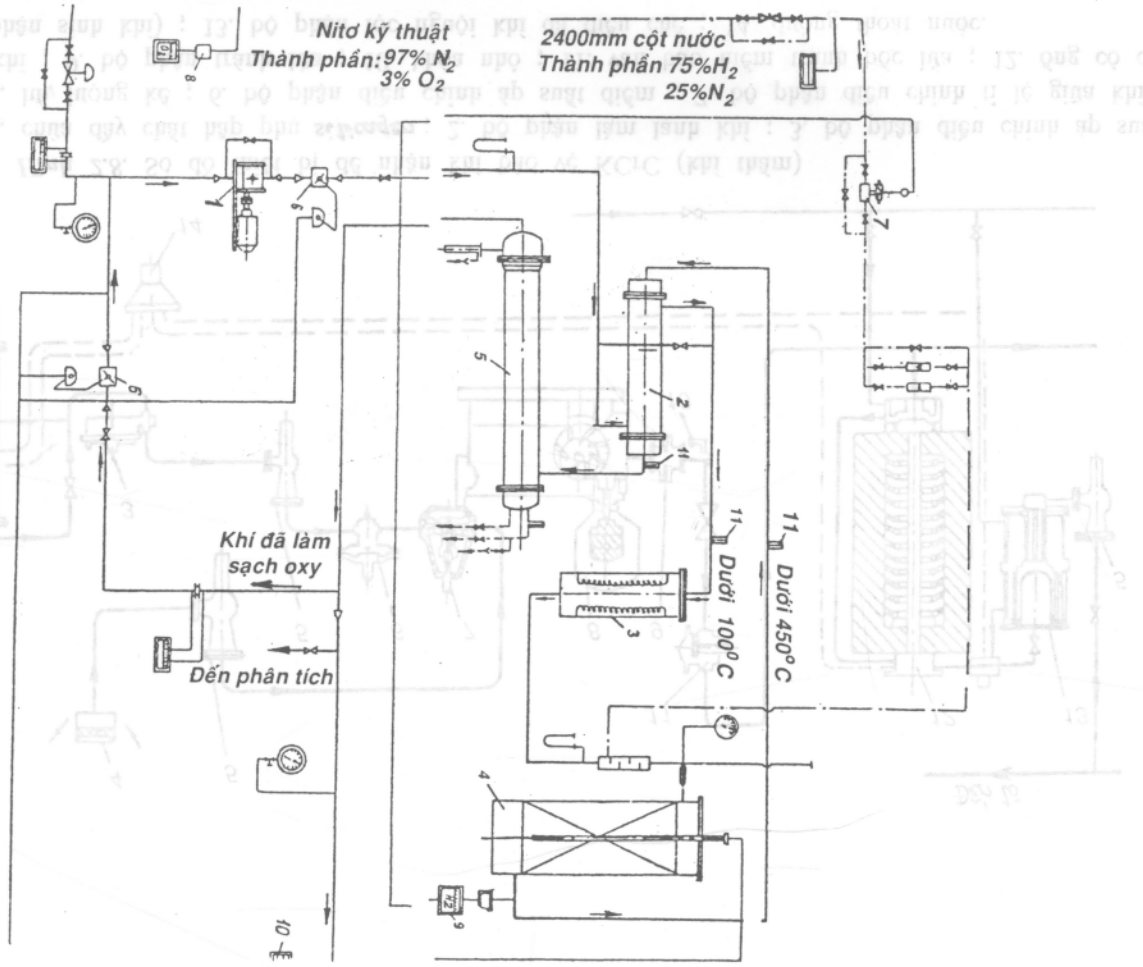
Khí SCH là các sản phẩm hiđro cháy từng phần. Hiđro (từ bình chứa, bộ phận điện phân, hay từ bộ phận phân hủy amoniac) pha trộn trước cẩn thận với không khí theo tỉ lệ nhất định, đưa trực tiếp vào buồng đốt.

Do điều chỉnh sự tương quan về lượng không khí và khí (hệ số tiêu hao không khí α) bằng cách xác định lượng hiđro thừa trong thành phần môi trường khí (thường 7 – 25% sau khi làm nguội các sản phẩm khí đốt cháy từng phần).



Hình 2.8. Sơ đồ thiết bị để nhận khí bảo vệ KCrC (khí thấm)

1. bộ phận làm sạch khí SO_2, chứa đầy chất hấp phụ *silicagen* ; 2. bộ phận làm lạnh khí ; 3. bộ phận điều chỉnh áp suất ; 4. bộ phận lọc không khí ; 5, lưu lượng kế ; 6. bộ phận điều chỉnh áp suất điểm ; 7. bộ phận điều chỉnh tỉ lệ giữa khí và không khí ; 8. thiết bị trộn khí ; 9. bộ phận tránh lửa ; 10. khóa nhỏ ; 11. van bảo hiểm tránh bốc lửa ; 12. ống có chất xúc tác (bộ phận sinh khí) ; 13. bộ phận lọc nguội khí đã điều chế ; 14. đường thoát nước.



Hình 2.9. Sơ đồ điều chế khí bảo vệ trên cơ sở dùng nitơ kỹ thuật :

1. bộ phận thổi khí có động cơ điện ; 2. bộ phận trao đổi nhiệt ; 3. bộ phận nung khí ; 4. thiết bị tiếp xúc chứa đầy chất xúc tác paladi ; 5. máy làm nguội ; 6. van tự động điều điều tiết khí ; 7. van điều chỉnh ; 8. buồng phân tích oxi ; 9. buồng phân tích khí hiđro ; 10. điện thế kế điều chỉnh ; 11. nhiệt kế thủy ngân.

Người ta đốt cháy hiđro ở trên 1000°C có chất xúc tác ; cần tuân theo đầy đủ điều kiện cháy hoàn toàn.

Các sản phẩm đốt cháy từng phần, sau khi ra khỏi buồng đốt được làm lạnh bằng nước trong các ống làm nguội, cần phải tránh không cho khí tiếp xúc với nước vì khi tiếp xúc oxi có thể lẫn vào khí.

Khi SCH nhận được theo 2 sơ đồ sau :

1. $H_{(BDP)}$ - BĐ - BN - HP_{H_2O} - L(BĐ - nghĩa là buồng đốt cháy từng phần ; BN - buồng máy làm lạnh - nguội)
2. $H_{(BDP)}$ - BĐ - HP_{H_2O} - L

Khí thấm hay KCr - là khí thu nhiệt hay khí cracking cacbua hiđro. Khí thu nhiệt hay khí cracking nhận được bằng 2 cách :

1. Đốt từng phần (cracking) khí cacbua hiđro hỗn hợp với không khí ở nhiệt độ 1000 - 1100°C, khi hệ số tiêu hao không khí là 0,25 trong buồng sinh khí có dùng chất xúc tác đặc biệt.

Khi dùng mêtan, khí thấm nhận được theo phản ứng :

$$CH_4 + 0{,}5O_2 + 1{,}88N_2 = CO + 2H_2 + 1{,}88N_2.$$

(1 m^3 mêtan cần 2,38 m^3 không khí, do đốt cháy có được 4,88 m^3 sản phẩm cháy từng phần, chứa 20,5% Co ; 41,0% H_2 còn lại là N_2).

2. Biến đổi khí mêtan theo phản ứng :

$$CH_4 + H_2O = CO + 3H_2$$

(từ 1 m^3 mêtan nhận được 4,0 m^3 khí chứa 25,0% CO và 75,0% H_2).

Các sơ đồ điều chế các khí :

1. K_{cn} - K_t(BCr) - L(K_t - BCr) lò sinh khí có chất xúc tác - buồng cracking.
2. K_{cn} (mêtan) K_{bd} - lò biến đổi mêtan).

Khí thấm C hay KCr - C. Cũng là khí thu nhiệt, nhưng nó được làm giàu do các cacbua hiđro (dùng lần đầu gọi là chất thấm cacbon thể khí).

Sơ đồ điều chế khí K_{cn} - K_t + C - L.

Trong tất cả bộ phận của thiết bị khí không nên tiếp xúc với bộ phận có khả năng làm tiết ra các khí nào đấy (như oxi hơi nước khí cabonic, khí sunfurơ v.v...)

2.2.1. KHÍ BẢO VỆ TRÊN CƠ SỞ CÁC SẢN PHẨM CHÁY TỪNG PHẦN (CRACKING) CÁC KHÍ CÔNG NGHIỆP

Điều chế khí bảo vệ trên cơ sở các sản phẩm đốt cháy từng phần hay cracking, có thể sản xuất từ các khí công nghiệp, đó là các cacbua hiđro đã đốt (hỗn hợp butan-propan) khí thiên nhiên, khí thắp, khí lò cốc (không có lưu huỳnh), cũng như các

cacbua lỏng, trong đó có dầu hỏa. Các khí sau đây được đưa dùng rộng rãi trong công nghiệp.

Khí SC : là các sản phẩm cháy từng phần. Đốt cháy từng phần các khí công nghiệp (bao gồm dầu hỏa với hệ số tiêu hao không khí là 0,45 ~ 0,6 và sau đó làm nguội các sản phẩm cháy từng phần đến 15 ~ 20°C (khí SC – 06). Sơ đồ điều chế khí :

$$K_{cn} - BĐ - L$$

(K_{cn} – nghĩa là khí công nghiệp).

Khí SC-C là các sản phẩm cháy từng phần, có thêm cabua hiđro (khí dùng lần đầu). Đốt cháy từng phần các khí công nghiệp với hệ số tiêu hao không khí là 0,45 – 0,60. Sau đó làm nguội các sản phẩm đến 15 – 20°C có thêm một lượng khí dùng lần đầu dưới 5%. Sơ đồ điều chế khí : $K_{cn}BĐ + C - L$

Khí N(N_2) là nitơ nhận được do làm sạch oxi của nitơ kỹ thuật bằng chất xúc tác paladi, trong hỗn hợp với amoniac phân hủy (hình 89). Phản ứng giữa oxi với hiđro có thêm chất xúc tác paladi bắt đầu ở t^o 60°C. Tính ổn định nhiệt của chất xúc tác có giới hạn trên là 500°C. Cứ 1% oxi tham gia phản ứng, nhiệt độ chất xúc tác tăng 160°C, điều đó cho phép xác định giới hạn lượng chứa oxi trong hỗn hợp khí là ~ 2,5%. Khi lượng chứa oxi lớn, trong sơ đồ có sự tuần hoàn khí.

Nitơ kỹ thuật qua bộ phận trao đổi nhiệt 2 và bộ phận nung bằng điện 3 (để làm bay hơi chất ẩm). Khí vào buồng hỗn hợp có nhiệt độ cao hơn 100°C một ít. Amoniac đã phân hủy được đưa vào đấy với số lượng cần thiết để liên kết oxi trong nitơ kỹ thuật, để tạo ra khí, đó là khí bảo vệ có lượng hiđro cần thiết (2–5%). Hỗn hợp nitơ kỹ thuật và amoniac phân hủy đưa vào buồng tiếp xúc có chất xúc tác paladi, ở đó xảy ra phản ứng cháy hiđro.

Sau khi qua buồng tiếp xúc, khí vào buồng trao đổi nhiệt, ở đó, khí được làm nguội và sau đó được làm khô trong buồng của máy làm lạnh hay bộ phận hấp phụ có silicagen.

Bảng 2.6. **Phân loại khí bảo vệ**

Loại khí	Phương pháp điều chế (cơ bản)	Ký hiệu qui ước	Hệ số tiêu hao không khí	Thành phần khí điển hình					Độ ẩm (điểm sương t_{H_2O}, °C
				CO	CO_2	H_2	CH_4	N_2	
I. $H_2-H_2O-N_2$	Điện phân nước	H(H2)	-	-	-	100	-	-	Từ -40 đến −65
	(hiđro nguyên chất)	H−AP	-	-	-	75	-	Phần	" −40 " −65
	Phân hủy amoniac	SCH−α	0,7-0,9	-	-	7-25	-	còn	" −40 " −65
	Đốt cháy từng phần hiđro							lại	
II. $H_2-CH_4-H_2O-N_2$	Cho hiđro tác dụng với than gỗ	H−C	-	-	-	98-99	2-1	-	Từ -40 đến -65
	Hỗn hợp tổng hợp hiđro và mêtan	H−C	-	-	-	95-99	5-1	-	" −40 " −65
III. $H_2-H_2O-CO-N_2$	Đốt từng phần các khí	CSK khí	0,25−0,26*	20	-	40	1,5	Phần	Từ +10 đến -20
IIIa**H_2-H_2O-CO-CH_4-N_2	cacbua hiđro trong buồng sinh khí thu nhiệt	thấm						còn lại	
	Cracking các khí hiđro	KCrC	-	-	-	-	-	-	(đến −65)
	Biến đổi mêtan	KCrC-H_2O	CH_4 : H_2O = 1 : 1	25	-	75	-	-	Từ +10 đến -20
IV. $CO-CO_2-N_2$	Quá trình sinh khí	KSK, KSK-Đn	-	25-34	dưới 2	dưới 6	dưới 1	Phần còn lại	Từ +20 đến -25
V.$CO-CO_2-H_2-H_2O-N_2$ Va**$CO-CO_2-H_2-H_2O-$ $-CH_4-N_2$	Đốt từng phần các khí	SC−α	0,45-0,6	8-12	0,1-6,0	15-20	-	Phần còn lại	Từ +20 đến -40
VI. N_2-CO-H_2	Đốt từng phần các khí	SC−α	0,85-0,95	2-4	-	2-4	-	Phần còn	Đến −65
	Làm sạch nitơ kỹ thuật trong hỗn hợp với hiđro	N(N_2)	-	-	-	2-4	-	lại	" −65

*) Thành phần khí nêu trên là đối với trường hợp đốt từng phần khí mêtan. **) Thành phần nêu trên là đối với khí loại III và V lượng chứa mêtan trong thành phần khí loại III và V được điều chỉnh tuỳ theo yêu cầu của các quá trình nhiệt luyện các số hiệu thép khác nhau.

Bảng 2.7. **Đặc tính khí bảo vệ**

Loại khí	Ký hiệu qui ước của khí	Sản phẩm ban đầu	Phương pháp điều chế khí	Thành phần khí khô theo phần trăm thể tích					Độ ẩm khí		Khí ra đi do m^3 hay 1 kg sản phẩm ban đầu	Thiết bị
				CO	CO_2	H_2	CH_4	N_2	Điểm sương ^oC	% H_2 trong khí khô		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$H_2 - H_2O - N_2$	AP	Amoniac	Phân hủy amoniac có làm khô bằng alumogen hay silicagen	-	-	75	-	25	-60	0,002	2,64	Buồng bốc hơi, buồng phân hủy, buồng hấp phụ
			Không làm khô (NH_3 không nước)	-	-	75	-	25	-40	0,01	2,64	Như trên, không cần buồng hấp phụ
	SCA-08		Đốt từng phần amoniac đã phân hủy và làm thật khô α = 0,7-0,9	-	-	7-20	-	99-80	-20 -40	0,10 0,01	4,4-3,8	Buồng bốc hơi, buồng phân hủy, buồng đốt, buồng làm nguội, buồng làm lạnh, buồng hấp phụ.
$CO - CO_2 - N_2$	KSK-k	Than gỗ	Điều chế khí khô từ buồng sinh khí	30	2	6	1	61	-10	0,25	3,8	Buồng sinh khí, lọc, bộ phận thổi không khí
	KSK	Như trên	Điều chế khí từ buồng sinh khí	28	5	8	1-2	57	+20	2,3	3,8	Buồng sinh khí, bộ phận thổi không khí và bộ phận lọc bụi làm sạch bằng nước
	KSK-Đn	Như trên	Điều chế khí từ buồng sinh khí có đốt nóng bên ngoài ở t > 1000°C	33	0,2-0,7	6	1	59,5	-25	0,6	3,8	Buồng sinh khí, ống đốt ngoài, buồng làm nguội, lọc, bộ phận thổi không khí.
$CO - CO_2 - H_2O - N_2$	SC-06	Khí cacbua hiđro	Đốt từng phần với α = 0,6 : làm nguội đến +20°C	10	6	15	0,5	68,5	+20	2,3	7,0-21,0	Bộ phận thổi không khí, buồng hỗn hợp, bộ phận điều chỉnh buồng đốt, buồng làm nguội.
	SC-09	Như trên	Đốt từng phần với α = 0,9 làm nguội đến +20°C	1	10	1	-	88	+20	2,3	8,5-29,0	Như trên

Tiếp bảng 2.7

	SCk-06	Như trên	Đốt từng phần với α = 0,9 làm nguội đến +4°C	10	6	15	0,5	68,5	+1	0,8	7,0-21,0	Bộ phận thổi không khí, buồng hỗn hợp, bộ phận điều chỉnh, buồng đốt, bộ phận làm nguội, buồng làm lạnh.
CO – CO_2 – H_2 – H_2O – N_2	SCs-06	Khí cacbua hiđro	Đốt từng phần với α = 0,6, làm nguội, làm sạch CO_2, làm khô đến điểm sương -40°C	10	0,1	16	1,5	72,5	-40	0,01	6,5-19,0	Buồng đốt, buồng làm nguội, buồng hấp phụ CO_2, buồng hoàn nguyên, buồng trao đổi nhiệt, buồng hấp phụ.
	SCs-09	Như trên	Đốt từng phần với α = 0,9, làm nguội, làm sạch CO_2, làm khô đến điểm sương -40°C	2	0,1	2	-	96	-40	0,01	7,5-22,0	Như trên
	KSK-k	Khí lò sinh khí chứa H_2S	Làm sạch H_2S bằng quặng non, làm khô trong buồng làm lạnh +4°C	25	5	12	0,3% O_2 1	57	+4	0,8	1,0	Các tháp để làm sạch H_2S, buồng làm lạnh.
	SCs-09	Khí lò sinh khí hay hỗn hợp (chứa H_2S-)	Làm sạch H_2S bằng quặng non làm khô trong buồng làm lạnh +4°C	4	0,2	4	-	92	-40	0,01	1,4-1,7	Buồng hấp phụ H_2S, buồng đốt, buồng hấp phụ CO_2, buồng hấp phụ, buồng hoàn nguyên dung dịch, buồng trao đổi nhiệt.
	KSK-s	Antraxit củi v.v...	Điều chế khí từ lò sinh khí, làm sạch CO_2, làm khô đến -40°C	25	0,2	12	0,3% O_2 1-2	62	-40	0,01	0,9	Buồng sinh khí, buồng làm nguội, buồng hấp phụ CO_2 và H_2S, buồng hoàn nguyên dung dịch, buồng trao đổi nhiệt, buồng hấp phụ
	SC-t	Khí (không có H_2S) + than gỗ	Cho các sản phẩm cháy qua than gỗ đã nung đỏ	30	0,5	18	-	51,5	-10	0,25	-	Buồng sinh khí có ống, lọc, bộ phận thổi không khí, bộ phận điều chỉnh.

Tiếp bảng 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	19	11	12	13
	SCk-t	Như trên	Cho các sản phẩm đã được làm nguội và làm khô qua than củi nung ở t > 1000°C	20	0,2	5	-	74,8	-25	0,06	-	Buồng sinh khí có ống, lọc, buồng làm nguội, bộ phận thổi không khí, bộ phận điều chỉnh.
CO – CO_2 – H_2 – H_2O – N_2	SC-04t	Khí (không có H_2S) + than gỗ	Cho hỗn hợp khí và không khí với α = 0,4 qua than gỗ đã nung ở t° > 1000°C	26	0,5	37	0,8	35,7	-25	0,6	-	Ống đốt ngoài, buồng làm nguội, lọc, bộ phận thổi không khí, bộ phận điều chỉnh.
	SC-06t	Khí cacbua hiđrô	Đốt từng phần khí với α = 0,6 làm nguội cho các sản phẩm cháy qua than gỗ đã nung	20	0,2	20	1	58,8	+0	0,25	-	Bộ phận thổi không khí, buồng hỗn hợp, bộ phận điều chỉnh, buồng đốt, buồng làm nguội, ống đốt ngoài, lọc.
	KCr-H_2O	Dầu hỏa	Nhiệt phân và crăcking dầu hỏa trong hỗn hợp với hơi nước làm sạch cặn, bồ hóng	16	0,5	60	3% C_nH_m 0,5% O_2 10	10	+12	1,4	1,1-1,2	Buồng crăcking, buồng rửa lọc, buồng thủy lực, bơm.
	KCr-Đn	Khí cacbua hiđrô	Crăcking khí cacbua hiđrô trong hỗn hợp với không khí α = 0,25 và α = 0,3 ở nhiệt độ khí 1000°C	21	0,5	40	2	37	-20	0,06	4,0-4,5	Ống đốt ngoài, lọc, buồng làm nguội, bộ phận thổi khí, bộ phận điều chỉnh.
	KCr-015	Dầu hỏa	Crăcking dầu hỏa trong hỗn hợp với không khí có α = 0,15. Nung không khí trong buồng hoàn nhiệt đến 230°C, làm sạch cặn và bồ hóng trong khí	14	4	9	11% CnHm 0,2-0,3% O_2 9,4	52,4	+20	2,3	2.,4-2,6	Buồng căcking, buồng hoàn nhiệt, buồng thủy lực, buồng lọc rửa, hơn, bộ phận thổi không khí : mỏ đốt
	SC-06	Như trên	Đốt từng phần dầu hỏa với không khí có α = 0,5 - 0,6 làm nguội đến +20°C	10	6	20	3	59,7	+20	2,3	-	Buồng đốt, buồng hoàn nhiệt, buồng lọc rửa, lọc, bơm, bộ phận thổi không khí.

Tiếp bảng 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	SC-04	Khí cacbua hiđro	Làm nguội từng phần khí cacbua hiđro với α = 0,4 và nung hỗn hợp khí không khí đến 210°C. Làm nguội đến +20°C, thêm khí nguội mới.	9	3	16	10	62	+20	2,3	4,5-5,0	Buồng đốt, buồng hoàn nhiệt, bộ phận thổi không khí, bộ phận điều chỉnh, buồng làm nguội.

***Bảng 2.8.* Sử dụng khí bảo vệ**

Quá trình nhiệt luyện	Vật liệu gia công	Yêu cầu của bề mặt kim loại	Khí quyển nên dùng			
			H_2-H_2O-N_2 amonitac	CO-CO_2-N_2 than gỗ	CO-CO_2-H_2-H_2O-N_2 khí công nghiệp	CO-CO_2-H_2-CH_1-N_2 Các cacbua hiđro (khí dầu hỏa)
1	2	3	4	5	6	7
	Thép ít cacbon	Sáng	AP,SCA-08		SCK-06, SCS-06, SCS-09	SC-06 có làm khô bổ sung
Ủ	Thép C có %C trung bình và cao	Sáng không thoát cacbon	-	KSK-Đn	SCs-06 ; SCs-09	-
	Thép hợp kim có % C trung bình và cao	Như trên	-	KSK-Đn	SCs-06 ; SCs-09 SC-t ; SCk-t	-
	Thép gió	-	-	-	SCs-06 ; SCs-09 ;	-
	Thép không gỉ	Sáng	AP, H_2	-	-	-
	Thép silic cao và sắt biến thế	Sạch	SCA-08	-	SCs-9	-
	Gang rèn peclit	Sạch, không thoát cacbon	-	KSK-Đn	SCs-06 ; SCs-09 KSK-s ; SC-t	KCr-Đn
	Gang rèn ferit	Sạch	-	KSK, KSK-k	SC-06 ; KSK-k SCs-06 ; SC-04	KCr-015
Thường hóa	Thép ít cacbon	Sáng	SCA	KSK-k	SCK-06 : KSR-k	SC-06 có làm khô bổ sung

Tiếp bảng 2.8

1	2	3	4	5	6	7
Thường hóa	Thép hợp kim có %C trung bình và cao	Sáng, không thoát cacbon	-	KSK-Đn	SCs−06 ; SCs−99 KSK−s ; SCK−t, SC−06t	KSr-Đn
Tôi	Thép hợp kim có %C trung bình	Sáng hay sạch không thoát cacbon	-	KSK-Đn	SCs−06 ; SCs−00 ; KC−s SC−t ; SCK−09 SC−04− ; SC−06t	KSK-Đn
	Thép gió			KSK-Đn	SCs−06 ; KCs−09 KCK−s, SCK−t	KSK-Đn
Ram	Tất cả các số hiệu thép	Sáng hay sạch	-	-	SCK−06 ; KCK−k	-
Hàn đồng t = 1150°C	Thép ít cacbon	Sáng	SCA-08	KSK-Đn	SCK−06 ; KCK−k	-
	Thép hợp kim có C trung bình cao		-	KSK-Đn	SCs−06 ; SCs−09 ; KCK−s ; SCK−t SC−04 ; SCK−06	-
	Thép không gỉ		AP, H_2	-	-	-
Thiêu kết kim loại với sự hoàn nguyên các oxit	Các hợp kim ít cacbon	-	AP.H_2	KCK−k, KSK	SCK−06 ; KCK ; Sc−t ; SCK−t, SC−04−t; SC−06t	KCr−Đn KCr−H2O
	Các hợp kim có thành phần cacbon cao	-	2P, H_2 (thép hợp kim cao)	KSK-Đn	SCs−06 ; SCs−09 ; KCK−s SC−t ; SCK−t ; SC−04t, SC−06t	KCr-Đn
Thấm cacbon	Tất cả các số hiệu thép thấm cacbon	Sáng hay sạch	-	KSK-Đn có thấm cacbon hiđro	SCs-06 SCs-09, KCK-s SC-t, SCK-t SC-04t SC-66t, SCK-06 } Có thêm cacbua hiđro từ 1 đến 4%	KCr−H_2O KCr−Đn
Thấm xianua	Thép hợp kim và thép cacbon trung bình Thép gió	Như trên	-	Như đối với trường hợp thấm cacbon, nhưng có thêm 10-30% amoniac.		

Bảng 2.9. **Đặc tính kỹ thuật của silicagen**

Chỉ tiêu	Các loại cục lỗ xốp bé				Các loại cục lỗ xốp lớn				Độ hạt			
									Lỗ xốp bé		Lỗ xốp lớn	
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	1	2
Dạng bên ngoài và màu sắc hạt.	Dạng hạt không qui luật trong suốt như thủy tinh hay mờ đục								Dạng hạt cầu hay ô van mờ đục thủy tinh hay dạng thủy tinh từ không màu đến màu xám và có một ít lẫn lộn màu đen			
Kích thước hạt tính bằng mm	2,7-7,0	1,5-3,5	0,25-2,0	0,2-0,5	2,7-7,0	1,5-3,5	0,25-2,0	0,2-0,5	2,7-7,0	1,0-3,5	3,7-7,0	1,0-3,5
Số lượng hạt theo % (tử số chỉ phần kích thước bé hơn giới hạn dưới, mẫu số là phần lớn hơn giới hạn trên)	$\frac{5}{5}$	$\frac{5}{5}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{5}{5}$	$\frac{5}{5}$	$\frac{3,5}{5}$	$\frac{3,5}{5}$	$\frac{5}{5}$	$\frac{5}{5}$	$\frac{5}{5}$	$\frac{5}{5}$
Độ bền cơ học tính theo %, không bé hơn	92	80	không định mức		80	60	không định mức		94	85	86	62
Trọng lượng nguyên (g/l) tính cho silicagen đã sấy ở 150°C, không bé hơn	670	670	670	670	400-500	400-500	400-500	400-500	670	670	400-500	400-500
Độ ẩm tính theo % hơi nước ở 20°C :												
Khi độ ẩm tương đối 20% không bé hơn :	9,5	9,5	9,0	9,0	không định mức				9,0	9,0	không định mức	
" " 40% "	20,0	20,0	20,0	19,0					16,0	16,0		
" " 60% "	29,0	29,0	29,0	28,0					không định mức			
" " 100% "	35	35	35	35	70	70	70	70	35	35	70	70
Tổn thất khi sấy khô ở 150°C tính theo %, không lớn hơn.	10	10	10	10	5	5	5	5	10	10	5	5

Bảng 2.10. **Tính chất hóa lý của êtanonlamin***

Các chỉ tiêu	Monoetanon lamin	Dictanon lamin	Trictanon lamin
Công thức hóa học	RNH_2	R_2NH	R_3N
Trọng lượng phân tử	61	105	149
Trọng lượng riêng (không có nước)	1,01	1,09	1,12
Trọng lượng riêng ở 30°C của dung dịch nước :			
15%	1,0	1,01	1,02
50%	1,0	1,05	1,07
Áp suất hơi ở 30°C tính theo mmHg của dung dịch nước :			
25%	0,03	0,003	0,003
50	0,07	0,010	0,005
100%	0,83	0,087	0,049
Áp suất hơi của dung dịch nước 50% tính theo mmHg ở các nhiệt độ khác nhau :			
30°C	0,07	0,010	0,005
50°C	0,23	0,037	0,019
75°C	0,94	0,160	0,078
100°C	3,02	0,550	0,270
Độ nhớt động học của dung dịch nước 20% ở các nhiệt độ khác nhau tính bằng xentipoa :			
20°C	1,880	2,210	2,000
50°C	0,940	1,080	0,988
80°C	0,543	0,603	0,562
100°C	0,389	0,417	0,407
Nhiệt độ đông đặc của dung dịch tính bằng °C			
15%	-4	-2	0
50%	-72	-30	-18
100%	+3	+21	-4
Nhiệt độ sôi amin nguyên chất tính theo °C	172	271	227
Nhiệt dung của dung dịch ở 25°C			
15%			
50%	0,85	0,80	0,787
100%			
Nhiệt phản ứng hấp thụ CO_2, tính bằng kcal/kg		363	350
Nhiệt độ tái sinh tính theo °C		100-112	

* $RNH_2 - (CH_2CH_2OH)NH_2$; $R_2NH - (CH_2CH_2OH)_2NH$; $R_3N - (CH_2CH_2OH)_3N$

Bảng 2.11. **Độ hòa tan của CO_2 và H_2S trong các dung dịch nước của etanonlamin**

Các chỉ tiêu	Độ hòa tan của CO_2 và H_2S tính bằng thể tích/thể tích		
	Monoetanonlamin	Đietanonlamin	Trietanonlamin
Độ hòa tan CO_2 trong dung dịch 15% ở 50°C và áp suất riêng khác nhau :			
P_{CO_2} = 0,0012 at	23	6	0,03
P_{CO_2} = 0,15 at	35	16	3,6
Độ hòa tan CO_2 trong dung dịch 50% ở 50°C và áp suất riêng phần khác nhau :			
P_{CO_2} = 0,0012 at	73	20,5	7,6
P_{CO_2} = 0,15 at	115	53	12
Độ hòa tan CO_2 trong dung dịch 15% ở 100°C	5-10	2-3	1
Độ hòa tan H_2S trong dung dịch 15% ở 50°C và khi lượng chứa H_2S trong khí là :			
1,8 g/m^3 H_2S	4,5	1,9	-
5 g/m^3 H_2S	9,0	3,9	-
20 g/m^3 H_2S	17,6	7,0	-
Độ hòa tan H_2S trong dung dịch 15% ở 110 - 112°C	~ 0,2	~ 0,2	~ 0,2

*) Áp suất riêng phần tương ứng với % CO_2 trong khí :

P_{CO2} = 0,0012at = 0,12% CO_2 ; P_{CO_2} = 0,15at = 15% CO_2.

Bảng 2.12. **So sánh các chất làm khô khí (không khí) khác nhau**

Chất làm khô	Tỷ lệ thể tích được làm khô trong một giờ đối với thể tích của chất làm khô theo m^3/m^3	Thể tích chung của khí trên 1 cm^3 chất làm khô tính bằng lít	Độ ẩm còn lại của khí		
			Theo g/m^3	Theo %	Điểm sương °C
1	2	3	4	5	6
$CuSO_4$ khan	36-50	0,45-0,70	2,8	0,36	-6
$CaCl_2$ dạng hạt	66-165	6,1-24,2	1,5	0,185	-14
$CaCl_2$ khan kỹ thuật	115-150	4,0-5,8	1,25	0,155	-15,5
$ZnCl_2$	120-335	0,8-2,1	0,98	0,12	-18
$Ba(ClO_4)_2$ khan	26-6	2,3-3,7	0,82	0,10	-20

Tiếp bảng 2.12

1	2	3	4	5	6
NaOH	75-170	2,3-8,9	0,80	0,10	-20
$CaCl_2$ khan	65-240	1,2-7,8	0,36	0,046	-28
$Mg(ClO_4)_2.3H_2O$	65-160	4,0-7,2	0,031	0,004	dưới - 50
KOH	55-65	3,2-7,2	0,014	0,0019	như trên
Silicagen	43-59	2,1-5,2	0,006	0,008	
$CaSO_4$ khan	75-150	1,2-18,5	0,005	-	-
CaO	60-90	7,6-10,1	0,003	-	-
$Mg(ClO_4)_2$ khan	43-53	2,8-5,9	0,002	-	-
Al_2O_3 hoạt tính	36-63	5,6-6,2	0,001	-	-
BaO	63-66	10,6-25,0	0,00065	-	-

***Bảng 2.13.* Áp suất hơi nước bão hòa và lượng ẩm trong 1 m^3 hơi nước**

Nhiệt độ, °C	Áp suất hơi nước tính bằng mmHg	Lượng chất ẩm trong 1 m^3 khí (ẩm)		Nhiệt độ, °C	Áp suất hơi nước tính bằng mmHg	Lượng chất ẩm trong 1 m^3 khí (ẩm)		Nhiệt độ, °C	Áp suất hơi nước tính bằng mmHg	Lượng chất ẩm trong 1 m^3 khí (ẩm)	
		g/m^3	%			g/m^3	%			g/m^3	%
-15	1,436	1,52	0,189	4	6,101	6,46	0,804	26	25,21	26,70	3,32
-14	1,560	1,65	0,205	5	6,543	6,91	0,860	28	28,35	30,00	3,73
-13	1,691	1,79	0,223		7,013	7,42	0,922	30	31,82	33,70	4,19
-12	1,834	1,92	0,240	7	7,513	7,94	0,988	32	35,66	37,70	4,69
-11	1,948	2,05	0,256	8	8,045	8,52	1,06	34	39,90	42,20	5,52
-10	2,149	2,27	0,283	9	8,609	9,10	1,13	36	44,56	47,10	5,86
-9	2,326	2,45	0,306	10	9,209	9,73	1,21	38	49,69	52,70	6,55
-8	2,514	2,64	0,330	11	9,844	10,40	1,29	40	55,32	58,50	7,27
-7	2,715	2,86	0,356	12	10,52	11,10	1,38	45	71,88	76,00	9,46
-6	2,931	3,06	0,382	13	11,23	12,60	1,48	50	92,51	97,90	12,18
-5	3,163	3,34	0,416	14	11,99	12,70	1,58	55	118,00	125,00	15,50
-4	3,410	3,60	0,450	15	12,79	13,40	1,68	60	149,0	158,0	19,7
-3	3,673	3,76	0,469	16	13,63	14,50	1,79	65	187,5	198,0	24,7
-2	3,956	4,10	0,510	17	14,53	15,50	1,93	70	233,7	247,0	30,7
-1	4,258	4,53	0,565	18	15,48	16,40	2,04	75	289,1	306,0	38,0
±0	4,579	4,84	0,602	19	16,48	17,40	2,17	80	355,1	376,0	46,7
1	4,926	5,21	0,648	20	17,54	18,50	2,30	90	525,8	555,0	69,1
2	5,294	5,60	0,697	22	19,83	21,00	2,61	10	760,0	804,0	100,0
3	5,685	6,01	0,748	24	22,38	23,60	2,94				

Bảng 2.14. **Lượng ẩm trong 1 m^3 hơi nước bão hòa của băng tính theo %**

Nhiệt độ điểm sương t_{H_2O} °C	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9
0	0,605	0,566	0,510	0,470	0,431	0,398	0,366	0,332	0,306	0,280
-10	0,257	0,234	0,216	0,196	0,180	0,164	0,140	0,136	0,123	0,112
-20	0,102	0,093	0,0842	0,0 762	0,0694	0,0626	0,0567	0,0512	0,0461	0,0418
-30	0,0377	0,0337	0,0305	0,0274	0,0247	0,0220	0,0199	0,0178	0,0159	0,0142
-40	0,0127	0,0113	0,01	0,009	0,008	0,0071	0,00635	0,0056	0,005	0,0044
-50	0,0039	0,00344	0,003	0,00267	0,00235	0,00206	0,0018	0,0016	0,0014	0,0012
-60	0,00105	0,00092	0,0081	0,0007	0,00061	0,00053	0,00046	0,0004	0,00034	0,0003
-70	$2,55.10^{-4}$	2,2.10-4	1,87.10-4	$1,62.10^{-4}$	1,38.10-4	$1,18.10^{-4}$	1,01.10-4	$8,7.10^{-5}$	7,4.10-5	$6,2.10^{-5}$
-80	$5,25.10^{-5}$	$4,5.10^{-5}$	$3,8.10^{-5}$	$3,15.10^{-5}$	$2,64.10^{-5}$	$2,24.10^{-5}$	$1,84.10^{-5}$	$1,58.10^{-5}$	$1,32.10^{-5}$	$1,1.10^{-5}$
-90	$9,2.10^{-6}$	$7,6.10^{-6}$	$6,3.10^{-6}$	$5,25.10^{-6}$	$4,35.10^{-6}$	$3,6.10^{-6}$	$2,9.10^{-6}$	$2,4.10^{-6}$	2.10^{-6}	$1,6.10^{-6}$

2.2.2. TÍNH CHẤT LÝ HỌC CỦA OXIT NHÔM HOẠT TÍNH

Trọng lượng nguyên tính bằng kg/l		0,85
Bề mặt riêng tính bằng m^2/g (bề mặt riêng của silicagen)		270
Trọng lượng riêng tính bằng g/cm^2		
	Thật	3,6
Thể tích chung của khoảng trống % (theo thể tích)		76,0
Đường kính có lợi của lỗ		25 Å
Kích thước hạt		Φ 5 - 6 mm - 12% (theo trọng lượng) Φ 3 - 5 mm - 88% (theo trọng lượng)

Bảng 2.15

Kích thước hạt, mm	Độ ẩm, %	Độ dẫn nhiệt λ, kcal/m. độ
2,4 - 4,7	0	0,094
	15	0,105
4,7 - 9,5	0	0,105
	15	0,112

Độ ẩm ở 5°C	10 - 13%
Độ ẩm 50°C	4,4 - 7,8%
Nhiệt độ hoàn nguyên (phân hủy)	30 - 350°C

Bocxit alumosilicagen và hiđroxit nhôm có tính chất về độ ẩm tương tự.

Làm khô khí bảo vệ tiến hành theo ba phương pháp :

1. Từ đầu đến độ ẩm tương ứng điểm sương +20°C, làm nguội bằng nước chảy trong các buồng làm lạnh bằng ống.

2. Từ độ ẩm ở +20° đến độ ẩm tương ứng điểm sương từ +1° đến +10° trong các buồng của máy làm lạnh.

3. Đến độ ẩm tương ứng điểm sương −65°C (đến −70°C) trong các buồng hấp phụ, có dùng silicagen hay alumogen.

Việc làm sạch CO_2 trong khi bảo vệ tiến hành nhờ sự hấp phụ bằng dung dịch nước etanonlamin (monoetanonlamin, dietanonlamin, trietanonlamin) và làm khô tiếp theo, hay cho khí qua buồng chất đầy than gỗ (do các phản ứng thu nhiệt ở 1000 - 1100°C : $CO_2 + C \rightarrow 2CO$ và $H_2O + C \rightarrow H_2 + CO$, xảy ra sự làm sạch CO_2 trong khí và làm khô khí SC−t).

Nhiệt độ làm việc của tháp khí làm sạch khí là 200°C, khí được làm sạch đến lượng chứa oxi < 0,001%.

Các chất : Ni – Al trên nền đá bọt nhẹ, Fe_2O_3 và MnO trên nền bột samot và oxit đồng.

Ở 350 – 450°C oxit đồng làm sạch oxi trong khí đến 0,002% khi thời gian tiếp xúc nhỏ hơn 100 phút, và làm sạch đến 0,000X % khi thời gian tiếp xúc đến > 160 phút.

Để làm sạch mức độ cao hơn, ở 200 – 250°C lượng chứa oxi trên đường đi ra là 0,0000X %, có thể dùng chất chế tạo từ $CuCO_3$ – $Cu(OH)_2$ bằng cách hòa tan trong amoniac.

Phương pháp làm sạch oxi trong khí, cả trong nitơ kỹ thuật đã được nghiên cứu, bằng cách cho nó ở dạng hỗn hợp với hiđro qua chất xúc tác paladi, (xem phương pháp sản xuất loại VI).

Trong sự có mặt của chất xúc tác paladi phản ứng $2H_2 + O_2 - 2H_2O$ tiến hành đến cùng và làm sạch oxi trong khí, phản ứng trên bắt đầu ở nhiệt độ gần 60°C, giới hạn trên của tính ổn định nhiệt chất xúc tác là 500°C. Do phản ứng phát nhiệt, cứ mỗi phần trăm lượng chứa oxi trong khí thì nhiệt độ của hỗn hợp chất phản ứng tăng 160°C.

Chương 3. TÍNH TOÁN NHIỆT, MÔI TRƯỜNG NUNG VÀ LÀM NGUỘI

3.1. TÍNH TOÁN NHIÊN LIỆU

Nhiệt phát của nhiên liệu

A - Theo Knorre

Nhiên liệu gỗ

$$Q_b = 9250\ C + 27700\ H - 3460\ O \text{ kcal/kg.}$$

Than bùn và mazut

$$Q_b = 8880\ C + 26640\ H - 3300\ O \text{ kcal/kg.}$$

Than nâu

$$Q_b = 8700\ C + 26100\ H - 3260\ O \text{ kcal/kg.}$$

Than đá

$$Q_b = 8550\ C + 25600\ H - 3200\ O \text{ kcal/kg.}$$

Angtraxit

$$Q_b = 8400\ C + 25100\ H - 3150\ O \text{ kcal/kg.}$$

B - Theo Diulong

$$Q_b = 80{,}8C + 344{,}6\left(H - \frac{O}{8}\right) + 25\ S \text{ kcal/kg.}$$

C - Theo Mendeleev

$$Q_b = 81\ C + 300\ H + 26\ (S - O) \text{ kcal/kg.}$$

D - Theo Fondratsek

$$Q_b = (89{,}1 - 0{,}062\ C^n)\ C + 270\ (H - 0{,}1\ O) + 25\ S \text{ cal/kg}$$

C^n và C là lượng chứa cacbon trong nhiên liệu và trong phần làm việc % ;

Đối với tất cả các công thức trên :

$$Q^H = Q_b - 6\ (9H + W) \text{ kcal/kg ;}$$

W - Độ ẩm của nhiên liệu, %

E - Công thức chung cho nhiên liệu khí

$$Q = \frac{q_{CO} \cdot CP + q_{H_2} \cdot H_2}{100} + \frac{q_{CH_4} + \ldots}{100}$$

q_{CO}, q_{H_2} - nhiệt của phản ứng cháy nhiên liệu kcal/m^3 (xem bảng 3.3)

CO, H_2... lượng chứa các khí cháy, %.

Theo Knorre đối với các khí cacbua hiđro

$$Q_H = 6600\ \bar{n} + 1950\ \text{kcal/m}^3\ ;$$

$\bar{n}$ = số cacbon, xác định như sau :

$$\bar{n} = \frac{CH_4 + 2C_2H_6 + 3\,C_3H_8 + \ldots}{100 - B}$$

CH_4, C_2H_6... lượng chứa khí cacbua hiđro, % ;

$$B = (CO_2 + N_2),\ \%$$

Đối với khí mêtan loại C_nH_{2n+2}

$$Q_b = 7000\ \bar{n} + 2400\ \text{kcal/m}^3.$$

Đối với khí etilen (C_nH_{2n})

$$Q_b = 7000\ \bar{n} + 550\ \text{kcal/m}^3$$

Đối với khí axetilen (C_nH_{2n-2})

$$Q_b = 7000\ \bar{n}\ \text{kcal/m}^3.$$

Đối với khí benzen (C_nH_{2n-6})

$$Q_b = 7000\ \bar{n} - 7500\ \text{kcal/m}^3.$$

Khi số cacbon $\bar{n} = \dfrac{CH_4 + 2C_2H_6 + 3\,C_3H_8 + \ldots}{100}$

thì tổn hao không khí để đốt 1 m^3 khí, m^3/m^3 :

$$V_{kk} = 7{,}13\ \bar{n} + 2{,}28\ ;$$

$$V_{kk,\alpha} = (7{,}13\ \bar{n} + 2{,}28)\,\alpha\ ;$$

số lượng sản phẩm cháy tạo thành, m^3/m^3 :

$$V_{SC} = 7{,}6\ \bar{n} + 2{,}9\ ;$$

$$v_{SC,\alpha} = \bar{n}\ (7{,}6 + 7{,}13\,n) + 2{,}28\ n + 2{,}9\ ;$$

n - độ dư không khí, $n = \alpha - 1$.

thành phần sản phẩm cháy, m^3/m^3 :

$$CO_2 = \bar{n}\ ;$$

$$H_2O = \bar{n} + 1\ ;$$

$$N_2 = 5{,}6\ \bar{n} + 1{,}9 \quad (\text{khí } \alpha = 1{,}0\ ;\ n = 0{,}0)\ ;$$

$$(O_2 + N_2)\alpha = \bar{n}\ (5{,}6 + 7{,}13\ n) + 2{,}28\ \bar{n} + 1{,}9$$

(khi $\alpha > 1{,}0$ và $n > 0{,}0$)

$$Q_H = 6600\ \bar{n} + 1950\ \text{kcal/m}^3$$

Bảng 3.1. **Tính chất nhiên liệu dầu mỏ-mazut**

Các chỉ tiêu	Số hiệu				
	20	40	60	80	100
Độ sệt qui ước ở 80°C, tính bằng độ	2,5 - 5,0	5,0 - 8,0	8,0 - 11,0	11,0 - 13,0	13,0 - 15,5
Nhiệt độ đông đặc, °C	+5	+10	+15	20+	25+
Nhiệt độ bốc lửa, xác định trong thùng hở, °C không thấp hơn.	80	100	110	120	125
Nhiệt phát thấp đối với nhiên liệu khô kcal/kg :					
ít lưu huỳnh	9870	9750	9700	9670	9640
có lưu huỳnh					
nhiều lưu huỳnh	9680	9610	9560	9530	9500

Đối với tất cả các số hiệu độ tro không được quá 0,30%.

Nhiên liệu ít lưu huỳnh thì lượng chứa S không quá 0,5%, nhiên liệu có lưu huỳnh - không quá 1,0% và nhiên liệu nhiều lưu huỳnh không được quá 3,5%.

Lượng chứa axit hòa tan : không có.

Lượng chứa các tạp chất cơ học khác không quá 2,5% (số hiệu 80 và 100).

Lượng chứa nước không quá 2,0%.

Bảng 3.2. **Trọng lượng phân tử, trọng lượng riêng, giá trị tuyệt đối của entanpi và entropi ở 0°K của một số khí**

Khí	Công thức hóa học	Trọng lượng phân tử (nguyên tử) μ	Trọng lượng riêng g kg/m^3	Entapi μJ_{273} $\frac{\text{kcal}}{\text{mol}}$	Entropi μS_{273} $\frac{\text{kcal}}{\text{mol °C}}$
1	2	3	4	5	6
Oxi	O_2	32,00	1,428	1900	48,40
Nitơ	N_2	28,016	1,250	1897	44,121
Nitơ không khí	N_2 không khí	28,16	1,256	1893	44,92
Không khí	-	28,97	1,292	1891	45,65
Hiđro	H_2	2,016	0,090	1850	30,63
Oxit cacbon	CO	28,010	1,250	1897	46,573
Cacbonic	CO_2	44,010	1,963	2016	50,256
Sunfurơ	SO_2	64,066	2,858	2280	58,57
Axit sunfuhiđric	H_2S	34,082	1,521	2180	48,46
Hơi nước	H_2O	18,016	0,804	2160	44,395

Tiếp bảng 3.2

1	2	3	4	5	6
Metan	CH_4	16,04	0,716	2190	43,76
Etan	C_2H_4	30,07	1,342	2550	53,73
Propan	C_3H_8	44,09	1,967	3080	63,00
Butan	C_4H_{10}	58,12	2,593	4070	72,09
Etilen	C_2H_4	28,05	1,251	2270	51,52
Propilen	C_2H_6	42,08	1,877	2860	62,46
Butilen−1	C_4H_8	56,10	2,503	3700	71,60
Axetilen	c_2H_2	26,04	1,162	2130	47,07
Benzen	C_6H_6	78,11	3,485	2930	62,66

CÁC ĐIỀU KIỆN KỸ THUẬT ĐỐI VỚI KHÍ NÉN

Khí nén thường có áp suất khoảng 200.10^7 N/m^3 và giữ trong các bình bằng thép.

Ký hiệu : khí tự nhiên lấy từ các giếng khoan khí và dầu. Thành phần của khí : 70 - 80% CH_4, 9 - 10% C_3H_6 và những khí cacbua hiđro khác ; nhiệt phát Q_H = 7000 kcal/m^3.

Khí cốc - khí mêtan hóa nhận được khi sản xuất hiđro từ mêtan bằng phương pháp làm nguội hoàn toàn ≥ 62% CH_4 ; Q_n = 6500 kcal/m^3.

Khí cốc đã làm giàu sau khi đã lấy hiđro từ nó ra bằng phương pháp làm nguội hoàn toàn > 50% CH_4, < 12% H_2, Q_H = 5300 kcal/m^3.

Lượng chứa H_2S < 0,02 g/m^3, tro và bụi < 0,001 g/m^3 ; < 1,0% O_2 (≤ 1,2% đối với khí cốc đã được làm giàu). Các hợp chất sianix tính cho HCN < 0,05 g/m^3.

Lượng ẩm trong khí mùa đông không quá 0,50 g/m^3, mùa hè 7,0 g/m^3.

***Bảng 3.3.* Hiệu ứng nhiệt của phản ứng cháy**

Phản ứng	$(Q_p)_{273}^o$			
	H_2O - lỏng	H_2O - hơi		
	kcal/mol	kcal/mol	kcal/m^3	kcal/kg
1	2	3	4	5
$H + 0,5O_2 = H_2O$	68260	57740	2 576	28 640
C (grafit) + $O_2 = CO_2$	94220	94220	-	-
C (vô định hình) + $O_2 = CO_2$	96690÷97860	96690÷97860	-	8 138
C (grafit) + 0,5 O_2 = CO	26 366	26 366	-	-
C (vô định hình) + $0,5O_2$ = CO	29 970	29 970	-	2 498

Tiếp bảng 3.3

1	2	3	4	5
$CO+0,5\ O_3 = CO_2$	67590	67590	3016	2413
$S+O_2 = SO_2$	70920	70920	-	-
$H_2S+1,5O_2 = SO_2+H_2O$	134510	123960	5534	3646
$CnH_{2n+2}+mO_2 = xCO_2+yH_2O$	210800 + +157500(n-1)	-	$6600\,\bar{n}+1950$	$8400\,\frac{8,7\,\bar{n}+2}{7\,\bar{n}+1}$
$CH_4+2O_2 = CO_2+2H_2O$	212860	191820	8558	11957
$C_2H_6+3,5O_2 = 2CO_2+3H_2O$	372940	341380	15231	11353
$C_3H_8+5O_2 = 3CO_2+4H_2O$	530760	488690	21800	11083
$C_4H+6,5O_2 = 4CO_2+5H_2O$	687950	635350	28345	10932
$C_nH_2+mO_2 = xCO_2+yH_2O$	-	-	$700\,\bar{n}+550$	-
$C_2H_4+3O_2 = 2CO_2+2H_2O$	337290	316255	14110	11274
$C_3H_6+4,5O_2 = 3CO_2+3H_2O$	492120	460560	20550	10945
$C_4H_8+6O_2 = 4CO_2+4H_2O$	649870	607790	27120	10833
$C_2H_2+2,5O_2 = 2CO_2+H_2$	310560	300040	13385	11524
$C_6H_6+7,5O_2 = 6CO_2+3H_2O$	783210	751650	33530	9624

Bảng 3.4. **Hệ số dẫn nhiệt $\lambda\,10^3\,\frac{\text{kcal}}{\text{m . h .}^{\circ}\text{C}}$ của các khí ở áp suất thường**

$t^{\circ}C$	O_2	N_2	Không khí	H_2	CO_2	H_2O	$t^{\circ}C$	CH_2	C_2H_4	C_3H_8	C_4H_{10}	C_2H_4	C_2H_2	C_6H_6
0	21,55	21,38	21,36	150	12,42	13,89	0	26,0	15,7	13,0	11,6	15	16,2	7,6
100	27,99	27,09	27,10	186	19,52	21,19	20	28,5	17,8	11,9	13,3	-	-	9,0
200	34,37	32,30	32,91	222	26,70	28,94	50	-	21,4	-	-	-	-	11,1
300	40,64	37,31	38,28	258	33,86	39,24	100	-	28,2	-	-	-	-	15,1
400	46,65	42,44	43,45	294	40,84	49,06	150	-		-	-	-	-	19,4
500	52,40	47,47	48,38	330	17,60	60,16	200	-		-	-	-	-	24,4
600	57,72	52,35	53,22	366	54,07	72,10								
700	62,82	67,08	57,81	402	60,27	84,68								
800	67,69	61,63	62,21	438	66,12	98,10								
900	72,00	66,03	66,40	474	71,74	111,90								
1000	76,36	70,27	70,50	510	77,10	126,10								
1100	80,60	74,29	74,32	546	82,26	140,50								
1200	84,60	78,17	78,10	582	87,11	155,00								

Bảng 3.5. **Nhiệt dung riêng và nhiệt hàm của các khí**

Nhiệt dung riêng thể tích trung bình C_m, kcal/m^3, ^oC							Nhiệt hàm i, kcal/m^3					
t^oC	CO_2	H_2O	SO_2	N_2	O_2	Không khí	CO_2	H_2O	SO_2	N_2	O_2	Không khí
0	0,3821	0,3569	0,414	0,3102	0,3119	0,3098	0	0	0	0	0	0
100	0,4061	0,3595	0,433	0,3106	0,3147	0,3106	40,61	35,95	43,32	31,06	31,47	31,06
200	0,4269	0,3636	0,451	0,3114	0,3189	0,3122	85,38	72,72	90,21	62,28	36,78	62,44
300	0,4449	0,3684	0,467	0,3131	0,3239	0,3146	133,5	110,5	110,3	93,93	97,17	94,38
400	0,4609	0,3739	0,482	0,3154	0,3290	0,3174	184,4	149,6	192,7	126,2	136,6	127,0
500	0,4750	0,3797	0,494	0,3182	0,3339	0,3207	237,5	189,9	247,2	159,1	166,9	160,4
600	0,4875	0,3857	0,505	0,3213	0,3384	0,3240	292,5	231,4	302,7	192,8	201,0	194,4
700	0,4988	0,3920	0,514	0,3245	0,3426	0,3274	349,2	274,1	359,8	227,2	239,8	229,2
800	0,5090	0,3984	0,521	0,3276	0,3463	0,3306	407,2	318,7	417,2	262,1	277,0	264,5
900	0,5181	0,4050	0,529	0,3307	0,3498	0,3338	466,3	364,5	475,8	297,6	314,8	300,4
1000	0,5263	0,4115	0,534	0,3337	0,3529	0,3367	526,3	411,5	534,5	333,7	352,9	336,7
1100	0,5338	0,4180	0,540	0,3865	0,3537	0,3395	587,2	459,8	591,0	370,2	391,3	373,5
1200	0,5407	0,4244	0,544	0,3392	0,3584	0,3422	618,8	509,3	653,0	407,0	430,1	410,6
1300	0,5469	0,4306	-	0,3417	0,3608	0,3447	711,0	559,8	-	444,2	469,0	448,1
1400	0,5526	0,4366	-	0,3441	0,3631	0,3470	773,6	611,2	-	481,7	508,3	485,8
1500	0,5578	0,4425	-	0,3463	0,3653	0,3492	836,7	663,7	-	519,5	517,9	522,8
1600	0,5626	0,4481	-	0,3481	0,3673	0,3513	900,1	717,0	-	557,4	587,7	562,1
1700	0,5671	0,4537	-	0,3504	0,3693	0,3532	964,1	771,3	-	595,7	627,8	600,4
1800	0,5712	0,4689	-	0,3522	0,3712	0,3551	1028,0	826,1	-	634,0	668,2	639,2
1900	0,5750	0,4639	-	0,3540	0,3730	0,3568	1093,0	881,5	-	672,6	708,7	677,9
2000	0,5785	0,4688	-	0,3556	0,3748	0,3585	1157,0	937,6	-	711,2	749,6	717,0
2100	0,5818	0,4735	-	0,3572	0,3761	0,3600	1222,0	991,3	-	750,1	790,4	756,0
2200	0,5818	0,4779	-	0,3587	0,3781	0,3615	1287,0	1051,5	-	789,1	831,8	795,3

Bảng 3.6. **Độ đen bức xạ toàn phần đối với các vật liệu khác nhau**

Tên vật liệu	Nhiệt độ, °C	Độ đen	Tên vật liệu	Nhiệt độ, °C	Độ đen
1	2	3	4	5	6
Nhôm đánh bóng	50-500	0,04-0,06	Thép bị ôxi hóa	200-600	0,80
Nhôm mặt nhấp nhô	20-500	0,06-0,07	Thép lá có một lớp oxit		
Nhôm bị oxi hóa mạnh	50-500	0,2-0,3	sáng	20	0,82
Sơn nhôm trên bề mặt			Thép bị oxi hóa mạnh	500	0,98
nhấp nhô	20	0,4	Thép đã thấm nhôm	50-500	0,79
Lớp sơn nhôm	50	0,5	Thép thấm niken	20	0,11
Đồng thanh nhôm	20	0,6	Thép mới cán	20	0,24
Đồng thanh đánh bóng	50	0,1	Thép mạ kẽm	20	0,28
Đồng thanh xốp, nhấp			Thép trong lò có môi		
nhô	50-150	0,55	trường khí bảo vệ hoặc		
Volfam	200	0,05	chân không	600-1000	0,4-0,5
Volfam	600-1000	0,1-0,16	Crom đánh bóng	50	0,1
Volfam	1500-2200	0,24-0,31	Crom đánh bóng	500-1000	0,28-0,38
Sắt lá mạ kẽm	20	0,28	Kẽm đánh bóng	200-300	0,04-0,05
Đồng thau đánh bóng	200	0,03	Kẽm bị oxi hóa ở 400°C	400	0,11
Đồng thau mờ	20-350	0,22	Kẽm lá	50	0,2
Đồng thau cán	20	0,06	Oxit kẽm	1000-1200	0,5-0,6
Đồng thau gia công bằng			Gang lỏng	1300	0,28
đá mài	20	0,2	Oxit niken	500-650	0,52-0,59
Đồng thau bị oxi hóa ở			Oxit niken	1000-1250	0,72-0,86
600°C	200-600	0,59-0,61	Dây ncrom nguyên chất	50	0,65
Đồng đánh bóng	50-100	0,02	Dây nicrom nguyên chất	500-1000	0,71-0,79
Đồng bị oxi hóa	50	0,06	Chất nicrom bị oxi hóa	50-500	0,75-0,98
Đồng bị oxi hóa	500	0,88	Thiếc sáng	20-50	0,04-0,06
Đồng nóng chảy	1100-1300	0,13-0,15	Platin nguyên chất		
Molipđen	600-1000	0,08-0,13	đánh bóng	200-600	0,05-0,10
Molipđen	1500-2200	0,19-0,26	Platin	1000-1500	0,14-0,18
Dây molipđen	700-2500	0,1-0,3	Dây platin	50-200	0,06-0,07
Niken kỹ thuật đánh			Dây platin	500-1000	0,1-0,16
bóng	200-400	0,07-0,09	Gạch chịu lửa bức xạ	500-1000	0,8-0,9
Niken oxi hóa ở 600°C	200-600	0,37-0,48	mạnh		
Dây niken	200-1000	0,1-0,2	Gạch samôt	20	0,85
Dây platin	1400	0,18	Gạch samôt	1000	0,75
Băng platin	900-1100	0,12-0,17	Gạch samôt	1200	0,59

Tiếp bảng 3.6

1	2	3	4	5	6
Thủy ngân nguyên chất	0,100	0,09-0,12	Gạch chịu lửa đinax	1000	0,66
Bạc nguyên chất đánh bóng	200-600	0,02-0,03	Gạch đinax tương đối mịn	1000	0,80
Chì	250	0,08	Gạch đinax lỏm chỏm	1100	0,85
Chì bị oxi hóa xám	20	0,28	Đá hoa màu xám	20	0,93
Chì oxi hóa	200	0,63	Cao su cứng	20	0,95
Thép đúc đánh bóng	950-1100	0,55-0,61	Cao su mềm, màu xám	20	0,86
Thép đúc mài	750-1050	0,52-0,56	Mồ hóng đèn	20-400	0,95
Thép lá cán	50	0,56	Mồ hóng với thuỷ tinh lỏng	20-200	0,96
Thép mặt nhấp nhô	50	0,95-0,98	Đá hoa mịn	20	0,92
Thép bị gỉ đỏ	20	0,69	Nhựa thông đen bóng trên sắt	20	0,82
Nước (lớp dày 0,1 mm hoặc hơn nữa)	50	0,95	Nhựa thông đen mờ	75-150	0,91
Thạch cao	20	0,8-0,9	Xỉ nồi hơi	0-100	0,97-0,93
Gỗ bào	20	0,8-0,9	Xỉ nồi hơi	200-500	0,89-0,78
Thạch anh chảy	20	0,93	Xỉ nồi hơi	600-1200	0,76-0,70
Gạch chịu lửa bức xạ yếu	500-1000	0,65-0,75	Xỉ nồi hơi	1400-1800	0,69-0,67
Gạch chịu lửa corunt	1000	0,46	Men trắng	20	0,9
Gạch manhezit	1000-1300	0,38	Gạch đỏ mặt thô	20	0,88-0,93
Mồ hóng trên mặt vật rắn	50-1000	0,96	Gạch lát	20	0,94
Tuyết	-	0,96	Sơn đen mờ	40-100	0,96-0,98
Thuỷ tinh	20-100	0,94-0,91	Sơn đen bóng phun trên sắt	20	0,87
Gang đã mài	800-1000	0,6-0,7	Sơn trắng	40-100	0,8-0,95
Gang bị ôxi hóa ở 600°C	200-600	0,64-0,78	Sơn dầu các màu	100	0,92-0,96
Gang đúc	50	0,81	Thuỷ tinh	250-1000	0,87-0,72
Gang ở trong thỏi đúc	1000	0,95	Thuỷ tinh	1100-1500	0,70-0,67
Tấm amiăng	20	0,96	Muối nóng chảy	200-800	0,8
Giấy amiăng	40-400	0,94-0,93	Tôn tấm	20	0,91-0,93
Xi bông cách nhiệt	20	0,96	Than	100-600	0,81-0,79
Giấy	20	0,91-0,93	Dây than	1000-1400	0,53

Bảng 3.7. **Đặc tính của nhiên liệu khí tự nhiên**

Khí	Thành phần thể tích khí %					Nhiệt phát Q_H, kcal/m^3	Trọng lượng riêng của khí khô γ kg/m^3	Tổn hao không khí V^{kk} m^3/m^3	Sản phẩm cháy				
	CO_2	CO	H_2	CH_4	N_2				CO_2	H_2O	N_2	Số lượng V_{sc}, m^3/m^3	Nhiệt hàm ban đầu I_{o_3} kcal/m^3
Khí lò cao													
Lò cốc	10,5	28,0	2,7	0,3	58,5	940	1,296	1,12	22,5	5,0	72,5	1,96	480
Lò đốt than củi	12	27	8	1,6	51,4	1157	1,238	0,99	22,4	7,1	70,5	1,83	632
Khí lò sinh khí													
Angtraxit	5,5	27,5	13,5	0,5	52,6	1230	1,135	1,03	18,5	8,5	73,0	1,84	670
Than cốc vụn (bụi)	5,0	28,5	13,0	0,7	52,4	1265	1,136	1,06	18,5	8,5	73,0	1,86	680
Than bùn ngậm nước	8,5	27,5	15,0	2,5	45,8	1491	1,127	1,34	18,0	11,0	71,0	2,16	690
Than bùn định hình	8,0	28,0	15,0	3,0	45,3	1548	1,121	1,40	18,0	11,0	71,0	2,21	695
Than gỗ (vỏ bào)	6,5	29,0	14,0	3,0	46,9	1547	1,122	1,39	17,6	10,9	71,5	2,21	695
Than ở trạng thái lơ lửng	6,9	21,7	7,1	1,1	62,2	1016	1,217	1,91	17,5	8,5	75,0	1,78	575
Than bùn	9,8	20,3	10,9	1,9	56,2	1154	1,188	2,13	18,5	8,0	73,5	1,95	595
Khí hơi nước													
Từ cốc	6,5	37,0	50,0	0,5	5,5	2459	0,715	2,13	16,0	20,0	64,0	2,73	900
Từ angtraxit	6,0	38,5	48,0	0,5	6,3	2464	0,736	2,13	16,0	20,0	64,0	2,73	905
Khí nước dưới đất													
Từ than đá	10,3	18,4	11,1	1,8	37,6	1027	1,191	0,91	17,5	9,5	73,0	1,77	580
Than bán cốc													
Than bùn	41,3	16,0	20,0	19,5 $17C_mH_n$	1,5	3250	-	-	-	-	-	-	-
Khí lò cốc													
Đã làm sạch	2,3	6,8	57,5	22,5 $1,9C_mH_n$	7,8	3924	0,483	4,12	7,4	23,6	69,0	4,88	805
Chưa làm sạch	2,3	6,8	57,0	22,3 $2,7C_mH_n$	7,7	1142	0,5070	4,37	7,8	21,7	69,5	5,14	805
Khí gia công lại dầu hỏa													
Khí nhiệt phân	0,5	0,8	14,0	41,0 $43C_mH_n$	0,2	11332	0,996	12,04	24,0	16,5	59,5	13,31	805

CÁC ĐIỀU KIỆN KỸ THUẬT ĐỐI VỚI KHÍ ĐỐT

Khí đốt thường sản xuất 2 loại : khí mùa đông là hợp chất của propan, propylen, buten và butylen có thêm không quá 10% etan và etylen ; khí mùa hè là hỗn hợp của propan, propylen butan và butylen. Áp suất bão hòa của các khí mùa đông ở 20°C là 27.10^6 N/m^2 ; khí mùa hè ở 45°C là $160 . 10^6$ N/m^2. Lượng chứa S < 0,15%.

Các cặn lỏng ở 20°C đối với khí mùa đông không có, còn đối với khí mùa hè thì không vượt quá 2%.

Bảng 3.8. **Đặc tính của nhiên liệu khí**

Dạng nhiên liệu	Thành phần hóa học điển hình, %	Nhiệt phát Q_H, kcal/m^3	Nhiệt tích ban đầu của sản phẩm cháy khi α = 1,0 kcal/m^3
Khí đốt từ lò sinh khí (than gỗ, than bùn, than đá)	5−9 CO_2 ; 20−28 CO ; 7-13H_2 ; 3CH_4 ; còn lại là N_2	1100-1550	600-715
Khí cốc và khí thắp sáng	3CO_2 ; 8−9CO ; 45−55H_2 ; 25−35CH_4; còn lại là N_2	4000-5400	830-845
Khí dầu hỏa và khí thiên nhiên	75-95CH_4 ; còn lại là CO_2, C_2H_4, O_2 và N_2	8000-10,00 QH = 6600$\bar{n}$+1950 20000-25000	770-800
Khí đốt (khí cacbua hiđro) loại C_nH_{2n+2}	60C_3H_8 ; 40C_4H_{10} ; 100C_3H_3 ; 100C_4H_{10}	Q_H = 6600$\bar{n}$ +1950	815-825

Bảng 3.9. **Thành phần trung bình của sản phẩm cháy nhiên liệu khí khi α = 1,0 tính bằng %**

Nhiên liệu	CO_2	H_2O	N_2
Khí từ lò sinh khí	17,6	7,8	74,6
Khí thắp sáng và khí cốc	9,0	21,0	70,0
Khí thiên nhiên và khí dầu hỏa	9,5	19,0	71,5
Khí thiên nhiên, khí dầu hỏa, khí cacbua hiđro m^3/m^3	$\bar{n}$	($\bar{n}$+1)	(5,6 $\bar{n}$ + 1,9)

PHƯƠNG PHÁP TÍNH VÒI ĐỐT ĐỂ ĐỐT BỀ MẶT KHÔNG CÓ NGỌN LỬA

Diện tích miệng ra của vòi đốt f_o :

$$f_o = \frac{V_{hh}}{W_{hh} \cdot 3600\,\varphi}\ ,\ m^2,$$

ở đây, V_{hh} - tổn hao hỗn hợp khí không khí, m^3/h ;

φ - hệ số chảy, thường chọn 0,85 - 0,87 ;

W_{hh} - tốc độ của hỗn hợp khí m/s.

Điều kiện cần thiết để vòi đốt làm việc bình thường là tốc độ của hỗn hợp khí - không khí từ miệng vòi đốt phải lớn hơn tốc độ lan rộng của ngọn lửa :

$$W_{hh} > V_{hh} ;$$

$$W_{hh} = \sqrt{\frac{2gh}{\tau_c}}\ ,\ m/s,$$

ở đây, h_{hh} - áp lực của hỗn hợp khí - không khí trong vòi đốt, N/m^2 ;

$$h_{hh} = 60 - 70 \text{ mm cột nước} ;$$

γ_{hh} - trọng lượng riêng của hỗn hợp khí - không khí kg/m^3.

Tốc độ của hỗn hợp khí - không khí ra khỏi miệng vòi đốt thường là 7-20m/s (giới hạn điều chỉnh 1 : 3) khi $\alpha = 1,03 \div 1,05$.

Căn cứ vào diện tích f_o, xác định đường kính miệng phun của vòi đốt d_o ; và dựa vào giá trị đó, chúng ta sẽ tìm các trị số của vòi và phần ngầm đường kính vòi đốt (trong) $D_{hh} \geq 2d_o$, đường kính phần ngầm $D_{ng} = 2,5\ d_o$ (phần ngầm cũng làm hình côn).

Chiều dài phần ngầm của vòi đốt ($L_{ng} = 6d_o + 30$ mm đối với khí ở lò sinh khí, khí tự nhiên và $L_{ng} = 2,25\ d_o + 20$ mm đối với khí thắp sáng, khí cốc và hơi nước).

Chiều dài vòi đốt L_{kh} phụ thuộc vào chiều dày tường lò. Kích thước của miệng hút phụ thuộc vào đường kính và miệng của nó. $D_{vđ}$ góc của hình côn ống góp $\alpha = 18 \div 21^o$ và độ mở $\beta = 2 \div 4^o$ (không quá 6^o). Đường kính ban đầu của ống góp $D_{góp} = (2,0 \div 2,8)\ D_{vđ}$; chiều dài của miệng $L_{vđ} = \left(3 + 0,25\frac{F_{vđ}}{f_o}\right) D_{vđ}$, khoảng cách từ miệng hút đến miệng $l = 1,5\ D_{vđ}\ (1 \div 2)$.

Đối với inspirator có hệ thống chọn tỷ lệ, góc hình côn của phần góp $\alpha = 15^o$, góc hình côn mở $\beta = 2,5^o$; $D_{góp} = (2,0 \div 2,5)D_{vđ}$.

Việc quan trọng là xác định đường kính miệng phun của inspirator d_{hh} đối với chỗ hút khí.

Đường kính miệng phun inspirator có thể tìm từ tỉ số giữa diện tích miệng phun của vòi đốt và diện tích miệng phun của inspirator

$$\theta = \frac{d_o^2}{d_{hh}} = (1 + U)\left(1 + \frac{U}{\lambda}\right)\left(1 + \frac{\varepsilon}{2}\right)$$

u – hệ số thể tích – là tỉ số giữa thể tích hút và thể tích bị hút $\left(\text{thí dụ, } \frac{V_{hh}}{V_{kk}}\right)$;

λ – tỉ số giữa trọng lượng riêng của khí hút và trọng lượng riêng của khí bị hút ;

ε – hệ số trở kháng phụ thuộc vào cấu trúc của vòi đốt $\varepsilon = 4$ (khí hút vào dưới góc vuông $\varepsilon = 0{,}9$).

Tỉ số giữa tốc độ ra của khí hút W_{kh} và hỗn hợp khí – không khí

$$\frac{W_{kh}}{W_{hh}} = \frac{\theta}{1 + u}$$

Áp suất khí hút h_{kh}

$$h_{kh} = \frac{W_{hh}^2 \theta^2 \gamma_{hh}}{(1 + u)^2 2g\mu^2}$$

Khi hệ số chảy của khí hút $\mu = 0{,}85$ ($\mu = 0{,}8 - 0{,}9$)

$$\eta_{kh} = \frac{\gamma_{hh}}{14}\left(\frac{W_{hh}\theta}{1 + u}\right)$$

Thí dụ, đối với vòi đốt có kích thước trung bình khi $d_o = 40 \div 65$ mm cho khí có nhiệt trị $Q_H = 7000 - 7500$ kcal/m^3 khi $W_c = 5{,}5 - 7{,}0$ m/s, áp suất nhỏ nhất của khí trước khi vào vòi đốt (khí hút không khí bằng khí) bằng ~ 8000 mm cột nước.

Có thể nói 1, 2, 3..., vòi đốt vào một hệ thống trộn–inspirator, trong trường hợp này giữa đường kính miệng vòi đốt d_o và miệng inspirator d_{hh} phải tuân theo đẳng thức

$$d_{hh} = 0{,}42 d_o \sqrt{n}$$

Giới hạn cháy (bốc lửa) của hỗn hợp khí được xác định theo đẳng thức sau :

$$L_{hh} = \frac{100}{\frac{CO}{L_{CO}} + \frac{H_2}{L_{H_2}} + \frac{CH_4}{L_{CH_4}}}$$

Ở đây, L_{hh} – giới hạn cháy (dưới, trên hoặc tương ứng với tốc độ lan rộng cực đại của ngọn lửa) của hỗn hợp khí ; CO, H_2. CH_4... lượng chứa các khí trong hỗn hợp tính bằng phần trăm thể tích L_{CO}, L_{H_2}, L_{CH_4} giới hạn cháy của các khí kể trên.

Nếu kể các khí trơ ($CO_2 + N_2$) tính bằng phần trăm

$$L_{tr} = 0{,}01\ (CO_2 + N_2)$$

$$L_{hh,tr} = L_{hh} \frac{\left(1 + \frac{L_{tr}}{1 - L_{tr}}\right) 100}{100 + L_{hh} \frac{L_{tr}}{1 - L_{tr}}}$$

Khoảng giới hạn cháy (dưới và trên) sẽ mở rộng khi tăng nhiệt độ.

Tốc độ lan rộng cực đại của ngọn lửa :

$$U_{hh\ max} = \frac{L_{max}}{100} (0{,}785\ CO + 6{,}35\ H_2 + 3{,}52\ CH_4)\ ;$$

Nếu kể các khí trơ thì :

$$U_{hh,tr} = \frac{100 - N_2 - 1{,}2\ CO_2}{100} U_{hh\ max}$$

Tốc độ lan rộng của ngọn lửa sẽ tăng nhanh khi tăng nhiệt độ.

Bảng 3.10. **Đặc tính kỹ thuật của vòi đốt áp lực thấp**

Vòi đốt		Năng suất m^3/h	Đường kính ống dẫn khí và không khí, mm		Áp lực mm cột nước (tử số) và tốc độ m/s (mẫu số)		Kích thước miệng phun hỗn hợp khí - không khí, mm
Kết cấu	Loại		dẫn khí	dẫn không khí	khí	không khí	
1	2	3	4	5	6	7	8
Khí và Không khí riêng biệt	1	5-15	25	25	$\frac{50-100}{10-15}$	$\frac{100-200}{15-20}$	22,5x50
	2	10-30	37	37			21,0x75
	3	20-60	50	50			24,5x118
	4	40-100	63	63			24,0x128
Loại khc	1	60-140	75	75	$\frac{50-100}{10-15}$	$\frac{100-200}{15-20}$	53x120
	2	100-200	100	100			58x150
	3	150-300	125	125			68x183
Loại nghiêng có ngọn lửa	1	50-100	50	65	$\geq \frac{80-100}{10-15}$	$\geq \frac{100-150}{15-20}$	ϕ70
	2	100-200	65	80			ϕ90
	3	150-300	85	100			ϕ115
	4	200-400	100	125			ϕ140
	5	300-600	125	150	Tốc độ hỗn hợp 10−12 s/m		ϕ170
	6	500-1000	150	170			ϕ200

Tiếp bảng 3.10

1	2	3	4	5	6	7	8
Ngọn lửa xoáy	1	100	67	80			ϕ80
	2	160	85	100	$\geq \frac{80-100}{10-15}$	$\geq \frac{100-150}{15-20}$	ϕ1000
	3	250	106	125			ϕ125
	4	400	132	160			ϕ160
	5	630	170	200	Tốc độ hỗn hợp		ϕ200
	6	1000	212	250	10–12 s/m		ϕ250

***Bảng 3.11.* Áp lực của hỗn hợp và của khí trong vòi đốt hút không ngọn lửa ở áp lực cao**

Dạng khí	Nhiệt phát Q_H,kcal/m^3	Áp lực hỗn hợp trong vòi đốt, mm cột nước		Áp lực khí, mm cột nước	
		Nhỏ nhất	Bình thường	Nhỏ nhất	Bình thường
Khí lò cao	900--1050	-	-	50	500-600
Khí lò sinh khí	1200-1500	5	20-30	150	700-1000
Hơi nước và hỗn hợp	2000-2500	25	100-150	300	1500-2000
Khí lò cốc	3500-4000	20	80-100	800	3000-4000
Khí thắp sáng	4500-5000	13	60-70	1000	4000-5000
Khí thiên nhiên	8000-10000	8	30-50	2500	13000-15000

***Bảng 3.12.* Kích thước vòi đốt hút khí, phần ngầm, bộ phận trộn và năng suất vòi đốt khí lò sinh khí**

Kích thước vòi đốt, mm	Đường kính miệng vòi đốt d_o	10-19	21-25	29-32	35-38	41-44	48-51	54-64	67-76
	Đường kính vòi phun (bên trong) D_{kh}	40	50	65	75	90	100	125	150
Kích thước phần ngầm, m/m	Đường kính ra D_{ng}	42	56	80	88	105	126	140	175
	Đường kính ban đầu d_{ng}	38	51	73	80	95	114	127	159
	Chiều dài L_{ng}	95	146	187	216	257	310	340	422

Tiếp bảng 3.12

Năng suất vòi đốt m^3/h khi sinh áp lực khí lò sinh khí (mm cột nước)	700	5-11	15-20	26-32	40-48	55-60	70-83	90-100	140-180
	1200	6-15	16-24	33-39	50-57	65-75	92-103	110-160	180-230
Các kích thước của inspirator	Đường kính miệng $D_{vđ}$, mm	14	16	20	24	28	34	40	48
	Đường kính miệng loa D_{loa},mm	26	32	38	48	56	68	80	96
	Chiều dài miệng $L_{vđ}$, mm	80	85	123	140	185	210	235	280
	Chiều dài miệng loa L_{loa}, mm	95	140	150	190	250	290	345	395
	Chiều dài phần góp $L_{góp}$, mm	22	22	22	28	38	42	62	67
	Góc côn của phần góp α_o	18	18	20	20	21	21	21	21
	Chiều dài chung của phần trộn, mm	280	330	380	410	585	670	770	875
	Đường kính ống dẫn khí tính bằng dium*	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	1	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	2
	Đường kính ống dẫn khí - không khí tính bằng dium*	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	2			4	4

* 1 dium = 25 mm

Bảng 3.13. **Phương pháp xác định tổn hao nhiên liệu và năng lượng điện**

(thí dụ)

Tên và kiểu lò	Số lượng lò cùng loại n	Hệ số sử dụng (tải trọng) k	Năng suất của lò trung bình không kể gá lắp P_{ns}, kg/h	Hệ số có lợi của lò $\frac{\eta}{100}$	Hệ số tính đến việc nung nóng gá lắp $\alpha = \frac{P_{ns}}{P_{ns}+P_{gá}}$	Tổn hao nhiên liệu $B = \frac{Q_{lc} \cdot 100}{Q_H \eta} = \frac{\frac{P_{ns}}{a} \cdot ct.600}{Q_H}$ m^3/h;kWh	Có số thời gian làm việc của lò T, h/tháng	Phần thời gian để thay đổi chế độ làm việc τ_{tg}	Tổn hao nhiên liệu (năng lượng điện) Bc= BTKn $(1 - a\tau_{tg})$ m^3/tháng ; kW/tháng	Tổn hao nhiên liệu riêng (năng lượng điện) $b = \frac{B_c(1 - a\tau_{tg})}{P_{nc}(1 - \tau_{tg})} \times$ $\times (1,05-1,1) =$ $\frac{100\,ct\left(\frac{1}{a\,\eta} - \frac{\tau_{tg}}{\eta}\right)}{Q_H\left(1 - \tau_{tg}\right)} \times$ (1,05−1,10) kg/kg ; m^3/kg ; kW h/kg
Khí thắp sáng (Q_H = 5400 kcal/m^3)										
Lò làm việc liên tục để thấm cacbon F=1,2x8,0=9,6 m^2	4	0,80	120	0,15	0,5	B= 42,5m^3/h	645	0,5	65 600	0,55
Lò nung nóng để tôi : F=1,0x1,4=1,4 m^2	2	0,75	210	0,18	1,0	B=26,6m^3/h	386	0,2	12 300	0,13
Lò có buồng đốt nóng di động để thấm nitơ						*Năng lượng điện*				
(công suất 100 kW)	6	0,9	20	0,5	0,6	W=56,0kWh	645	0,1	18 400	3,0
Lò giếng để ram	4	0,7	200	0,75	0,9	W=18,5kWh	197	0,1	10 340	~0,10

Bảng 3.14. **Nhiệt độ bốc lửa và giới hạn cháy của khí**

Khí	Nhiệt độ tự bốc lửa trong hỗn hợp với không khí, °C	Tốc độ lan rộng của ngọn lửa, cm/s	% khí trong hỗn hợp			Tỉ số không khí - khí			Hệ số dư của không khí			Lượng không khí lý thuyết
			% khí khi tốc độ lan rộng cực đại	Giới hạn cháy		Khi tốc độ lan rộng cực đại	Giới hạn cháy		Khi tốc độ lan rộng cực đại	Giới hạn cháy		
				Trên	Dưới		Trên	Dưới		Trên	Dưới	
Mêtan	537	37,0	10,50	15,0	5,0	8,5	5,65	19,0	0,90	0,59	2,00	9,52
Êtan	510	85,0	6,53	12,5	3,2	14,3	7,00	30,3	0,86	0,42	1,82	16,67
Êtylen	540	63,0	7,10	28,6	2,75	13,3	2,50	35,4	0,93	1,75	2,48	14,29
Prôpan	466	32,0	4,71	9,5	2,37	20,2	9.50	40,6	0,85	0,40	1,79	23,81
Butan thường	430	82,5	3,66	8,4	1,86	26,3	10,90	51,5	0,85	0,35	1,66	30,95
Propylen	455	43,5	4,80	11,1	2,0	19,8	8,00	49,0	0,92	0,37	2,28	21,43
Oxit cacbon	610	33,0	53,0	74,2	12,5	0,89	0,34	7,1	0,37	0,14	3,0	2,38
Hidro	510	267,0	42,0	74,2	4,0	1,38	0,34	24,0	0,58	0,14	10,0	2,38
Axetylen	335	131,0	10,0	80,0	2,5	9,0	0,24	39,0	0,76	0,20	3,28	11,90
Benzen	570	38,5	3,0	6,75	1,11	32,2	13,8	70,0	0,90	0,39	1,96	35,70
Amoniac	780	-	-	26,40	16,10	-	2,78	5,25	-	0,78	1,47	3,57
Khí lò sinh khí	-	-	-	74,0	20,7	-	0,35	3,82	-	0,29	3,2	1,19
Khí lò cốc	-	-	-	30,4	5,6	-	2,32	16,9	-	0,57	4,15	4,06
Khí thiên nhiên	-	-	-	15,0	3,0	-	5,65	32,2	-	0,61	3,48	9,25

3.2. VẬT LIỆU CHỊU LỬA

Bảng 3.15. **Những số liệu chính của vật liệu chịu lửa**

Vật liệu chịu lửa	Trọng lượng khối, kg/dm^3	Trọng lượng riêng	Tính chịu lửa, ^oC	Độ bền nén σn 0,1 MPa*	t^oC bắt đầu biến dạng do tải trọng 0,2.MPa	Nhiệt độ cực đại, ^oC	Điện trở suất 10^3 Ωcm ở nhiệt độ ^oC		Nhiệt dung riêng, kcal/kg ^oC a = 10^{-3}tb	Hệ số dẫn nhiệt, kcal/m.h. ^oC (a = = $10^{-3}t_{(tb)}$
							800	1200		
Gạch samot	1,8-1,9	2,54-2,62	1670-1770	150-300	1300-1400	1350-1450	7-15	1,0-1,5	0,21+0,55a	0,72+0,5a
Gạch chịu lửa bán axit	1,85-1,95	2,50-2,60	1610-1710	100-150	1300-1400	1350-1450	-	4-6	0,21+0,055a	0,75+0,45a
Gạch đinax	1,9-1,95	2,38-2,5	1710-1760	200-300	1620-1700	1700	200	9-14	0,2+0,06a	0,8+0,6a
Gạch manhezit	2,6-2,8	3,0-3,2	2000	350-600	1500-1600	1650-1700	1000	100-200	0,25+0,07a	0,4+1,5a
Gạch manhezit nóng chảy	2,7-2,8	3,5-3,6	2800	500-700	1600-1700	1850	1000	100-200	-	-
Gạch crom manhezit	2,8-2,9	3,7-3,8	2000	250-450	1450-1520	1700	-	-	-	1,6-1,8 (0-700^o)
Gạch crom manhezit chịu nhiệt	2,75-2,85	3,6-3,8	2300	300-500	1500-1550	1750	-	-	-	3,5+0,95a
Gạch cromit	3,0-3,2	3,8-1,2	1850-1900	300-700	1570-1660	1650-1700	3,0	0,5-1,0	0,2+0,07a	1,1+0,35a
Vật phẩm làm bằng zieconi	3,3	4,5-5,0	2600	1000-2000	1550-1600	2000	1000-10000	10,0	0,13+0,03a	1,12+0,55a
Vật phẩm cabonrun (carbo-phopek)	2,3-2,6	3,1-3,2	2100-2200	400-700	1700-1800	1400-1500	800	40	0,23+0,035a	18-9a
Vật phẩm bằng than	1,35-1,5	1,8-2,1	3000	150-250	2000	2000	-	-	0,2	20-30a
Vật liệu grafit	1,6	2,2	3000	200-300	2000	2000	-	-	0,2	140-35a
Gạch xây dựng (gạch đỏ)	1,4-1,6	2,5-2,6	1500-1600	50-15	-	300-400	-	-	0,22	0,7+0,4a

* 1MPa = 10^6Pa ; 1Pa = 10^{-7} kG/mm^2 ; 1MPa = 0,1 kG/mm^2 = 10 kG/cm^2 ; 1 kG/mm^2 = 10 MPa

Bảng 3.16. **Các tính chất cơ bản của vật liệu xốp chịu lửa (hạng nhẹ)**

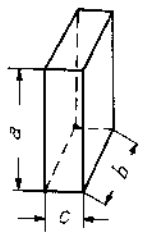
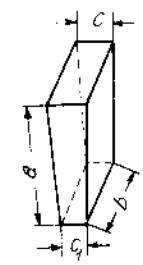
Vật liệu chịu lửa	Trọng lượng khối, kg/dm^3	Độ bền nén ốn, 0,1 MPa	Tính chịu lửa, ^oC	Nhiệt độ bắt đầu biến dạng do tải trọng 0,2MPa	Hệ số dẫn nhiệt, kcal/m.h ^oC ($a = 10^{-3}t_{tb}$)	Nhiệt độ dùng, ^oC	Phạm vi dùng
Hạng hoá học nhẹ	0,74	30-40	1650-1700	1190	0,13+0,11a	1200	Đối với lò làm việc liên tục khi dao động nhiệt độ không đáng kể.
Hạng bọt nhẹ	0,54-0,61	25-35	1710-1730	1130-1260	0,08+0,14a	1150-1300	
Cực nhẹ (hạng bọt nhẹ)	0,27-0,33	7-10	1710-1730	1130	0,05+0,15a	1100	
Samot bọt	0,95	30	1740	1340	0,24+0,2a	1350	Cách nhiệt lò nhiệt độ cao.
	0,60	10	1630	1280	0,09+0,125a	1300	
Hạng nhẹ có cho thêm chất cháy	1,30	45	1750	1300	0,35+0,3a	1300	Cho tất cả các lò nhiệt luyện
	1,0	30	1700	1250	0,2+0,22a	1250	

* Trước đây dùng đơn vị đo kG/mm^2 (kG/cm^2) nhưng nay đơn vị thông dụng quốc tế là Pa (pascal), song đơn vị này quá nhỏ, 1Pa = 10^{-7} kG/mm^2 kG/mm^2 nên thường dùng bội số của nó là MPa, 1MPa = 10^6Pa. Riêng Hoa Kỳ, Anh dùng hệ riêng là psi. 1 psi = 1l bf/m^2, song đơn vị này hơi nhỏ, 1 psi = 6,9 . 10^3Pa, nên dùng bội số của nó là ksi, 1 ksi = 10^3psi. Quan hệ giữa các đơn vị thường gặp như sau :

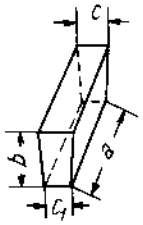
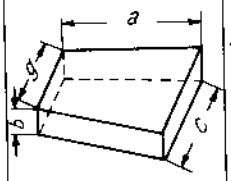
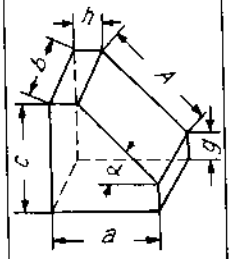
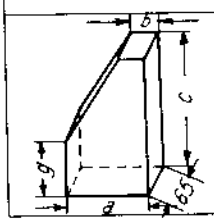
1 kG/mm^2 ≈ 10 MPa, 1 MPa ≈ 0,1 kG/mm^2 = 10 kG/cm^2,

1 kG/mm^2 ≈ 1,45 ksi, 1 MPa ≈ 0,145 ksi, 1 ksi ≈ 0,703 kG/mm^2, 1 ksi ≈ 6,9 MPa

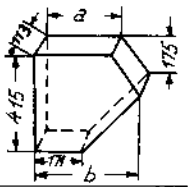
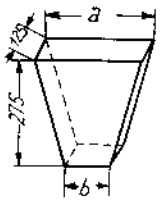
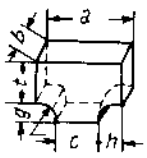
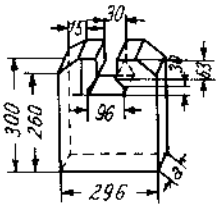
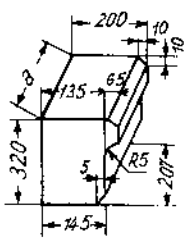
Bảng 3.17. **Hình dạng và kích thước vật liệu chịu lửa thông dụng**

Hình dạng và tên gọi vật liệu		N° Vật liệu	Kích thước mm							Thể tích cm^3	Trọng lượng kg		Ký hiệu theo ГОСТ
			A	a	b	c	g	h	Góc α^o		samot và dinat	samot nhẹ	
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Gạch thẳng	1	-	230	113	100	-	-	-	2600	4,0	2,0	H-3
		2	-	230	113	75	-	-	-	1950	3,7	3,4	
		3	-	230	113	65	-	-	-	1690	3,2	1,35-2,2	
		4	-	230	113	40	-	-	-	1040	2,0	0,83-1,36	
		5	-	250	123	75	-	-	-	2300	4,0	-	
		6	-	250	123	65	-	-	-	3000	3,8	1,6-2,6	
		7	-	300	150	65	-	-	-	2930	5,6	-	H-6
	Gạch thẳng nửa xuyến	8	-	230	171	75	-	-	-	2950	5,6	-	
		9	-	230	171	65	-	-	-	2560	4,9	2,0-3,3	
		10	-	250	186	75	-	-	-	2480	6,6	-	
		11	-	250	186	65	-	-	-	3020	5,7	-	
		12	-	300	225	65	-	-	-	4390	8,3	-	
	Gạch thẳng đa xuyến	13	-	171	113	75	-	-	-	1450	2,8	-	
		14	-	171	113	65	-	-	-	1260	2,4	1,0-1,6	H-4
		15	-	186	123	75	-	-	-	1710	3,2	-	
		16	-	186	123	65	-	-	-	1490	2,8	-	
	Gạch côn đầu một mặt và hai mặt	17	-	230	113	75	b_1 65	-	-	1820	3,5	-	
		18	-	230	113	75	55	-	-	1690	3,2	-	
		19	-	230	113	65	55	-	-	1560	3,0	1,2-2,0	H-14
		20	-	230	113	65	45	-	-	1430	2,7	1,1-1,9	
		21	-	250	123	75	65	-	-	2150	4,1	-	
		22	-	250	123	65	55	-	-	1845	3,5	1,5-2,4	
		23	-	250	123	65	45	-	-	1685	3,2	-	
		24	-	171	113	65	55	-	-	1160	2,2	-	H-18
		25	-	171	113	65	45	-	-	1160	2,0	-	H-19
		26	-	300	150	65	55	-	-	2700	5,1	-	H-15
	Gạch côn đầu nửa xuyến	27	-	230	171	75	b_1 65	-	-	2750	5,2	-	
		28	-	230	171	75	55	-	-	2600	4,9	1,9-3,0	H-16
		29	-	230	171	65	55	-	-	2360	4,5	1,7-2,8	H-17
		30	-	230	171	65	45	-	-	2160	4,1	-	
		31	-	250	186	75	65	-	-	3260	6,2	-	
		32	-	250	186	65	55	-	-	2790	5,3	-	
		33	-	250	186	65	45	-	-	2550	4,85	-	
		34	-	300	225	65	55	-	-	4050	7,7	-	
		35		300	225	65	45	-	-	3710	7,0	-	

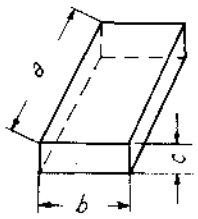
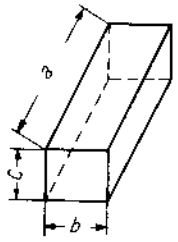
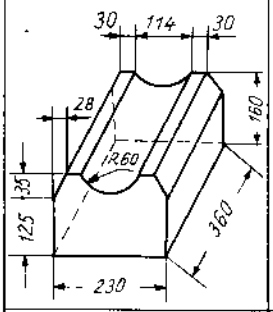
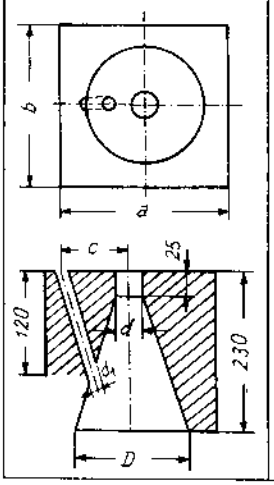
Tiếp bảng 3.17

1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Gạch côn cạnh	36	-	230	113	75	56	-	-	1820	3,5	-	
		37	-	230	113	75	55	-	-	1690	3,2	-	
		38	-	230	113	65	55	-	-	1560	3,0	1,25-2,0	
		39	-	230	113	65	45	-	-	1430	2,7	1,1-1,9	H-21
		40	-	250	123	75	65	-	-	2130	4,1	-	
		41	-	250	123	65	55	-	-	1840	3,5	1,5-2,4	
		42	-	260	123	65	45	-	-	1700	3,2	-	
	Gạch hình rẽ quạt	43	-	230	65	113	96	-	-	1550	2,9	-	
		44	-	230	65	113	76	-	-	1415	2,7	1,1-1,8	
		45	-	230	65	113	56	-	-	1280	2,5	-	
	Gạch chân vòm	46	300	230	150	275	15	89	60	6565	12,5	-	
		47	300	230	450	275	15	80	60	19695	37,5	-	
		48	300	275	150	275	65	65	45°	8040	15,3	-	H-30
		49	300	345	150	275	65	135	45°	10930	20,8	-	
	Gạch vát	50	250	230	123	275	60	105	60°	6150	17,7	-	
		51	230	230	113	205	43	68	45°	3860	7,3	-	H-23
		52	230	230	113	275	75	115	60°	5850	11,1	-	H-24
		53	230	230	345	275	75	115	60°	17850	34,0	-	H-25
		54	230	230	113	240	40	115	60°	4240	9,4	-	
		55	230	230	345	240	40	115	60°	15100	28,7	-	
		56	171	230	113	205	84	109	45°	4500	8,5	-	-
		57	171	230	113	205	57	145	60°	4620	8,8	-	-
		58	123	123	250	135	28	61	60°	3325	6,35	-	-
		59	123	123	375	135	28	61	60°	5000	9,5	-	-
		60	123	123	250	135	48	35	45°	3200	6,1	-	-
		61	113	113	230	135	37	56	60°	2890	5,5	-	H-28
		62	113	113	345	135	37	56	60°	4310	8,2	-	H-29
		63	113	113	230	135	55	33	45°	2680	5,1	-	-
	Gạch xây cửa lò	64	-	230	115	230	30	-	-	2690	5,1	-	H-31
		65	-	171	56	345	145	-	-	3100	5,9	-	H-32

Tiếp bảng 3.17

1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Gạch dưới đế	66	-	325	400	-	-	-	-	15800	30,1	-	
	chân vòm	67	-	385	459	-	-	-	-	18102	34,3	-	
	Gạch dưới thanh đăng	68	-	284	138	-	-	-	-	6554	12,5	-	
		69	-	520	374	-	-	-	-	13894	26,4	-	
	Gạch thanh gần dây nung	70	5	350	75	113	56	60	230	3939	7,5	-	
		71	5	230	75	113	25	40	150	2316	4,2	-	
	Gạch xây dỉnh treo	72	-	100	-	-	-	-	-	8060	15,3	6,5-10,5	H-40 H-41
		73	-	75	-	-	-	-	-	6045	11,5	4,9-7,9	
	Gạch xây nóc chéo cạnh	74	-	-	25	135	-	-	-	2485	4,56	2,0-3,23	
		75	-	25	-	135	-	-	-	2485	4,56	2,0-3,23	
		76	-	25	25	160	-	-	-	2680	4,96	2,14-3,5	
	Gạch xây mặt đáy đưa ra đưa vào	77	-	230	-	-	-	-	-	11850	22,5	-	
		78	-	113	-	-	-	-	-	5925	11,25	-	

Tiếp bảng 3.17

1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Tấm	79 80 81	- - -	460 575 690	230 170 170	75 80 100	- - -	- - -	- - -	7940 7820 11700	15,1 14,9 22,2	- - -	
	Thanh	82	-	460	113	135	-	-	-	700	13,3	-	
	Gạch tựa	83	-	-	-	-	-	-	-	11840	22,5	-	H-42
	Gạch xây chỗ vòi đốt			a	b	c	D	d	d_1		ш,п		
		84	-	230	205	80	150	50	35	9010	17,0	-	
		85	-	340	335	120	190	75	45	23800	45,0	-	
		86	-	340	335	120	210	100	45	23600	42,0	-	
		87	-	340	335	130	240	125	40	21000	49,0	-	
		88	-	340	335	130	260	150	40	19500	36,0	-	

Bảng 3.18. **Những số liệu cơ bản của vật liệu cách nhiệt**

Tên vật liệu	Trọng lượng khối, kg/dm^3	Giới hạn bền, 10.MPa	Hệ số dẫn nhiệt λ, kcal/m.h.^oC, $\alpha = 10^{-3} t_{tb}$	Nhiệt độ làm việc tối đa, ^oC
1	2	3	4	5
Điatomit cục không ủ	0,65	-	0,147-0,2a	800
Điatômit bột không ủ	0,7-0,35	-	(0,1÷0,08)+0,21a	900
Điatômit bội ủ	0,7-0,45	-	(0,11÷0,085)+0,215a	1000
Gạch điatomit số hiệu 500	0,50	> 6 (khi nén)	0,09 + 0,2a	900
số hiệu 600	0,60	> 8 (khi nén)	0,113 + 0,2a	900
số hiệu 700	0,70	> 10 (khi nén)	0,147 + 0,27a	950
Gạch điatomit bọt	0,40	7,0 (khi nén)	0,067 + 0,27a	900
Amiăng rời (cridolit)	0,22÷1,3	-	0,038+0,12γ x 10^{-3}+0,14a	600
Amiăng tấm số hiệu A	1,0-1,4	10-12 (khi đứt)	0,135 + 0,16a	600
số hiệu AC	1,0-1,4	12-14 (khi đứt)	0,135 + 0,16a	600
Dây amiăng đường kính	10-380g/m	-	0,12 + 0,2a	220
3 - 25 mm	chiều dài	-		400
Dây amiăng manhezit đường kính 13-32 mm	95-440g/m chiều dài	-	0,095 + 0,25a	
Dây amiăng đường kính 20, 25, 30 mm	180 ; 200 ; 380g/m chiều dài	-	0,105 + 0,27a	220
Các tấm ximăng chịu nhiệt 1000x500x15 và 30 mm ; 500x500x15 và 30 mm				
số hiệu 300	< 0,3	> 3,0 (khi uốn)	0,072 + 0,16a	450
số hiệu 400	< 0,4	> 2,5 (khi uốn)	0,079 + 0,11a	450
số hiệu 500	< 0,5	> 2,0 (khi uốn)	-	450
Các tấm làm bằng bông amiăng khoáng vật				
GZ 350	< 0,35	2,5 (khi uốn)	0,068(50^o)	450
GZ 400	< 0,40	3,0 (khi uốn)	0,068 + 0,175a	450
Amiăng xếp nếp	0,18	-	0,063 + 0,27a	300
	0,26	-	0,046 + 0,125a	300

3.3. TÍNH TOÁN NHIỆT KHI NUNG NÓNG

Mỗi quá trình nhiệt luyện được thực hiện bằng cách :

1. Nung nóng với tốc độ xác định v_n đến nhiệt độ yêu cầu của quá trình – thời gian nung nóng τ_n.

2. Giữ nhiệt ở nhiệt độ của quá trình – thời gian giữ nhiệt τ_g.

3. Làm nguội với tốc độ qui định của quá trình – tốc độ làm nguội, v_{ng}.

Mỗi một thời kỳ của quá trình nhiệt luyện được đặc trưng bằng lượng nhiệt Q tính ra kcal, chi tiết lấy lượng nhiệt này khi nung nóng và thải ra khi làm nguội. Lượng nhiệt này phụ thuộc vào : a) điều kiện bên ngoài của sự truyền nhiệt ; b) cân bằng nhiệt giữa chi tiết và môi trường bên ngoài và các tính chất vật lý của kim loại nung.

a) Các điều kiện bên ngoài của sự truyền nhiệt.

$$Q = \alpha(\pm t_{mn} \pm t_{km}) F\tau ,$$

trong đó α – hệ số tỏa nhiệt tính ra kcal/m^2.h. độ (xem hình 3.1) ; t_{mn} – nhiệt độ môi trường bên ngoài tính ra ^oC ; t_{km} – nhiệt độ bề mặt kim loại ; F – bề mặt chi tiết tính ra m^2 ; τ – thời gian nung nóng hay làm nguội tính ra h.

b) Cân bằng nhiệt giữa chi tiết và môi trường bên ngoài

$$V\gamma c dt = \alpha F (t_k - t_{mn}) d\tau,$$

trong đó t_k – nhiệt độ trung bình của kim loại.

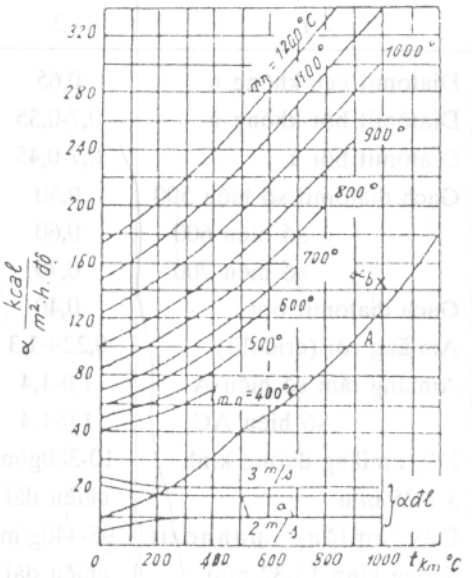
Tốc độ nung nóng v_n hay làm nguội v_{ng}

$$v_n \text{ hay } v_{ng} = \frac{dt}{d\tau} = \frac{\alpha}{\gamma c} \cdot \frac{F}{V} (t_k - t_{mn})$$

Thời gian nung nóng τ_n hay làm nguội τ_{ng}.

$$\tau_n \text{ hay } \tau_{ng} = \frac{G}{F} \cdot \frac{c}{\alpha} \, 2{,}3 \, \lg \frac{t_{mn} - t_{kđ}}{t_{mn} - t_{kc}}$$

trong đó V – thể tích của chi tiết, m^3 ; γ – khối lượng riêng của kim loại kG/m^3 ;



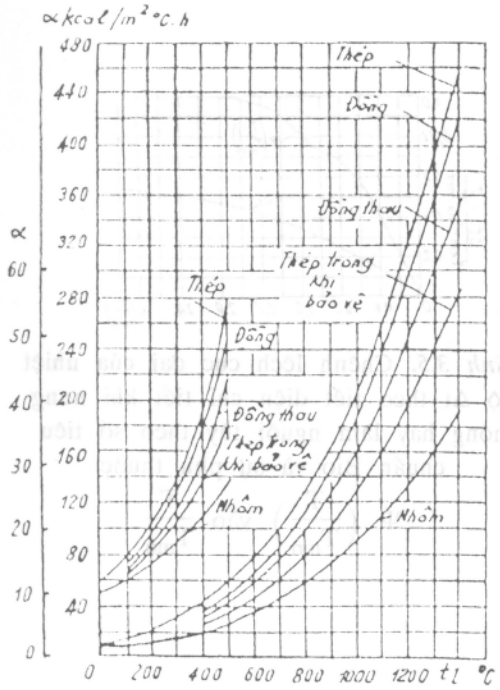
Hình 3.1. Sự phụ thuộc của hệ số tỏa nhiệt α vào nhiệt độ bề mặt kim loại t_{km} bằng sự bức xạ (α_{dx}) ở nhiệt độ của môi trường ngoài khác nhau (lò t_{mn}) bằng sự đối lưu ($\alpha_{đl}$) khi tốc độ chuyển động của không khí khác nhau (a - không khí đứng yên) A - hệ số tỏa nhiệt (α_{bx} + $\alpha_{đl}$) khi làm nguội trong không khí tĩnh.

G = Vγ - khối lượng chi tiết, kG ; F - bề mặt của chi tiết, m^2 ; $t_{kđ}$ và t_{kc} - nhiệt độ kim loại ban đầu và kết thúc, ^oC ; C - Nhiệt dung riêng trung bình của kim loại, $\frac{kcal}{kG \,.\, độ}$.

Nhiệt độ chi tiết trong bất kỳ thời gian nào :

$$t_{kc} = \left(t_{mn} - t_{kđ}\right)\left(1 + e^{-\frac{\alpha F}{G C}\tau}\right) + t_{kđ}.$$

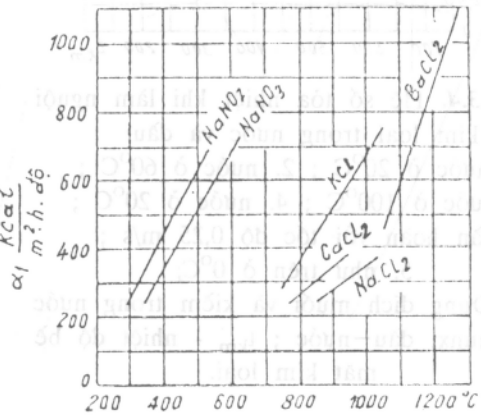
Công thức trên dùng để xác định v, τ và t_{kc} ở nhiệt độ môi trường bên ngoài không đổi của chi tiết "mỏng", khi giá trị của thông số Bio = $\frac{X\alpha}{\lambda} \leqslant 0{,}25$, trong đó X - kích thước tiết diện nung thấu của chi tiết, m ; đối với chi tiết trụ tròn dùng bán kính R, m ; α - hệ số tỏa nhiệt của kim loại, $\frac{kcal}{m^2.h \,.\, độ}$; λ - hệ số dẫn nhiệt của kim loại, kcal/m.h.độ (hình 3.5)



Hình 3.2. Hệ số tỏa nhiệt khi nung kim loại trong lò điện. Các đường cong xây dựng theo công thức :

$$\alpha_{bx} = 0{,}03\, C_{th}\left(\frac{T}{100}\right)^3 + (10 \div 15)$$

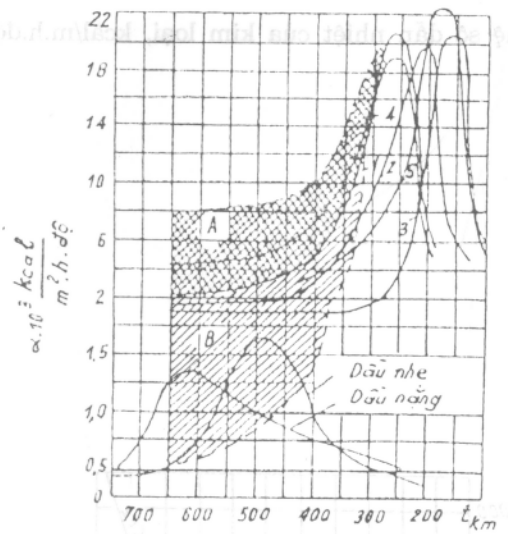
C_{th} - hệ số truyền nhiệt bức xạ tổng hợp kcal/m^2.h.độ^4



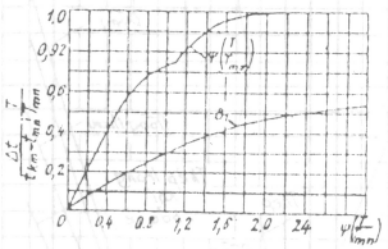
Hình 3.3. Hệ số tỏa nhiệt khi nung nóng thép trong muối nóng chảy và diêm tiêu

$$\tau = \frac{GC}{FC} \cdot \frac{100}{\left(\frac{T_{mn}}{100}\right)^3} \left[\Psi\left(\frac{T_{kc}}{T_{mn}}\right) - \Psi\left(\frac{T_{kđ}}{T_{mn}}\right) \right]$$

trong đó C – hệ số bức xạ, $C \approx 4{,}0 \frac{kcal}{m^2 . h . độ^4}$; T_{kc} và $T_{kđ}$ – nhiệt độ kenvin của kim loại lúc kết thúc và lúc ban đầu ; phương trình $\frac{T}{T_{mn}}$ $\left(\frac{T_{kc}}{T_{nm}}\right.$ hay là $\left.\frac{T_{kđ}}{T_{mn}}\right)$, xác định theo đồ thị ở hình 3.5.



Hình 3.4. Hệ số tỏa nhiệt khi làm nguội kim loại trong nước và dầu:
1. nước ở 20°C ; 2. nước ở 60°C ;
3. nước ở 100°C ; 4. nước ở 20°C ;
tuần hoàn với tốc độ 0,25 m/s ;
5. như trên ở 0°C;
A - Dung dịch muối và kiềm trong nước
B – emunxi dầu – nước ; t_{km} - nhiệt độ bề mặt kim loại.



Hình 3.5. Chênh lệch cực đại của nhiệt độ Δt theo tiết diện chi tiết khi nung nóng hay làm nguội tùy theo số tiêu chuẩn Bio và sự phụ thuộc $\Psi\left(\frac{T}{T_{mn}}\right)$ vào $\frac{T}{T_{mn}}$

e) Các tính chất vật lý của kim loại.

$$Q = f(Fo, Bio) = f\left(\frac{\alpha\tau}{X^2}, \frac{\alpha X}{\lambda}\right) ;$$

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} ;$$

$$\frac{t_{mn} - t_{kc}}{t_{mn} - t_{kd}} = \Psi\left(\frac{x}{X} ; \frac{\alpha \tau}{X^2} ; \frac{\alpha X}{\lambda}\right)$$

$$\Delta t_k = \frac{KX}{2\lambda} = \frac{X^2}{2a} v = \frac{\omega X^2}{2a} t_1$$

trong đó $F_o = \frac{\alpha \tau}{X^2}$ - số tiêu chuẩn Fourier ; $a = \frac{\lambda}{c\gamma}$ - hệ số dẫn nhiệt tính ra m^2 h ; $\frac{x}{X}$ - chiều dài tương đối ; $\frac{x}{X} = 0$ - lõi của chi tiết ; $\frac{x}{X} = 1$ - bề mặt của chi tiết ; Δt_k - chênh lệch (độ chênh) nhiệt độ giữa bề mặt - t_{km} và lõi (trung tâm) t_{lk} của chi tiết ; K - tổng hệ số tỏa nhiệt tính ra $\frac{kcal}{m^2 . h . độ}$; ω - tốc độ chuyển động của chi tiết qua lò liên tục tính ra m/h ; t_1 - tăng (hay giảm) nhiệt độ theo chiều dài lò tính ra độ/m.

Trong đó sự chênh lệch nhiệt độ lớn nhất Δt_k theo tiết diện chi tiết là 10% - sự chênh lệch ban đầu của nhiệt độ chi tiết và môi trường bên ngoài. Nhiệt độ bề mặt và lõi của chi tiết sai khác nhiều nhất với nhiệt độ trung bình của nó khoảng 5% độ chênh ban đầu về nhiệt độ của chi tiết và môi trường bên ngoài.

Thực tế khi nhiệt luyện, dùng các phương pháp nung nóng và làm nguội chi tiết sau đây :

1. Nung nóng trong lò theo chu kỳ có nhiệt độ không đổi hay làm nguội ở môi trường bên ngoài có nhiệt độ không đổi (làm nguội trong không khí).

Bảng 3.19. **Chiều dày giới hạn của chi tiết mỏng khi Bio** $= \frac{X\alpha}{\lambda} < 0{,}25$

Các thời kỳ của quá trình nhiệt luyện	Môi trường nung hay làm nguội	Nhiệt độ môi trường t_{mn}, °C	Hệ số tỏa nhiệt (trung bình) $\frac{kcal}{m^2 . h . độ}$	Chiều dày giới hạn của chi tiết tính cho vật "mỏng", mm
Nung nóng để ram thấp	Không khí hay khí lò	100-300	30	400
Nung nóng để ram cao	-nt-	550-700	80	160
Nung nóng để tôi	-nt-	750-950	130	100
-nt-	-nt-	1200-1300	300	40
Nung nóng để ram thấp	Dầu	150-250	300	40
-nt-	Diêm tiêu	250-250	300	40
Nung nóng để tôi	Bari clorua	1200-1300	1000	12
Làm nguội	Nước	20-30	5000-2000	2-6
-nt-	Dầu	-	1000-3000	10-40
-nt-	Không khí	-	50-20	200-500

2. Nung nóng hay làm nguội theo đồ thị cho trước, thông thường hơn cả là trường hợp nhiệt độ thay đổi theo phương trình bậc nhất với thời gian.

3. Nung nóng trong lò liên tục có nhiệt độ thay đổi.

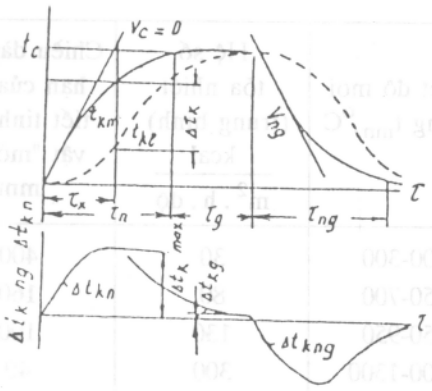
4. Nung nóng trong lò muối hay lò chì, làm nguội trong nước hay trong dung dịch kiềm va muối – nung nóng và làm nguội khi nhiệt độ của bề mặt chi tiết không đổi.

Bảng 3.20. **Thời gian nung nóng trong thiết bị nhiệt khác nhau (750^oC, mẫu thép có đường kính 50 mm)**

Thiết bị nhiệt	Thời gian nung τ, ph
Lò chì	6,0
Lò muối	6,6
Lò phản xạ	27,0
Lò điện	31,8

Thời gian nung nóng và làm nguội theo phương pháp đã trình bày ở mục 1 có thể xác định theo công thức đó nhưng thêm hệ số làm chậm nung nóng ε (bảng 3.21) :

$$\tau_n \text{ hay } \tau_{ng} = \frac{GC}{F\,\alpha\,\varepsilon}\ 2{,}3\ \lg\frac{t_{mn} - t_{kđ}}{t_{mn} - t_{kc}}$$



Hình 3.6. Đồ thị nhiệt "nhiệt độ–thời gian" (t - τ)

$$t_\tau = t_c\left(1 - e^{-\frac{\tau}{\tau_x}}\right)$$

khi $\tau = \tau_x$, $t_{\tau_x} = t_c\,\frac{e-1}{e} = 0{,}63\ t_c$

$$v_đ = \left(\frac{dt}{d\tau}\right)_{\tau=0} = \frac{\tau_c}{\tau_x}\ ;\ v_\tau = \frac{dt}{d\tau} = v_đ\ e^{-\frac{\tau}{\tau_x}}$$

khi $\tau = \tau_x$, $v_\tau = 0{,}37\ v_đ$

t_{km}, t_{kl} - nhiệt độ bề mặt và lõi Δt_{km} của kim loại trong thời kỳ nung nóng, Δt_{kmax}, Δt_{kg} Δt_{kng} - độ chênh nhiệt độ giữa bề mặt và lõi trong thời kỳ nung nóng, độ chênh lớn nhất ở cuối thời kỳ giữ nhiệt và trong thời kỳ làm nguội.

Khi nung nóng chi tiết từ hai phía. Nhiệt độ trung bình của kim loại trong cuối thời kỳ nung nóng.

$t_{kc} = t_{mn} - (t_{mn} - t_{kđ})\ e^{-\frac{\alpha\,\varepsilon}{Gc}\tau}$ khi $F = 1\ m^2$. Hiệu số nhiệt độ theo tiết diện

$\Delta t = (t_{km} - t_{kl}) = f_1(t_{mn} - t_{kđ})$. Nhiệt độ bề mặt kim loại $t_{km} = t_{mn} - f_2(t_{mn} - t_{km})$. Nhiệt độ của lõi (trung tâm) $t_{kl} = t_{km} - \Delta t$.

Nung nóng hay làm nguội khi nhiệt độ bề mặt chi tiết không đổi (phương pháp thứ 4).

Trên hình 3.7 và 3.8 trình bày các giá trị của phương trình $\frac{t_{mn} - t_{km}}{t_{kđ} - t_{km}} = f\left(\frac{\alpha\tau}{X^2}; \frac{x}{X}\right)$ cho các chi tiết có dạng khác nhau. *Thời gian giữ* để làm đều nhiệt độ theo tiết diện được xác định bằng mức độ làm đồng đều nhiệt độ δ. Nếu độ chênh nhiệt độ lúc ban đầu của thời kỳ giữ nhiệt $\Delta t_đ$ đã biết và độ chênh nhiệt độ lúc cuối của thời kỳ giữ nhiệt Δt_c đã cho biết, thì :

$$\delta = \frac{\Delta t_c}{\Delta t_đ}$$

Thời gian giữ nhiệt được xác định từ tỉ số :

$$\tau_g = m\frac{X^2}{a} \text{ hay } m\frac{R^2}{a}$$

Hệ số m phụ thuộc vào độ lớn δ tìm bằng đường cong trên hình 3.7, ở góc phải).

Bảng 3.21. **Giá trị của hệ số ε**

$\frac{\alpha X}{\lambda}$ hay $\frac{\alpha R}{\lambda}$	Hệ số ε đối với chi tiết trong công thức		
	Tấm $\varepsilon = \frac{1}{1 + \frac{1}{3}Bio}$	Trụ tròn $\varepsilon = \frac{1}{1 + \frac{1}{3,5}Bio}$	Cầu $\varepsilon = \frac{1}{1 + \frac{1}{5}Bio}$
0	1,0	1,0	1,0
0,2	0,925	0,955	0,965
0,4	0,87	0,905	0,925
0,6	0,825	0,86	0,89
0,8	0,78	0,82	0,855
1,0	0,745	0,785	0,825
1,2	0,71	0,75	0,795
1,4	0,675	0,715	0,765
1,6	0,645	0,685	0,740
1,8	0,615	0,66	0,715
2,0	0,590	0,635	0,690
2,2	0,565	0,615	0,670

Các ứng suất nhiệt. Khi nung vật thể không dẻo (thép đã tôi) tổng số ứng suất ở mỗi một điểm theo ba phương vuông góc được biểu diễn bằng

$$\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z = \frac{2\beta\,\Delta tE}{1-\mu}$$

Bảng 3.22. **Giá trị của hàm số f_1**

$Fo = \frac{\alpha\tau}{X^2}$	$Bio = \frac{aX}{\lambda}$									
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0	10,0
Đối với tấm										
0,05	0,14	0,26	0,37	0,46	0,54	0,70	0,81	0,91	0,96	0,99
0,10	0,12	0,22	0,31	0,39	0,45	0,58	0,67	0,78	0,86	0,94
0,15	0,11	0,20	0,28	0,34	0,40	0,51	0,58	0,67	0,74	0,83
0,20	0,10	0,19	0,26	0,31	0,36	0,46	0,52	0,60	0,66	0,73
0,40	0,09	0,16	0,21	0,26	0,29	0,35	0,39	0,43	0,46	0,48
0,60	0,80	0,15	0,19	0,22	0,25	0,29	0,31	0,32	0,33	0,32
0,80	0,08	0,14	0,17	0,20	0,22	0,24	0,25	0,25	0,24	0,21
1,0	0,08	0,13	0,16	0,18	0,19	0,20	0,20	0,18	0,17	0,14
1,5	0,07	0,11	0,12	0,13	0,13	0,12	0,11	0,09	0,08	0,05
2,0	0,07	0,09	0,10	0,09	0,09	0,07	0,06	0,05	0,03	0,02
2,5	0,06	0,08	0,08	0,07	0,06	0,05	0,03	0,02	0,02	0,01
3,0	0,05	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	-	-
5,0	0,04	0,03	0,02	0,01	-	-	-	-	-	-
Đối với trụ tròn										
0,05	0,05	0,10	0,15	0,19	0,23	0,32	0,39	0,52	0,64	0,81
0,10	0,07	0,13	0,19	0,25	0,30	0,39	0,46	0,58	0,67	0,77
0,15	0,08	0,14	0,21	0,26	0,31	0,40	0,46	0,53	0,61	0,65
0,20	0,08	0,15	0,21	0,26	0,30	0,38	0,43	0,49	0,52	0,53
0,40	0,08	0,14	0,18	0,21	0,23	0,26	0,27	0,27	0,24	0,21
0,60	0,08	0,12	0,15	0,16	0,17	0,17	0,16	0,14	0,11	0,08
0,80	0,07	0,10	0,12	0,13	0,12	0,11	0,10	0,07	0,05	0,03
1,0	0,07	0,09	0,10	0,10	0,09	0,08	0,06	0,04	0,02	0,01
1,5	0,05	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	-	-
2,0	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,01	-	-	-	-
2,5	0,04	0,63	0,02	0,01	0,11	-	-	-	-	-
3,0	0,03	0,02	0,01	0,01	-	-	-	-	-	-
5,0	0,01	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-

Bảng 3.23. Giá trị của hàm số f_2

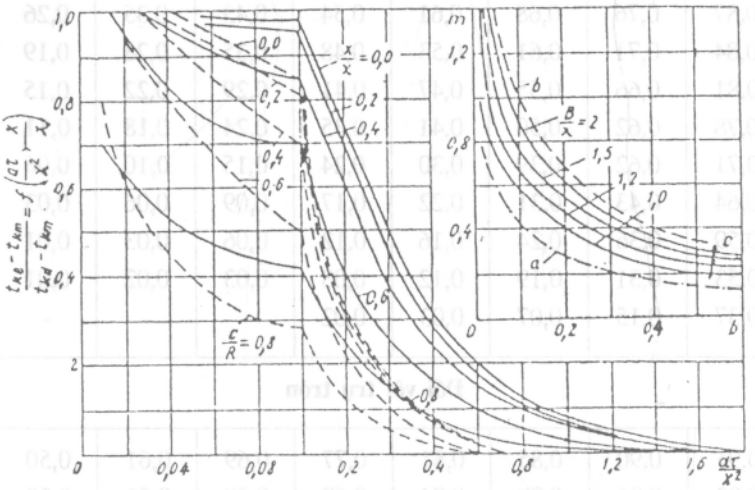
$Fo = \frac{\alpha \tau}{X^2}$	$Bio = \frac{a X}{\lambda}$									
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0	10,0
Đối với tấm										
0,05	0,95	0,90	0,86	0,82	0,78	0,70	0,63	0,52	0,42	0,22
0,10	0,93	0,87	0,82	0,77	0,72	0,63	0,55	0,44	0,35	0,17
0,15	0,92	0,85	0,78	0,73	0,68	0,58	0,50	0,39	0,30	0,14
0,20	0,91	0,83	0,76	0,70	0,64	0,54	0,46	0,35	0,26	0,12
0,40	0,87	0,76	0,68	0,61	0,54	0,43	0,35	0,26	0,18	0,08
0,60	0,84	0,71	0,61	0,53	0,48	0,35	0,28	0,19	0,13	0,05
0,80	0,81	0,66	0,55	0,47	0,41	0,29	0,22	0,15	0,10	0,04
1,0	0,78	0,62	0,50	0,41	0,35	0,24	0,18	0,11	0,07	0,02
1,5	0,71	0,62	0,39	0,30	0,24	0,15	0,10	0,06	0,03	0,01
2,0	0,64	0,43	0,31	0,22	0,17	0,09	0,06	0,03	0,01	-
2,5	0,59	0,36	0,24	0,16	0,12	0,06	0,03	0,01	0,01	-
3,0	0,53	0,31	0,19	0,12	0,08	0,03	0,02	0,01	-	-
5,0	0,37	0,15	0,07	0,03	0,02	-	-	-	-	-
Đối với trụ tròn										
0,05	0,95	0,90	0,85	0,81	0,77	0,69	0,61	0,50	0,36	0,20
0,10	0,92	0,86	0,79	0,74	0,69	0,59	0,51	0,30	0,26	0,13
0,15	0,90	0,82	0,75	0,67	0,62	0,52	0,43	0,31	0,20	0,10
0,20	0,88	0,79	0,70	0,64	0,57	0,46	0,37	0,26	0,16	0,08
0,40	0,82	0,68	0,57	0,19	0,42	0,30	0,22	0,14	0,07	0,03
0,60	0,76	0,59	0,46	0,37	0,30	0,20	0,14	0,07	0,03	0,01
0,80	0,70	0,51	0,38	0,29	0,22	0,13	0,08	0,04	0,02	0,01
1,0	0,65	0,44	0,31	0,22	0,16	0,09	0,05	0,02	0,01	-
1,5	0,54	0,31	0,18	0,12	0,08	0,08	0,01	-	-	-
2,0	0,45	0,22	0,11	0,06	0,03	0,01	-	-	-	-
2,5	0,37	0,15	0,07	0,06	0,02	-	-	-	-	-
3,0	0,31	0,11	0,04	0,02	0,01	-	-	-	-	-
5,0	0,14	0,03	0,01	-	-	-	-	-	-	-

trong đó β – hệ số dãn dài của kim loại ; E – môđun đàn hồi tính ra kG/mm^2 ; μ – số poatxong ; $\mu = \frac{\Psi}{\delta}$ (đối với thép μ = 0,3 ; Ψ – độ thắt tương đối tiết diện ngang của mẫu ; δ – độ dãn dài tương đối).

Đối với tấm và trụ tròn :

$$\sigma_x = \frac{\beta \Delta t E}{1-\mu}$$

Đối với quả cầu ứng suất tiếp $\sigma_\tau = \frac{\beta \Delta t E}{3(1-\mu)}$; ứng suất hàm tâm $\sigma_r = \frac{2\beta \Delta t E}{3(1-\mu)}$

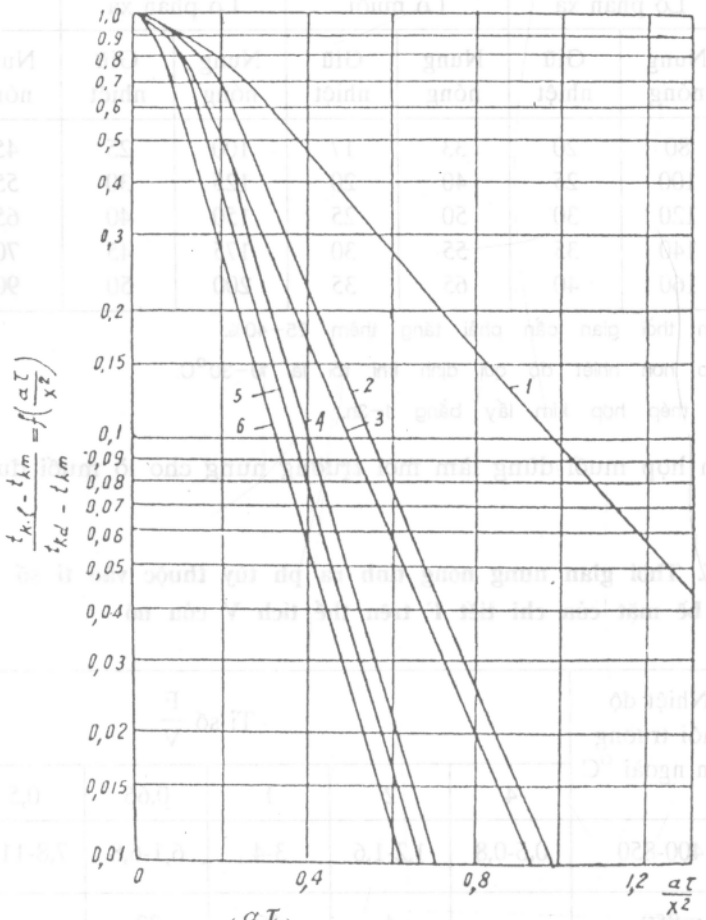


Hình 3.7. Hàm số $f\left(\frac{\alpha\tau}{X^2}, \frac{x}{X}\right)$ cho tấm và $f = \left(\frac{\alpha\tau}{R^2}, \frac{r}{R}\right)$ đối với trụ tròn (đường chấm chấm) ở nhiệt độ bề mặt không đổi $t_{km} = t_{mn}$ = const. Bên phải đồ thị để xác định thời gian giữ nhiệt : a) hình trụ tròn ; b) tấm ; c) lăng trụ có các cạnh B và X.

Khi nung nóng các vật thể dẻo (trong vùng đàn hồi) trong đó có nhiệt độ không đổi, đối với tấm trên bề mặt có $\sigma_n \approx \beta E \Delta t$; đối với trụ tròn trên bề mặt (nén) và trong lõi kéo) $\sigma = 0{,}7\ \beta\ F\ \Delta t$; đối với cầu $\sigma = 0{,}5\ \beta E \Delta t$.

Khi nung nóng với tốc độ đều qui định v^o/h khi : $\tau \geq 0{,}6 \frac{X^2}{a}$ hay $0{,}6 \frac{R^2}{a}$; đối với tâm $\sigma_{max} = \frac{\beta E}{2{,}1} \cdot \frac{v_n \cdot X^2}{a} \approx E\beta\Delta t \approx 0{,}25\ \Delta t$; đối với trụ tròn $\sigma_{max} = \frac{\beta E v_n \cdot R^2}{5{,}6\ a} \approx 0{,}7\beta E \Delta t \approx 0{,}18\ \Delta t$.

Các số hiệu (công thức) tính toán kể trên và bảng được thành lập với trường hợp dùng môi trường nung nóng là không khí (lò điện), khí cháy (lò phản xạ) và muối nóng chảy (lò muối) khi nhiệt luyện.



Hình 3.8. hàm số $f\left(\frac{\alpha\tau}{X^2}\right)$ đối với chi tiết có hình dạng khác nhau ở

$t_{km} = t_{mn}$ = const : 1. tấm ; 2. thanh vuông ; 3. trụ tròn ; 4. lập phương ; 5. trụ tròn có chiều cao h = d ; 6. cầu.

Bảng 3.24. **Thời gian nung nóng và giữ nhiệt tính ra ph tùy thuộc vào tiết diện chi tiết (cho thép cacbon*)**

Kích thước tiết diện chi tiết, mm	tôi **				ram**			
	Lò phản xạ		Lò muối		Lò phản xạ		Lò muối	
	Nung nóng	Giữ nhiệt	Nung nóng	Giữ nhiệt	Nung nóng	Giữ nhiệt	Nung nóng	Giữ nhiệt
25	20	5	7	3	25	10	10	5
50	40	10	17	8	50	15	25	6
75	60	15	24	12	75	20	35	9

Tiếp bảng 3.24

Kích thước tiết diện chi tiết, mm	tôi **				ram**			
	Lò phản xạ		Lò muối		Lò phản xạ		Lò muối	
	Nung nóng	Giữ nhiệt	Nung nóng	Giữ nhiệt	Nung nóng	Giữ nhiệt	Nung nóng	Giữ nhiệt
100	80	20	33	17	100	25	45	12
125	100	25	40	20	125	30	55	14
150	120	30	50	25	150	40	65	15
175	140	35	55	30	175	45	70	20
200	160	40	65	35	200	50	90	20

* Đối với thép hợp kim thời gian cần phải tăng thêm 25–40%.

** Nhiệt độ của lò cao hơn nhiệt độ qui định khi tôi là 10–30 °C.

*** Thời gian ram cao thép hợp kim lấy bằng 1–3h.

Đặc tính của hỗn hợp muối dùng làm môi trường nung cho lò muối được trình bày ở bảng 3.30.

***Bảng 3.25.* Thời gian nung nóng tính ra ph tùy thuộc vào tỉ số bề mặt của chi tiết F trên thể tích V của nó**

Môi trường bên ngoài	Nhiệt độ môi trường bên ngoài °C	Tỉ số $\frac{F}{V}$					
		4	2	1	0,66	0,5	0,4
Chì nóng chảy	400-850	0,6-0,8	1,2-1,6	3-4	6,1-6,8	7,8-11,0	11-15
Muối 100% NaCl nóng chảy	850	-	4	15	32	-	-
	950	-	3	11	22	-	-
	1050	-	2	7	14	-	-
Muối $NaNO_3 + KNO_3$ (1 : 1) nóng chảy	300	-	3,5	8	14	-	-
	450	-	2,5	6	10	-	-
	600	-	1,4	4	7	-	-
Dầu (máy)	100	-	14	23	32	-	-
	200	-	11	18	24	-	-
	300	-	8	14	19	-	-

Tiếp bảng 3.25

		$\frac{F}{V}$ = 0,12 (cầu đường kính 50 mm)	$\frac{F}{V}$ = 0,08 phôi vuông 50 x 50mm ; l = 150 mm
Lò điện	300	33	60,0
	500	25	45,5
	750	20	26,0
	900	15	22,0

3.4. MÔI TRƯỜNG NUNG VÀ LÀM NGUỘI

Để nung nóng chi tiết khi tôi và ram người ta dùng các kim loại nóng chảy (chì, thiếc, hợp kim nhôm, v.v...) muối nóng chảy (muối natri, kali, bari...) kiềm (natrat, kali nitrat) và dầu có nhiệt độ sôi cao.

Khả năng nung nóng của chì và môi trường diêm tiêu biểu diễn trên hình 3.9–3.14. Để làm nguội khi tôi, người ta dùng nước ở nhiệt độ 15–20°C dung dịch xút ăn da 5 – 10% và dung dịch muối ăn trong nước 10% ở nhiệt độ 15–25°C. Các loại dầu khoáng vật và thực vật ở 20 – 60°C và cao hơn. Người ta còn dùng cả các dung dịch keo. Thí dụ, thuỷ tinh lỏng có môđun 2,5 – 3,0 và trọng lượng riêng 1,12 – 1,2 ; nước + 0,25 – 1,25% màng natri anhinat ; nước + 10 – 25% canxiaxetat.

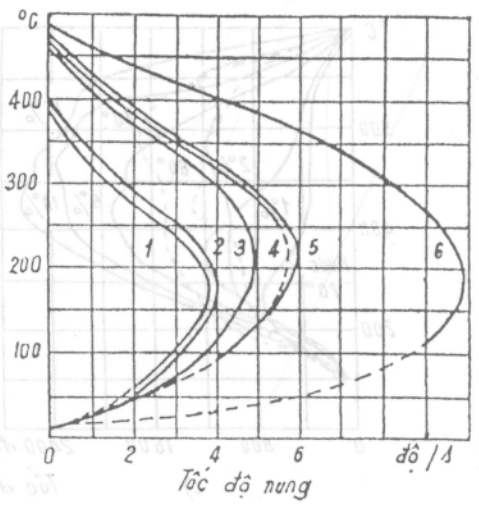
Môi trường tôi phải thỏa mãn điều kiện là làm nguội mạnh trong vùng austenit kém ổn định nhất và làm nguội chậm trong vùng chuyển biến mactenxit dưới 300°C.

Khả năng làm nguội và tính chất của các môi trường khác nhau so sánh trong bảng 3.34 ÷ 3.35 và trên hình 3.10 ÷ 3.14.

Để tôi những chi tiết thép lớn (thí dụ khuôn dập) dùng hỗn hợp làm nguội không khí nước (không khí ẩm) phun vào bề mặt cần tôi dưới áp lực từ 1 – 3 at (hình 3.15)

Khi tôi đẳng nhiệt dùng môi trường là chì, diêm tiêu, kiềm.

Khả năng làm nguội của muối nóng chảy và kiềm phụ thuộc vào độ chảy lỏng, nó được đặc trưng bởi tiêu chuẩn qui ước.

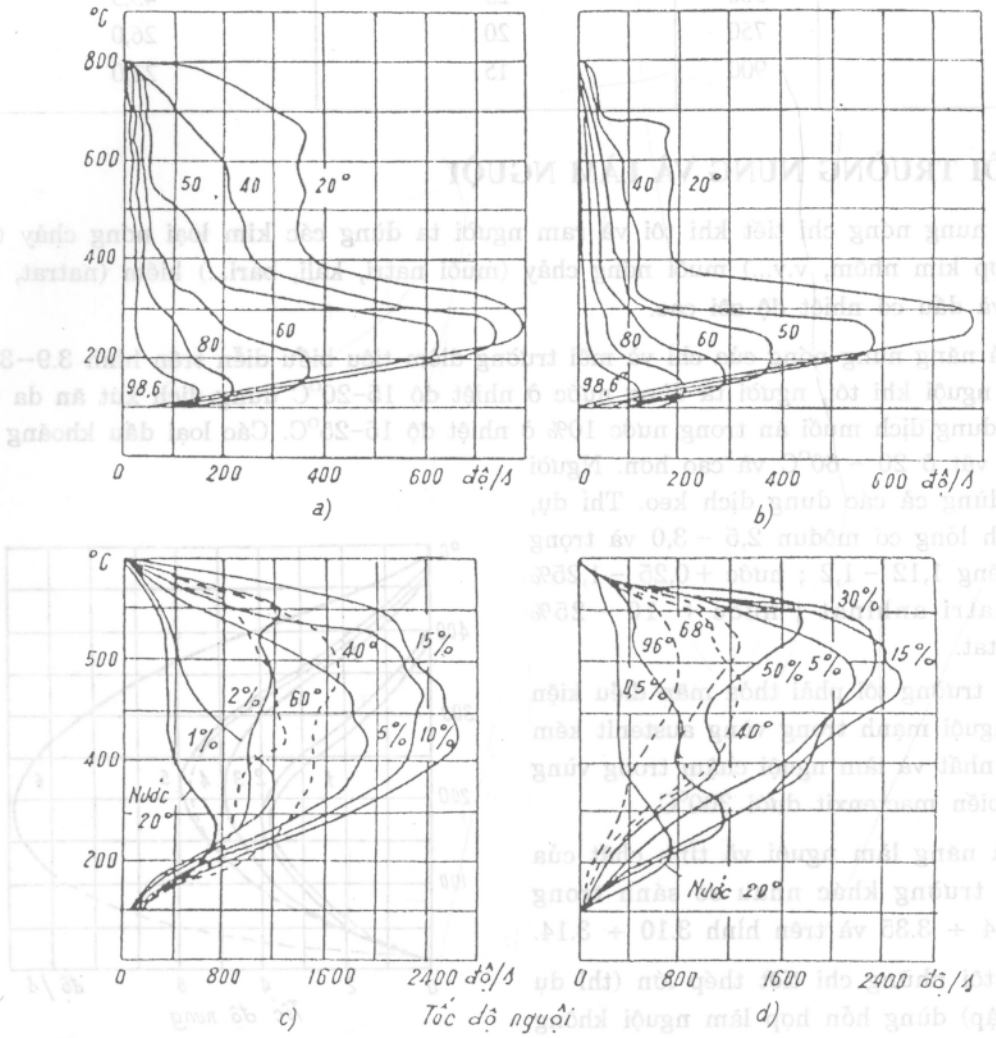


Hình 3.9. Khả năng nung nóng của môi trường diêm tiêu mới và chì nóng chảy :
1. 77% $NaNO_3$ + 23% KNO_3 (400-383°C);
2. 50% $NaNO_3$ + 50% KNO_3 (400-300°C);
3. KNO_3 (500-480°C) ; 4. $NaNO_3$ (500-477°C);
5. 73% $NaNO_3$ + 27% KNO_3 (500-476°C);
6. Chì (500 - 490°C).

$$K = \frac{4V}{\pi D_\tau^2} \text{ hoặc } K = \frac{4G}{\gamma \pi D_\tau^2}$$

Trong đó, V – thể tích (cm^3) được điền đầy muối lỏng sau τ giây khi chảy qua lỗ có đường kính D, mm ;

G và γ – trọng lượng (toàn bộ hoặc trọng lượng riêng) của nước muối (kiềm).



Hình 3.10. Khả năng làm nguội của nước, dung dịch muối ăn trong nước và kiềm natri. a) nước tuần hoàn được nung đến những nhiệt độ khác nhau ; b) nước tĩnh nung đến các nhiệt độ khác nhau ; c) dung dịch muối ăn trong nước với nồng độ khác nhau ; nhiệt độ môi trường 20°C tốc độ chuyển động của quả cầu bằng bạc đường kính 20 mm là 25 cm/s ; đường chấm chấm là đối với dung dịch 15% ở những nhiệt độ khác nhau : d) dung dịch xút NaOH trong nước với nồng độ khác nhau ; nhiệt độ môi trường 20°C ; tốc độ chuyển động của quả cầu bạc 25 cm/s ; đường chấm chấm là đối với dung dịch 50% ở nhiệt độ khác nhau.

Thí dụ ở 425°C :

K = 50 đối với muối 80% $NaNO_3$ + 20% (45% Na_2CO_3 + 35% NaCl + 20% KCl)

K = 100 " " " 100% $NaNO_3$

K = 150 " " " 70% $NaNO_3$ + 25% KNO_3

K = 200 đối với muối 50% $NaNO_3$ + 50% KNO_3

K = 250 " " " 50% KNO_2 + 50% $NaNO_3$

K = 300 " " " 50% KNO_2 + 50% KNO_3

Ở 525°C :

K = 50 đối với muối 90% $NaNO_3$ + 10% (45% Na_2CO_3 + 35% NaCl + 20% KCl)

K = 100 " " " 100% NaOH

K = 150 " " " 100% NaOH

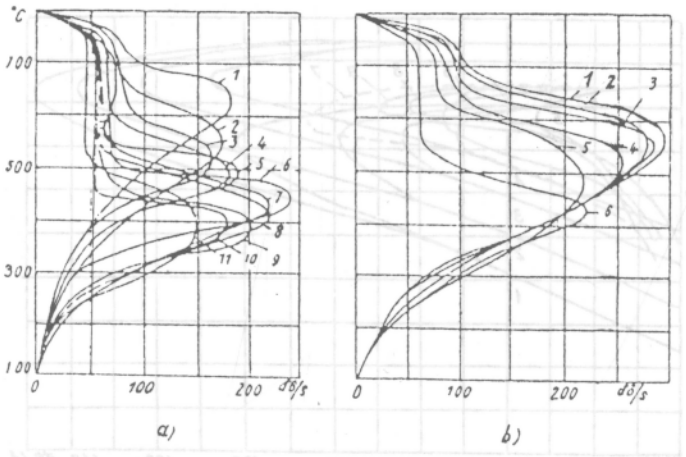
K = 200 " " " 75% $NaNO_3$ + 25% KNO_3

K = 250 " " " 50% $NaNO_3$ + 50% KNO_3

K = 300 " " " 75% $NaNO_3$ + 25% $NaNO_2$

Tiêu chuẩn K càng cao thì khả năng làm nguội của muối và kiềm nóng chảy càng lớn.

Phương pháp tôi sáng trong kiềm lỏng NaOH hoặc KOH được dùng cho cả dụng cụ lẫn chi tiết máy (hình 3.16)



Hình 3.11. Khả năng làm nguội của dầu. Nhiệt độ dầu 50°C, tốc độ di chuyển quả cầu bạc 25 cm/s.

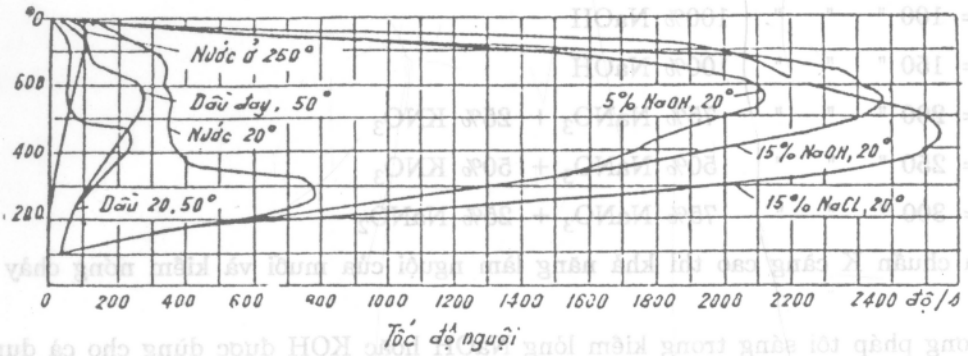
a) dầu khoáng vật : 1. dầu xilanh nặng (dầu nhờn); 2. dầu xi lanh nhẹ (dầu máy trong suốt); 3. dầu máy ; 4. dầu xilanh nhẹ ; 5. dầu máy CN ; 6. dầu đinh tử 2 ; 7. dầu đinh tử 3 ; 8. dầu đinh tử kiềm tính 3B ; 9. dầu máy cao cấp ; 10 dầu muối ; 11. dầu đá phiến.

b) dầu thực vật : 1. dầu gai ; 2. dầu hướng dương ; 3. dầu đậu tương 4. dầu xà lách ; 5. dầu hạt bông ; 6. dầu vỏ cây.

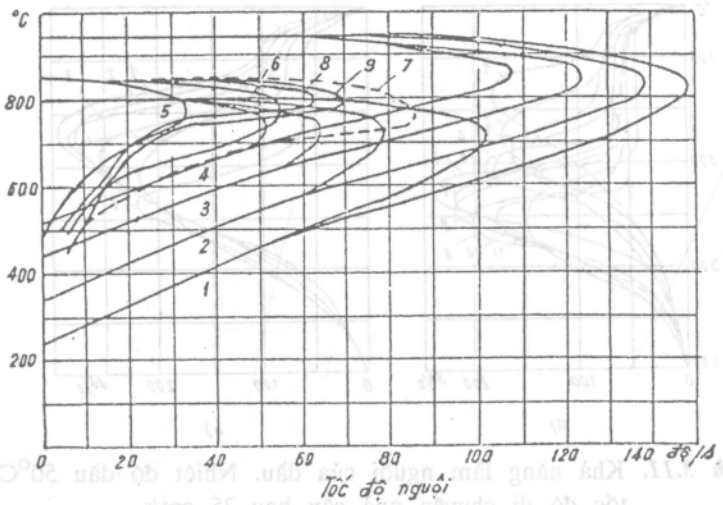
Kiềm nóng chảy hỗn hợp với nước là môi trường hiệu quả nhất. Thí dụ, chi tiết bằng thép 20Cr2Ni4A tôi trong kiềm (37% NaOH ; 63% KOH) chứa 10–11% nước ở 205 – 210°C sẽ có bề mặt sạch nhất. Tôi sáng trong kiềm lỏng sẽ không tránh được ăn mòn tiếp theo do không tạo được trên bề mặt một màng oxit sít chặt bảo vệ (dạng $\gamma = Fe_2O_3$ và Fe_3O_4).

Tôi chi tiết trong kiềm lỏng có thêm natri nitrat $NaNO_3$ và natri nitrit $NaNO_2$ là phương pháp tôi sáng đã được nghiên cứu. Nó cho phép tạo trên bề mặt chi tiết màng oxit sít chặt bảo vệ khỏi bị ăn mòn tiếp theo (cùng với tôi có sự oxi hóa).

Màng oxit chống ăn mòn tạo ra trong vòng 15–20 phút cả khi giữ đúng ở nhiệt độ 250–550°C cũng như khi ram ở cùng nhiệt độ này (thành phần bể xem bảng 3.26–3.27).



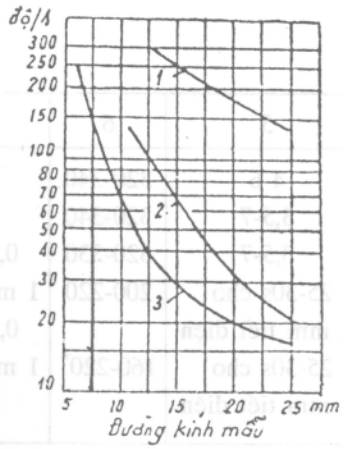
Hình 3.12. Khả năng làm nguội của các môi trường khác nhau (so sánh)



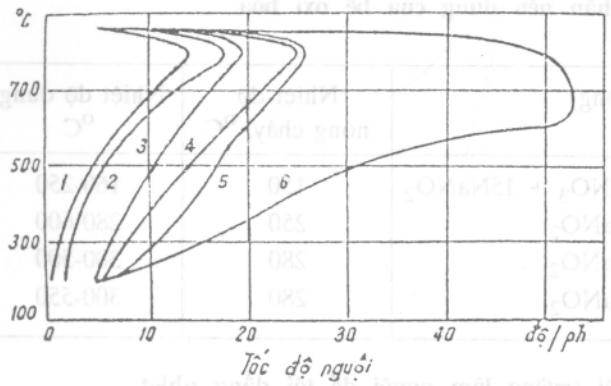
Hình 3.13. Khả năng làm nguội của muối và chì nóng chảy.

Làm nguội quả cầu bằng thép đường kính 12 mm :

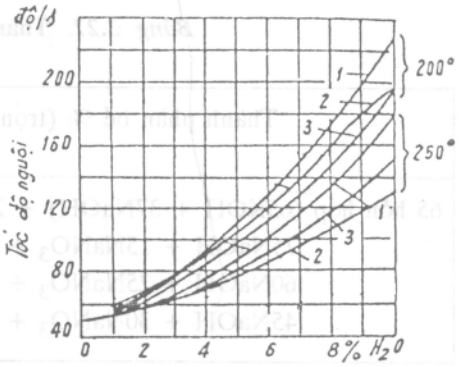
1. muối nóng chảy ở 250°C ; 2. như trên ở 350°C ; 3. ở 450°C ; 4. 550°C ; làm nguội dây dẫn đường kính 6,5 mm ; 5. chì ; 6. chì, mẫu dịch chuyển với tốc 3 m/ph ; 7. chì khuấy động ; 8. muối 70% $NaNO_3$ + 30% KNO_3 ở 450°C; 9. muối dịch chuyển với tốc độ 3m/ph.



Hình 3.14. Tốc độ làm nguội đến khi nguội hoàn toàn từ 700°C của thép 50 phụ thuộc đường kính mẫu trong môi trường làm nguội :
1. nước tuần hoàn ở 8°C ; 2. diêm tiêu ở 175°C ; 3. dầu tuần hoàn ở 55°C.



Hình 3.15. Khả năng làm nguội của hỗn hợp không khí nước :
1. dòng không khí khô ; 2. làm ẩm 20l/h ; 3. làm ẩm 40l/h ; 4. làm ẩm 70 l/h ; 5. làm ẩm 100 l/h ; 6. làm ẩm 200 l/h, tốc độ làm nguội ở khoảng cách bề mặt làm nguội 20 mm theo tiết diện chi tiết ; khoảng cách từ miệng phun đến mặt chi tiết làm nguội 500 mm; áp lực nước 2 at.



Hình 3.16. Tốc độ làm nguội bề mặt mẫu trong muối nóng chảy. Mẫu đường kính 25 mm, dài 50 mm, thép 45 ở nhiệt độ nung 700°C.
1. 30% NaOH + 70% KOH ;
2. 40% NaOH + 60% KOH ;
3. 20% NaOH + 80% KOH.

Bảng 3.26. **Chế độ tôi sáng**

Số hiệu thép	Độ cứng yêu cầu HRC	Chiều dày chi tiết, mm	Chế độ tôi sáng đẳng nhiệt			
			Nung nóng		Làm nguội	
			Nhiệt độ bể muối, °C	Thời gian giữ nhiệt, ph	Nhiệt độ bể kiềm, °C	Thời gian giữ nhiệt, ph
30CrMnSiA	28-35	3	880-900	3	460-480	15-20
37CrSi	35-45	3-13	880-900	3-7	390-410	15-20
CD85	35-45	2-5	790-810	2-4	350-360	15-20

Tiếp bảng 3.26.

1	2	3	4	5	6	7
50CrVA	40-47	Đường kính 8-11	860-880	4-6	320-340	30-40
60Si2A	40-47	Đường kính 6,5-13	860-880	3,5-7	320-340	30-40
65Mn	40-46	Đường kính 6-9	790-810	3,5-7	320-330	0,2 ph cho
OL100Cr2	55-60	dưới 30	-	25-30s cho	200-220	1 mm tiết diện
100CrWMn				1 mm tiết diện		0,2 ph cho
CD70-CD120	55-60	dưới 40	-	25-30s cho	160-220*	1 mm tiết diện
				1 mm tiết diện		

Chi tiết bằng thép OL 100 Cr2, và 100 CrWMn tôi phân cấp để tạo độ cứng cao.

***Bảng 3.27.* Thành phần nên dùng của bể oxi hóa**

Thành phần bể % (trọng lượng)	Nhiệt độ nóng chảy, ^{o}C	Nhiệt độ dùng, ^{o}C
65 hỗn hợp (65KOH + 37NaOH) + 20$NaNO_3$ + 15$NaNO_2$	150	160-250
75NaOH + 15$NaNO_3$ + 10$NaNO_2$	250	280-600
60NaOH + 25$NaNO_3$ + 15$NaNO_2$	280	300-500
45NaOH + 30$NaNO_3$ + 25$NaNO_2$	280	300-550

***Bảng 3.28.* Đặc tính của môi trường làm nguội để tôi đẳng nhiệt**

Tính chất vật lý	Chì	Diêm tiêu		Kiềm	
		$NaNO_2$	KNO_3	NaOH	KOH
Trọng lượng riêng g/cm	11,3	1,8	1,78	1,72	1,70
Độ dẫn nhiệt λ, (kcal/m.h.độ)	31,0	0,30	-	0,35	-
Hệ số tỏa nhiệt α, (kcal/m^2h.độ)	2600	460	398	397	330
Nhiệt dung riêng (kcal/kg.độ)	0,044	0,42	0,32	0,4	
Độ nhớt μ (Poa)	0,017	0,015	0,0166	0,022	0,017
Độ chảy lỏng β, $\frac{1}{\mu}$	58,8	66,7	60,5	45,5	58,8
Nhiệt độ nóng chảy, ^{o}C	327,4	317	337	332	360

Bảng 3.29. **Nhiệt dung riêng thực tế của dung dịch nước, kcal/kg độ**

Lượng chứa theo trọng lượng NaCl, %	0,8	3,2	7,5	24,5
Nhiệt dung riêng ở các nhiệt độ :				
t = 6°C	-	0,69	0,91	0,805
t = 20°C	0,99	0,97	0,915	0,81
t = 33°C	-	0,97	0,915	0,82
t = 57°C	-	-	0,923	0,82

Lượng chứa theo trọng lượng NaOH (ở 20°C),%	0	1,1	2,2	18,2	30,8	47,0	57,2
Nhiệt dung riêng	1,0	0,987	0,97	0,835	0,80	0,784	0,782

Lượng chứa theo trọng lượng KOH (ở 20°C, %	0	1,6	4,9	13,5	23,7
Nhiệt dung riêng	1,0	0,975	0,93	0,814	0,75

Lượng chứa theo trọng lượng HCl, %	0	16,8	28,9	33,6	41,4
Nhiệt dung riêng ở nhiệt độ :					
t = 0°C	1,0	0,72	6,61	0,58	0,55
t = 10°C	-	0,72	0,605	0,575	-
t = 20°C	-	0,74	0,631	0,591	-
t = 40°C	-	0,75	0,645	0,615	-
t = 60°C	-	0,78	0,67	0,638	0,16

Bảng 3.30. **Đặc tính của hỗn hợp muối dùng cho lò nổi**

Thành phần hỗn hợp	Lượng chứa (trọng lượng), %	Nhiệt độ nóng chảy, °C	Trọng lượng riêng ở nhiệt độ, oC		Nhiệt độ dùng, °C
			Nhiệt độ	Trọng lượng riêng	
1	2	3	4	5	6
NaCl*	44	806 } 607	25	2,08	720-900
KCl	56	770 }	870	1,88	
NaCl*	22,5	635	-	-	665-870
$BaCl_2$	77,5				
NaCl	55	540	25	2,3	570-900
$BaCl_2$	45				
NaCl*	27,5	500	-	-	550-800
$CaCl_2$	72,5				
$BaCl_2$	50	595	-	-	630-850
$CaCl_2$	50				

Tiếp bảng 3.30

1	2	3	4	5	6
NaCl Na_2CO_3	35 65	620	-	-	650-900
NaCl Na_2CO_3,(K_2CO_3)	50 50	560	25	2,3	590-900
KCl* Na_2CO_3, ($BaCl_2$)	50 50	577 640	25 760	2,24 1,76	650-870
NaCl* KCl Na_2CO_3	10 45 45	595	-	-	630-850
NaCl* KCl $BaCl_2$	37 41 22	552	25 760	3,07 2,32	590-880
KCl NaCl $CaCl_2$	50 20 30	530	-	-	560-870
NaCl $BaCl_2$ $CaCl_2$	21 31 48	435	-	-	480-780
NaCN Na_2CO_3 $BaCl_2$	80 15 5	540	25	1,3	650-900
NaCN Na_2CO_3 NaCl	25 10 65	590	25 850	1,62 1,25	700-850
NaCN Na_2CO_3 NaCl	45 10 45	675	25 850	1,88 1,37	750-850
NaCN Na_2CO_3 NaCl	30 45 25	625	25 850	2,09 1,52	700-850
Xinvinit**	100	700			800-900
Xinvinit KCl	60 40	650	-	-	750-900
Xinvint $BaCl_2$	66,7 33,3	680	-	-	750-900
Xinvinit Na_2CO_3	50 50	620	-	-	700-850

* Hỗn hợp cùng tinh ; ** Xinvinit là khoáng vật thiên nhiên (trên cơ sở NaCl + KCl)

Bảng 3.31. **Kim loại và hợp kim dùng nung nóng các chi tiết thép để ram***

Thành phần hợp kim	Nhiệt độ nóng chảy, ^{o}C	Nhiệt độ dùng, ^{o}C
100% Pb có độ sạch kỹ thuật ** (hình 3.9)	327	335-930
100% Sn có độ sạch kỹ thuật	232	240-1000
63% Sn + 37%Pb	183	190-350
91% Sn + 9% Zn	200	205-400
32,5% Sn + 67,5% Pb	225	245-400
15% Sn + 85% Pb	280	300-500

* Các kim loại và hợp kim nêu trên dùng khi tôi đẳng nhiệt. Để giảm bớt sự bay hơi mặt bể được phủ một lớp than hoa hoặc muối dễ chảy.

** Chỉ còn dùng để nung chi tiết thép khi tôi.

Bảng 3.32. **Thành phần hỗn hợp muối, kiềm dùng để nung nóng và đồng thời tôi đẳng nhiệt, phân cấp**

Thành phần hỗn hợp	Nhiệt độ nóng chảy ^{o}C	Nhiệt độ dùng ^{o}C
$NaNO_2$	317	325 - 550
$NaNO_3$(hình 3.9)	271	300 - 550
KNO_2	297	-
KNO_3	337	350 - 550
$45NaNO_3 + 55KNO_3$	220	230 - 550
$45NaNO_2 + 55KNO_3$	137	155 - 550
$50NaNO_3 + 50KNO_2$	143	160 - 550
$50NaNO_2 + 50KNO_3$	225	280 - 550
$50NaO_3 + 50KNO_3$	220	280 - 550
$25KNO_3 + 75\ NaNO_3$	240	380 - 540
$50NaNO_3 + 50NaNO_2$	205	260 - 600
$25NaNO_2 + 25NaNO_3 + 50KNO_3$	175	205 - 600
NaOH	322	350 - 700
KOH	360	400 - 650
$75NaOH + 25NaNO_3$	280	420 - 540
35NaOH + 60KOH	155	170 - 250
20NaOH + 80KOH thêm $6H_2O$	130	150 - 250
37NaOH + 63KOH	159	180 - 350
60NaOH + 40NaCl	450	500 - 700
$45NaNO_3 + 27,5NaNO_2 + 27,5KNO_3$	120	240 - 260
$53KNO_3 + 40NaNO_2 + 7NaNO_3 + 2 - 3,5H_2O$	100	110 - 125

Tiếp bảng 3.32

1	2	3
$95NaNO_3 + 5Na_2CO_3$	304	380 - 520
$60(63KOH+37NaOH) + 20NaNO_3+15NaNO_2+5Na_3PO_4$	150	160 - 360
$70NaOH + 15NaNO_3 + 10NaNO_2 + 5Na_3PO_4$	250	280 - 600
$60NaOH + 15NaNO_3 + 15NaNO_2 + 10Na_3PO_4$	280	300 - 500
$40NaO + 30NaNO_3 + 25NaNO_2 + 5Na_3PO_4$	280	300 - 500
Cacnalit $MgCl_2.KCl.6H_2O$ khoáng vật thiên nhiên	440	450 - 600
93 cacnalit + 7NaCl	410	450 - 600
93 cacnalit + 7Xinvinit (xem bảng 3.30)	390	450 - 600

Dùng các hợp kim nhôm chứa 8 - 12% Si để nung chi tiết khi ram, chứa 6 - 10% Si và 5 - 7% Fe để nung nóng khi tôi.

Ở nhiệt độ cao hơn 550°C diêm tiêu bị phân hủy do quá nung nên nó tạo thành hợp chất hóa học với sắt và gang (phản ứng tỏa nhiệt), dễ gây nổ.

Không cho phép kết hợp giữa diêm tiêu với mồ hóng, than và nước (chi tiết ẩm), chúng gây nổ khi nóng chảy, thể tích diêm tiêu tăng lên nguy hiểm chết người.

Bảng 3.33. **Tính chất lý hoá các loại dầu làm môi trường nguội để tôi và môi trường nung để ram**

Các chỉ số về tính chất lý hoá	Dầu máy cao cấp	Vadolin	Dầu công nghiệp	Dầu đinh tử 2	Dầu đinh tử 3	Dầu máy loại 1	Dầu máy loại 2	Dầu máy loại 3	Dầu đinh tử 3B	Dầu máy loại nặng	Dầu xilanh*			
											Nhẹ		Nặng	
											Trong suốt		Loại 1	Độ nhớt cao loại 2
											Loại 1	Loại 2		
Trọng lượng riêng	0,865-0,885	0,86-0,88	-	0,876-0,891	0,881-0,901	0,886-0,916	0,886-0,916	-	-	-	-	-	-	-
Độ nhớt ở 50°C*** : độ nhớt động học CSt **** trong giới hạn	4,5-5,1	5,1-8,5	5,0-9,0	10,0-14,0	17,0-23,0	27,0-33,0	38,0-52,0	42,0-58,0	17,0-23,0	38-52	9-13	20-28	32-44	44-59
Độ nhớt qui ước như trên tính bằng độ trong giới hạn	1,29-1,40	1,40-1,72	1,39-1,76	1,86-2,26	2,60-3,31	3,81-4,59	5,24-7,07	5,76-7,86	2,60-3,31	5,24-7,07	1,76-2,15	2,95-3,95	4,5-6,0	6,0-8,0
Độ PH tính bằng mg KOH trong lg dầu không lớn hơn	0,04	0,04	-	0,11	0,14	0,2	0,35	0,15	0,14	0,35	0,3	-	-	-
Độ tro (%) không lớn hơn Nhiệt bốc cháy xác định trong nồi hở (°C) không thấp hơn	0,005 112**	0,005 125**	0,025 125	0,007 165	0,007 170	0,007 180	0,007 190	0,005 200	- 170	- 180	0,03 215	0,05 240	0,015 300	0,010 310
Nhiệt độ đông đặc (°C)	-25	-20	-20	-30	-20	-15	-10	-20	-15	-8	+5	-	+17	-5
Khả năng cốc hoá (%) không lớn hơn	-	-	-	-	-	0,3	0,3	0,2	-	-	0,8	2,5	3,0	3,3-3,8 (làm sạch chọn lọc

* Dầu xilanh dùng khi ram ; ** Nhiệt độ bốc cháy xác định trong nồi kín

*** Đối với dầu xilanh - độ nhớt xác định ở 100°C ; **** CST = centistoc = 10^{-2}St.

Bảng 3.34. **Tốc độ làm nguội thép trong các môi trường làm nguội khác nhau**

Môi trường nguội	Tốc độ nguội độ/s ở nhiệt độ, ^{o}C		Môi trường nguội	Tốc độ nguội độ/s ở nhiệt độ, ^{o}C	
	~500	300-200		~550	300-200
Nước tuần hoàn ở 20^{o}C	360	790	Dầu dinh tử	60	50
-nt- 40^{o}C	200	740	Dầu xilanh	170	230 (ở
-nt- 50^{o}C	60	620	Dầu gai và dầu hướng		450^{o}C)
-nt- 60^{o}C	50	150-350	dương	260-280	80-20
-nt- 80^{o}C	40	50-150	Nhũ tương dầu trong		
Dung dịch 10% muối ăn			nước	70	200
trong nước	2350	1600-600	Muối nóng chảy	50	10
Muối ăn nồng độ 15%	2700	1800-860	Chì	5	-
Dung dịch 15% kiềm			Tấm sắt	60	30
natri trong nước	2500	1200-600	Hỗn hợp không khí	35	15
Dung dịch xut 10% trong			nước 200 *l*/h	~1,0	0,25
nước	800	270			

Bảng 3.35. **Thời gian và tốc độ nguội trong dầu của mẫu bằng thép C20 đường kính 2,2 mm từ nhiệt độ 845^{o}C**

Dạng tôi	Nhiệt độ dầu để tôi, ^{o}C	Thời gian làm nguội τ (s) và tốc độ nguội trung bình v_{ng} (độ/s) đến nhiệt độ t^{o}C							
		760		540		370		200	
		τ	v_{ng}	τ	v_{ng}	τ	v_{ng}	τ	v_{ng}
Tôi bình thường	30	9,1	15,9	14,6	20,9	22,5	21,0	37,5	17,2
	40	9,0	16,1	13,2	23,2	20,2	23,5	36,5	17,8
	60	8,5	17,0	13,5	22,6	21,2	22,4	38,5	16,8
Tôi đẳng nhiệt	120	7,3	19,7	13,5	22,6	24,5	19,3	53,8	12,0
(Tôi phân cấp)	150	6,0	24,2	12,5	24,2	26,0	18,3	64,0	10,1
	180	6,3	23,0	13,0	23,5	26,0	18,3	81,0	7,7
	200	6,3	23,0	13,3	23,0	24,0	19,4	-	-
	230	6,3	23,0	13,0	23,5	28,7	16,5	-	-

PHẦN II

CÔNG NGHỆ NHIỆT LUYỆN THÉP, GANG VÀ HỢP KIM MÀU

Chương 4. CÁC ĐẶC ĐIỂM CƠ BẢN NHIỆT LUYỆN THÉP CACBON VÀ HỢP KIM

4.1. GIẢN ĐỒ TRẠNG THÁI SẮT - CACBON Fe - C

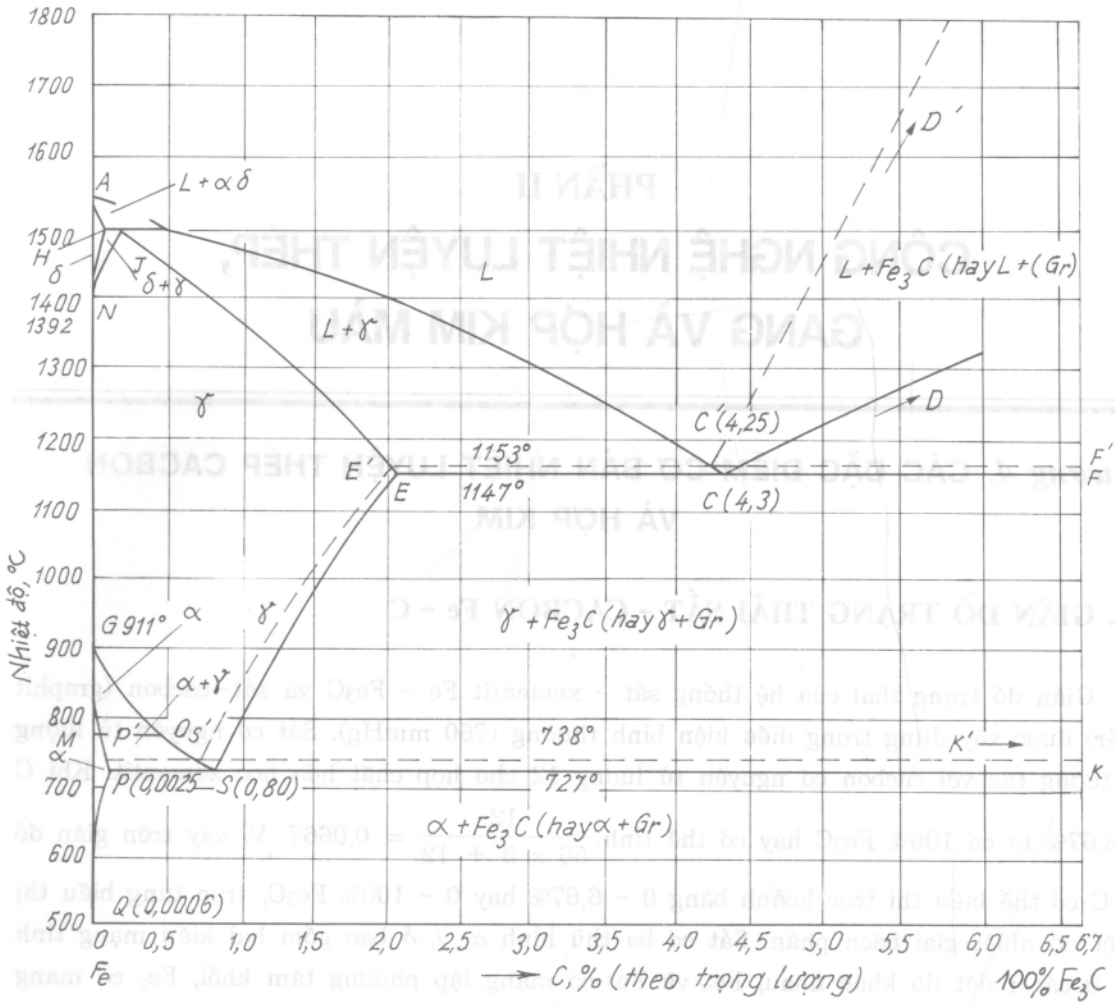
Giản đồ trạng thái của hệ thống sắt - xementit Fe - Fe_3C và sắt–cacbon (graphit - Gr) được xây dựng trong điều kiện bình thường (760 mmHg). Sắt có nguyên tử lượng 56 tương tác với cacbon có nguyên tử lượng 12 cho hợp chất hóa học xementit. Khi C = 6,67% ta có 100% Fe_3C hay có thể tính $\frac{12}{56 \times 3 + 12} = 0{,}0667$. Vì vậy trên giản đồ Fe–C có thể biểu thị trục hoành bằng 0 - 6,67% hay 0 - 100% Fe_3C, trục tung biểu thị nhiệt độ nhiệt giai bách phân. Sắt có ba thù hình α, γ, δ bao gồm hai kiểu mạng tinh thể ở các nhiệt độ khác nhau, Fe_α và Fe_δ có mạng lập phương tâm khối, Fe_γ có mang lập phương tâm mặt.

Trong quá trình nung nóng, sắt có chuyển biến từ tính ở nhiệt độ 768°C. Ở nhiệt độ 911°C sắt có chuyển biến thù hình (đa hình) về mạng tinh thể Fe_α thành Fe_γ còn ở 1392°C chuyển biến Fe_γ thành Fe_δ.

Nguyên thứ hai của hệ thống là xementit (hay là grafit khi làm nguội chậm) không có chuyển biến thù hình, ở 210°C xementit chỉ có chuyển biến từ tính.

Vị trí các điểm của giản đồ trạng thái được chính xác thêm nhờ các phương pháp nghiên cứu ngày càng hoàn thiện.

Mỗi một dạng thù hình của sắt có các hằng số mạng tinh thể sau đây :



Hình 4.1. Giản đồ trạng thái Fe-C hay Fe-Fe_3C.

Bảng 4.1. **Hằng số mạng của sắt**

Các thông số	Fe_α	Fe_γ
Kiểu mạng tinh thể	Lập phương thể tâm	Lập phương diện tâm
Số nguyên tử tính cho một ô cơ bản, z	2	4
Số sắp xếp	8	12
Chu kỳ mạng, A^O	20^O-2,8606	910^O-3,59 1000^O-3,63
Khoảng cách ngắn nhất giữa các nguyên tử, Å	20^O-2,1778	910^O-2,54 1100^O-2,57

Tiếp bảng 4.1

Các thông số	Fe_α	Fe_γ
Bán kính nguyên tử r, Å	20^o-1,260	910^o-1,27 1100^o-1,28
Thể tích nguyên tử gam V, cm^3/mol	20^o-7,10	950^o-7,37
Mật độ (trọng lượng riêng) σ_x, $kg/m^3.10^3$	20^o-7,86	950^o-7,58

* 1 Å = 10^{-8} cm.

Bảng 4.2. **Các điểm đặc trưng của giản đồ sắt-cacbon**

Điểm	Nhiệt độ ^oC	Lượng chứa cacbon, %	Điểm	Nhiệt độ, ^oC	Lượng chứa cacbon, %	Điểm	Nhiệt độ, ^oC	Lượng chứa cacbon, %
A	1539	0	G	911	0	P	727	0,02
B	1499	0,51	H	1499	0,10	S	727	0,83
C	1147	4,3	J	1499	0,16	Q	20	0,006
E	1147	2,14	N	1392	0	D	1260 1600 (cũ)	6,67

Các pha :

Lỏng – dung dịch lỏng của cacbon trong sắt ;

austemit – dung dịch đặc của cacbon trong sắt γ ;

ferit – dung dịch đặc của cacbon trong sắt α ;

xementit – hợp chất hóa học của sắt và cacbon Fe_3C ;

grafit – cacbon ở trạng thái tự do tiết ra trong hợp kim.

Các đường trên giản đồ :

CD – đường lỏng, bắt đầu tiết ra xementit thứ nhất khi làm nguội gang lỏng sau cùng tinh.

ECF – bắt đầu kết tinh (hay nóng chảy) của gang ;

GOS – bắt đầu tiết ferit khi làm nguội ;

ES – độ hòa tan giới hạn của cacbon ở trong austenit (bắt đầu tiết ra xementit thứ 2 từ austenit) khi làm nguội thép sau cùng tích ;

GP – chuyển biến $\alpha \leftrightarrows \gamma$;

PSK – chuyển biến peclit thành austenit và ngược lại (khi nung nóng và làm nguội) ;

GPQ – vùng giới hạn của sắt $-\alpha$;

PQ – độ hòa tan giới hạn của cacbon ở trong ferit (bắt đầu tiết ra xementit thứ 3 từ ferit) khi làm nguội thép có thành phần 0,006 ÷ 0,02% C ;

MO – chuyển biến từ tính ở 768°C.

Các điểm tới hạn :

Ac_1 (khi nung nóng) hay Ar_1 (khi làm nguội) chuyển biến peclit thành austenit và ngược lại ;

Ac_2 hay Ar_2 – chuyển biến từ tính ;

Ac_3 hay Ar_3 – chuyển biến $\gamma \leftrightarrows \gamma + \alpha$

Ac_4 hay Ar_4 – chuyển biến $\gamma \rightleftarrows \delta$;

Ar_m hay Ac_m – bắt đầu tiết ra xementit thứ 2 từ austenit khi làm nguội và kết thúc hòa tan xementit thứ 2 vào austenit khi nung nóng (đối với thép sau cùng tích).

Vị trí các điểm tới hạn phụ thuộc vào tốc độ nung nóng và làm nguội.

Các tổ chức và tính chất của chúng

Ferit (hình 4.7a) – dung dịch đặc của cacbon thường với nồng độ thấp khoảng vài phần vạn) và các nguyên tố khác ở trong sắt α – Fe_α (có thể coi sắt α là nguyên chất) ; độ hòa tan giới hạn của cacbon ở trong Feα là 0,02% ở 727°C và 0,006% ở 20°C ; cơ tính của ferit : σ_b = 250 MPa ; $\sigma_{0,2}$ = 120 MPa ; δ = 50% ; φ = 80% ; HB 800 MPa ; a_K = 2500 kJ/m^2. Đơn vị đo độ dai hay dùng kGm/cm^2 nay dùng kJ/m^2 $\left(\frac{\text{kGm}}{\text{m}^2} = 100 \text{ kJ/m}^2\right)$ và độ bền 1 kG/mm^2 = 10 N/m^2 ; (1 N/m^2 = 1 Pa đọc là Pascal ; 1 N/mm^2 = 10^6 Pa = 1 MPa đọc là mega Pascal). Mạng tinh thể của ferit giống Fe_α.

Austenit (hình 4.7b) – dung dịch đặc của cacbon và các nguyên tố hợp kim ở trong sắt γ – Fe_γ ; độ hòa tan giới hạn của cacbon ở trong Fe_γ là 2% ở 1147°C và 0,8% ở 727°C.

Trong thép cacbon và hợp kim thấp, austenit chỉ ổn định ở các nhiệt độ cao hơn Ac_1 ; không có từ tính, dai, độ cứng HB 1800 ÷ 2200 MPa ; có tính dẫn nhiệt kém. Mạng tinh thể giống Fe_γ.

Chu kỳ mạng của austenit thay đổi theo nhiệt độ và thành phần cacbon ở trong thép.

Cacbon là á kim có hai dạng :

1) Grafit (than đá, than gỗ) có khối lượng riêng 1,22 ÷ 1,32 g/cm^3 ; nó là một trong những thù hình của cacbon. Mạng lục phương nhiều lớp. Nó có độ cứng và độ bền rất thấp, có màu xám tối (đen) thấy rõ mà không cần mài mòn mẫu. Trong tổ chức của gang grafit có ba dạng : tấm, cụm bông và cầu.

2) Kim cương với kiểu mạng kim cương (trực thoi ◇ ; Δ) rất cứng, cứng nhất trong thang độ cứng, có khối lượng riêng 3,514 g/cm^3.

Xementit (hình 4.7c) - hợp chất hóa học của sắt và cacbon Fe_3C (cacbit sắt 6,67% C) ; > HB 7000 MPa nhiệt độ nóng chảy ~ 1600°C.

$$3Fe + C = Fe_3C$$

$$\Delta Z^{O}_{298-465^{O}K} = 6200 - 5{,}53\ T\ ;$$

$$\Delta Z^{O}_{465-1115^{O}K} = 6380 - 5{,}92\ T\ ;$$

$$\Delta Z^{O}_{1115-1808^{O}K} = 2175 - 2{,}43\ T\ .$$

Theo điều kiện tạo thành, xementit được chia làm ba dạng :

Xementit thứ nhất tiết ra từ hợp kim lỏng (đường CD của giản đồ) dưới dạng tổ chức sáng chói.

Xementit thứ hai tiết ra từ austenit (đường SE) dưới dạng mạng bao quanh biên giới hạt, dưới dạng kim theo các mặt tinh thể hay dưới dạng hạt.

Xementit thứ ba tiết ra từ ferit (đường PQ) theo biên giới hạt dưới dạng mạng hay hạt.

Xementit có mạng trực thoi với mật độ nguyên tử dày đặc : a = 4,51 ; b = 5,069 và c = 6,731 A° ; sáu nguyên tử sắt của mạng tạo thành hình tám mặt còn trung tâm của nó là nguyên tử cacbon, khoảng cách giữa các nguyên tử sắt 2,66 - 2,73 Å ; trọng lượng riêng của xementit γ = 7,62 . 10^3 kg/m^3, nhiệt dung C = 0,14 kcal/kg.độ ; điện trở ρ = 140 Ωcm ; điểm chuyển biến từ tính 210 - 212°C.

Peclit - hỗn hợp cùng tích của ferit và xementit Fe(C) + Fe_3C. Nhiệt độ chuyển biến cân bằng là 727°C, nồng độ cacbon 0,83% ; độ cứng của peclit phụ thuộc vào hình dạng của xementit ; xementit ở dạng tấm peclit được gọi là peclit tấm (hình 4.7d), ở dạng hạt-peclit hạt (hình 4.7e).

Cơ tính của peclit phụ thuộc vào mức độ phân tán của các phần tử xementit. Ví dụ : peclit tấm mỏng có σ_b = (750 - 800) MPa và δ = 8 - 10% ; peclit tấm lớn σ_b = (600 - 700) MPa và δ = 5 - 7% ; peclit hạt σ_b = (550 - 600) MPa và δ 10 - 14% ; HB 1600-2600 MPa.

Ledeburit (hình 4.7f) - hỗn hợp cùng tinh của austenit và xementit - $Fe_\gamma(C)$ + Fe_3C - tạo thành ở 1147°C trong quá trình kết tinh của hợp kim lỏng có 4,3%C. Ở nhiệt độ thấp hơn 727°C ledeburit là hỗn hợp của xementit và peclit Fe_3C + [Feα (C) + Fe_3C].

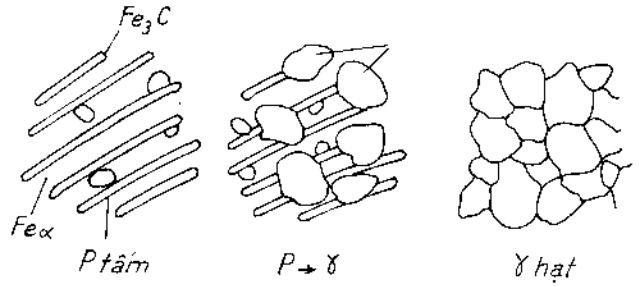
4.2. CÁC TỔ CHỨC KHÔNG CÂN BẰNG CỦA THÉP

Tùy theo tốc độ làm nguội austenit, có thể bị quá nguội xuống thấp hơn nhiệt độ cân bằng của nó 727°C để tạo thành các tổ chức không cân bằng.

Xoocbit (hình 4.7g) - sản phẩm chuyển biến (phân hóa) austenit trong khoảng (vùng) nhiệt độ 600 - 650°C - hỗn hợp của ferit và xementit cầu hóa, hỗn hợp này khác peclit ở mức độ phân tán cao của các thành phần và độ cứng cao hơn.

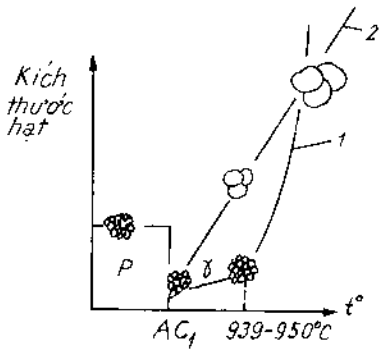
Xoocbit cũng tạo thành ở nhiệt độ ram cao - (đối với thép cacbon, cao hơn 400°C) và do ủ cầu hóa.

Tăng nhiệt độ ram đến 650 - 700°C làm kết tụ các hạt xementit tạo thành tổ chức peclit hạt.

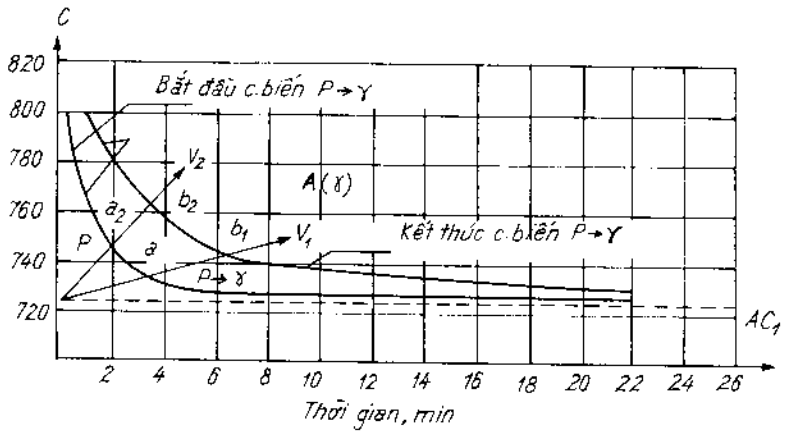


Hình 4.2. Sự tạo mầm và phát triển mầm

Xoocbit có giới hạn bền và chảy cao khi có đủ độ dai va đập, độ cứng HRC 30 - 40.



Hình 4.3. Độ lớn hạt :
1. thép bản chất hạt nhỏ có γ phát triển chậm có có tính tổng hợp lớn và dễ nhiệt luyện, thép được hợp kim hóa các nguyên tố tạo cacbit mạnh (Ti, V, Mo, Zr, Nb...) ;
2. thép bản chất hạt lớn có γ phát triển nhanh hạt to, ít dẻo, thường là các thép có các bít yếu (Mn, Si, Cr...) và khử oxi kém (thép sôi).



Hình 4.4. Giản đồ chuyển biến đẳng nhiệt của peclit thành austenit của thép cùng tích và các vectơ biểu thị tốc độ nung $V_2 > V_1$:
- Tốc độ nung càng lớn chuyển biến càng nhanh, điểm tới hạn Ac_1 tăng (tôi tần số cao);
- Tốc độ nung càng chậm, cacbon hòa tan từ Fe_3C vào γ càng ít thời gian nung càng dài để P → γ hoàn toàn (tôi thép hợp kim cao)

Bảng 4.3. **Các tính chất của các thành phần tổ chức thép và gang**

Thành phần	Thành phần tổ chức				
	austenit	ferit	xementit	peclit	grafit
Nhiệt dung riêng kcal/kg.độ ở					
0°C	-	0,105	-	-	-
100°C	-	0,115	0,1430	-	0,2024
200°C	-	0,128	0,1488	-	0,2248
300°C	-	0,140	0,1400	-	0,2467
400°C	-	-	0,1505	-	0,2671
500°C	-	0,163	0,1524	-	0,2865
600°C	-	-	0,1557	-	0,3070
700°C	-	-	0,1559	-	0,3237
800°C	-	0,209	0,1640	-	0,3460
900°C	-	-	0,1710	-	0,3610
1000°C	0,162	-	-	-	0,3755
1100°C	-	-	-	-	0,3860
1300°C	0,176				
Hệ số dãn dài - 10^6 mm/m. độ	23	14,5	12,5	10,0-11,0	7,5-8,0
Độ dẫn nhiệt :					
kcal/m.h.độ	36,0	66,0	6,1	44,6	13,3
kcal/cm.s.độ	0,10	0,180	0,017	0,122	0,036
Trọng lượng nguyên tử hay phân tử	55,85	55,85	179,5	-	12,01

* Đối với sắt điện phân chứa 0,02% C.

Trustit (hình 4.7h) – sản phẩm chuyển biến austenit trong khoảng nhiệt độ 400 – 500°C, hỗn hợp của ferit và xementit có mức độ phân tán và độ cứng cao hơn xoocbit. Trustit cũng là sản phẩm của sự phân hóa mactenxit khi được nung nóng.

Trustit có giới hạn bền và đàn hồi cao, độ cứng HRC 40 – 50 trustit kim (hình 4.7i và hình 4.6) – hỗn hợp nhỏ mịn của ferit và xementit nhận được khi phân hóa austenit trong điều kiện độ quá nguội lớn (thông thường trong khoảng nhiệt độ 450 – 200°C), có dạng kim hay ngòi bút và có độ cứng cao hơn so với trustit.

Trustit kim tạo thành ở vùng trên của chuyển biến trung gian của austenit được gọi là Bainit trên (B_t), tạo thành ở vùng dưới là Bainit dưới (B_d).

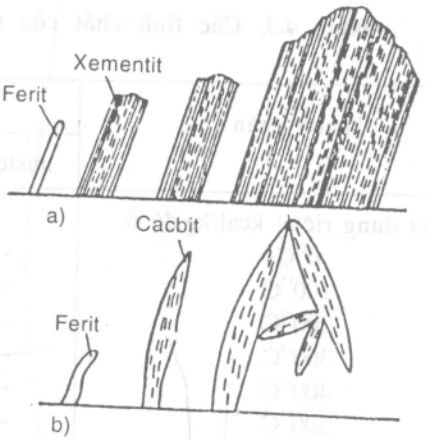
Bainit là hỗn hợp của dung dịch rắn bão hòa cacbon trong α–Fe và xementit. Tùy thuộc vào nhiệt độ tạo thành, người ta phân biệt bainit dưới (tạo thành ở nhiệt độ gần sát M_d) và bainit trên (tạo thành ở vùng nhiệt độ cao hơn).

Quá trình chuyển biến austenit thành bainit có thể tóm tắt như sau :

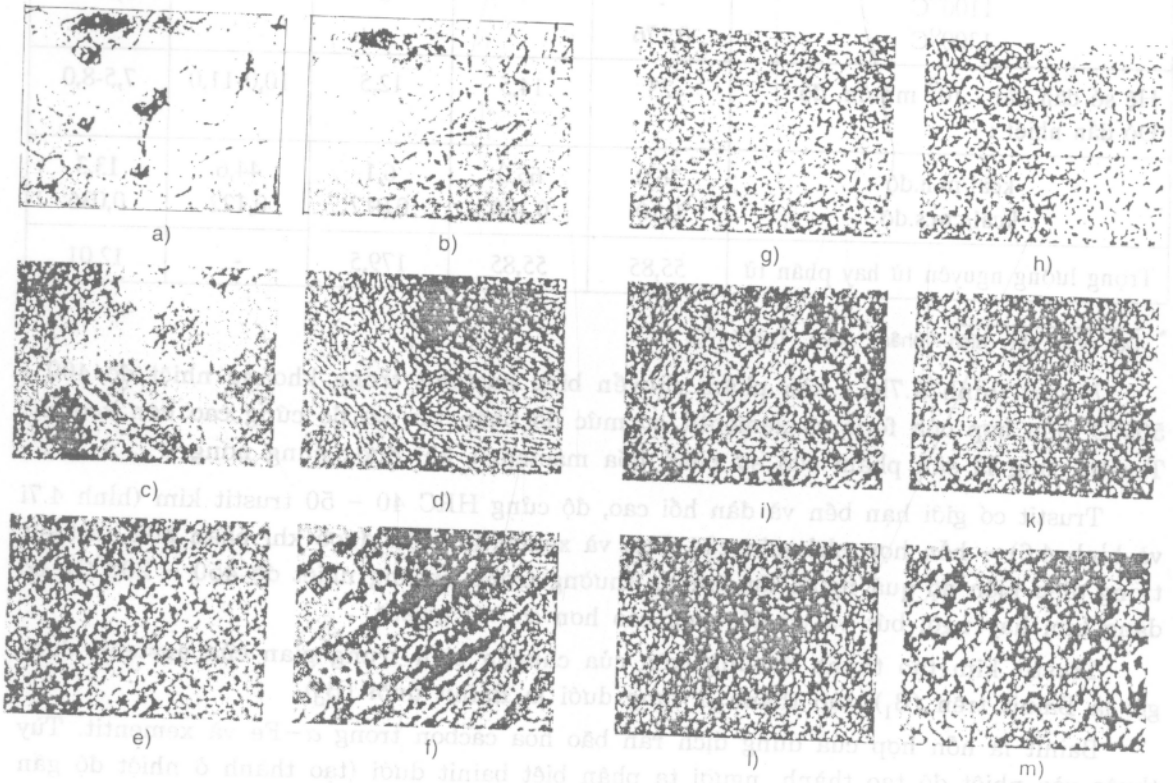
Đối với thép cacbon, vùng chuyển biến bainit là vùng phía dưới của mũi chữ C (hình 4.10), còn đối với các thép hợp kim có đường cong chữ C kép thì chuyển biến bainit xảy ra ở vùng chữ C dưới (hình 4.13, hình 4.15).



Hình 4.5. Sơ đồ chuyển biến γ

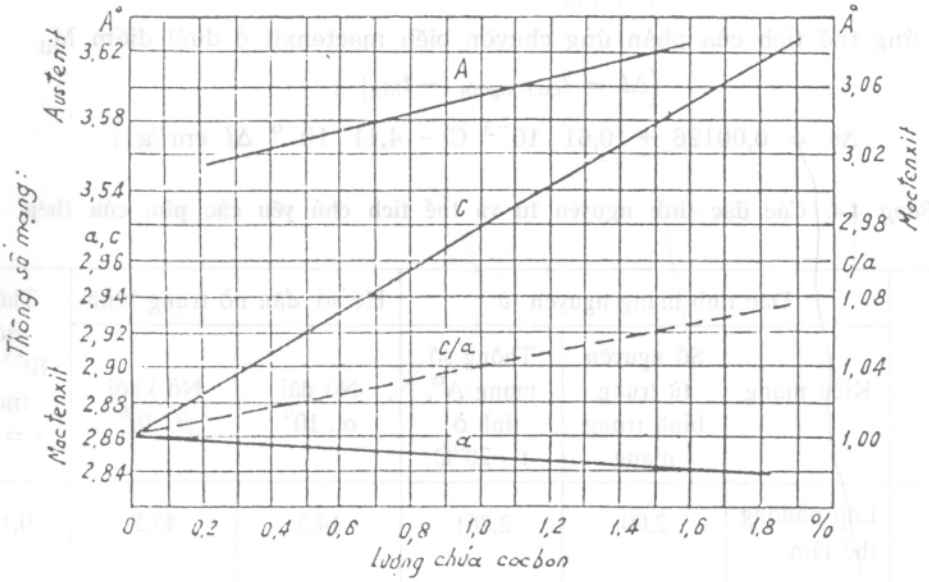


Hình 4.6. Sơ đồ tổ chức tế vi của bainit : a) bainit trên ; b) bainit dưới

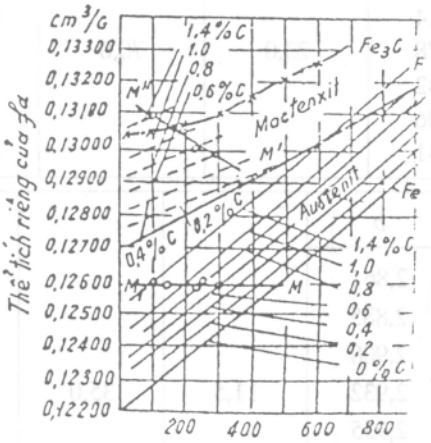


Hình 4.7. Các tổ chức của thép :
a) ferit ; b) austenit ; c) xementit theo biên giới hạt ; d) peclit ; tấm ; e) peclit hạt ; f) ledeburit ; g) xoocbit ; h) trustit ; i) trusit kim (Bainit) ; k) mactenxit kim to ; l) mactenxit kim nhỏ ; m) mactenxit + austenit dư.

Mactenxit (hình 4.7m) – dung dịch đặc quá bão hòa của cacbon và các nguyên tố khác trong sắt α, tạo thành do chuyển biến không khuếch tán. Mactenxit có mang lập phương thể tâm (khi có cacbon hay nitơ trong dung dịch có mạng chính phương tâm khối hình 4.9. Mactenxit có độ cứng cao, có từ tính ; có tổ chức hình kim ; lượng cacbon trong mactenxit bằng lượng cacbon ban đầu trong austenit.



Hình 4.8. Sự phụ thuộc giữa chu kỳ mạng của austenit A và mactenxit a vào lượng chứa cacbon.



Hình 4.9. Sự thay đổi thể tích riêng phụ thuộc vào nhiệt độ và thành phần cacbon.

Thể tích riêng các thành phần tổ chức của thép (hình 4.9)

ferit $(v_\alpha)_t \approx 0{,}12708 + 5{,}528 . 10^{-6}\ t$;

austenit $(v_\gamma)_{t,c} \approx 0{,}12282 + 8{,}56 . 10^{-6}\ t + 2{,}15 . 10^{-3}\ c$;

mactenxit $(v_M)_{t.c} \approx 0{,}12708 + 4{,}448 . 10^{-6}\ t + 2{,}79 . 10^{-3}\ c$;

cacbit Fe_3C $(v_k)_t \approx 0{,}13023 + 4{,}884 . 10^{-6}\ t$.

Hiệu ứng thể tích của phản ứng chuyển biến mactenxit

$$\left(\frac{\Delta v}{v_\gamma}\right)_M = 2{,}5 + 1{,}08\%\ C$$

Hiệu ứng thể tích của phản ứng chuyển biến mactenxit ở dưới điểm M_d.

$$\left(\Delta l = l_{\text{quá nguội}} - l_{M_d}\right) ;$$

$$\Delta v = 0{,}00126 + 0{,}61 . 10^{-3}\ C - 4{,}11 . 10^{-6}\ \Delta l\ cm^3/g ;$$

Bảng 4.4. **Các đặc tính nguyên tử và thể tích chủ yếu các pha của thép**

Pha	Đặc tính mạng nguyên tử			Hệ số dãn nở trung bình		Thể tích riêng $10^{-3}\ m^3/kg$ tính ở $t = 20^oC$
	Kiểu mạng	Số nguyên tử trung bình trong mạng	Thông số mạng A^o, tính ở $t - 20^oC$	Nở dài $\alpha . 10^6$	Nở khối $\beta . 10^6$	
Fefit	Lập phương thể tâm	2,00	2,861	14,5	43,5	0,12708
Austenit						
Sắt γ		4,00	3,5586			0,12227
0,2% C	Lập	4,037	3,5650			0,12270
0,4% C	phương	4,089	3,5714			0,12313
0,6% C	diện tâm	4,156	3,5778	23,0	70,0	0,12356
0,8% C		4,224	3,5842			0,12396
1,0% C		4,291	3,5906			0,12442
1,4% C		4.127	3,6031			0,12528
Mactenxit			*a*	*b*			
Sắt α		2,00	2,862	2,861			0,12708
0,2% C		2,018	2,858	2,885			0,12761
0,4% C	Chính	2,036	2,855	2,908			0,12812
0,6% C	phương	2,056	2,852	2,932	11,5	35,0	0,12863
0,8% C		2,075	2,849	2,955			0,12915
1,0% C		2,094	2,846	2,979			0,12965
1,4% C		2,132	2,840	3,026			0,13061
Xementit Fe_3C (Xê)	Trực thoi	12 (Fe) 4 (C)	a = 4,5144 b = 5,0762 c = 6,7292		12,5	37,5	0,13023

C là thành phần về trọng lượng của cacbon.

Các điều kiện tạo thành tổ chức khi nhiệt luyện thép cacbon.

Sau khi ủ và thường hóa thép trước cung tích có tổ chức ferit + peclit ; thép cùng tích – peclit ; thép sau cùng tích – peclit + xementit.

Sau khi tôi thép trước cùng tích và cùng tích với tốc độ nguội lớn hơn tốc độ tới hạn có tổ chức mactenxit, đôi khi còn có cả một lượng lớn austenit dư, với tốc độ nguội thép trước cùng tích trong khoảng nhiệt độ Ac_1 – Ac_3 tạo thành mactenxit + ferit (tôi không hoàn toàn).

Sau khi tôi thép sau cùng tích với tốc độ nguội lớn hơn tốc độ tới hạn tạo thành mactenxit + cacbit, khi làm nguội với tốc độ thấp hơn tốc độ tới hạn tạo thành mactenxit + trustit + cacbit.

Khi gia công đẳng nhiệt sẽ tạo thành các tổ chức peclit, xoocbit hay trustit kim tùy theo nhiệt độ giữ nhiệt. Sau khi ram thép đã tôi, tạo thành các tổ chức trustit và xoocbit tùy theo nhiệt độ.

Sự chuyển biến đẳng nhiệt của austenit

Khi xác định chế độ nhiệt luyện các số hiệu theo giản đồ chuyển biến đẳng nhiệt của austenit thành peclit và giản đồ chuyển biến của austenit khi làm nguội liên tục bằng cách xác lập từ các đường cong động học của γ ở các nhiệt độ khác nhau và nhận được giản đồ chữ C như ở hình 4.10. Đường thứ nhất là đường bắt đầu chuyển biến. Đường thứ hai là đường kết thúc chuyển biến. Đây là giản đồ chữ C có giá trị quan trọng trong nhiệt luyện.

Trên cơ sở của giản đồ đã biết quyết định được chế độ của các quá trình đẳng nhiệt, tiến hành chọn môi trường làm nguội khi tôi, xác định chế độ ram và gia công nhiệt độ thấp (gia công lạnh) và xác định tổ chức của thép sau các quá trình đẳng nhiệt và các quá trình làm nguội liên tục.

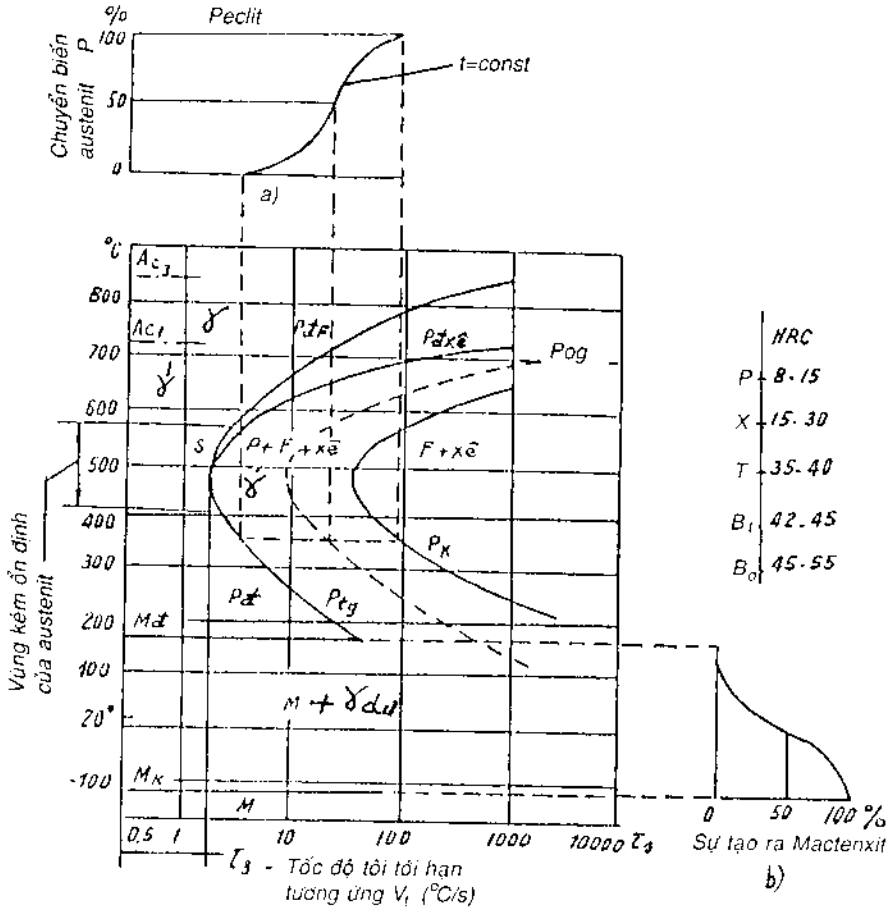
Các đường và điểm đặc trưng của giản đồ

Các đường P_d và P_k bắt đầu và kết thúc chuyển biến austenit thành ferit và xêmentit, các pha này cùng với sự kết hợp và độ phân tán xác định tạo nên các tổ chức peclit, xoocbit và trustit.

Ở độ quá nguội lớn (khi nhiệt độ thấp hơn 450°C) tạo nên hỗn hợp ferit và xementit phân tán có tổ chức hình kim (hay ngòi bút) trustit kim.

Ở thép trước và sau cùng tích đường P_d ở phần trên tách đôi :

Đường P_{d1} – bắt đầu tiết ra ferit ở thép trước cùng tích, đường $P_{d\,xc}$ – bắt đầu tiết ra xementit ở thép sau cùng tích ; đường P_{og} – đặc trưng lượng trung gian của austenit đã chuyển biến (25, 50, 75% và v.v...). Động học của chuyển biến austenit được đặc trưng bằng đường cong a (hình 4.10).



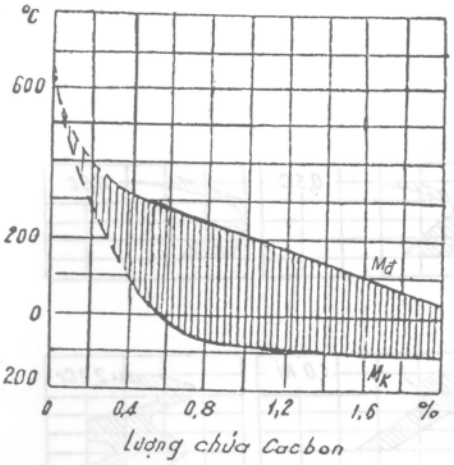
Hình 4.10. Đường cong điển hình chuyển biến đẳng nhiệt của austenit
a) đường cong động học của chuyển biến austenit thành peclit ;
b) đường cong động học của sự tạo thành mactenxit.

Điểm S xác định vùng nhiệt độ kém ổn định nhất của austenit trong khoảng thời gian τ_t tương ứng với tốc độ tôi tới hạn v_t, °C/s.

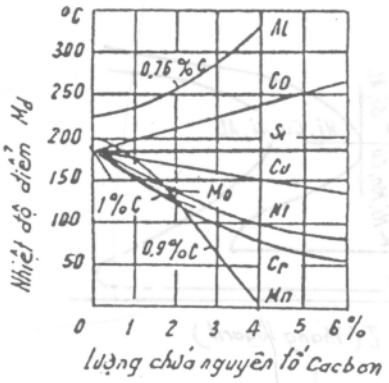
Các điểm M_d và M_k – bắt đầu và kết thúc chuyển biến austenit thành mactenxit (các điểm mactenxit).

Số lượng mactenxit tạo thành được đặc trưng bằng đường cong b vẽ ở hình 4.10. Nhiệt độ bắt đầu và kết thúc chuyển biến mactenxit chỉ phụ thuộc vào lượng cacbon (hình 4.11) và các nguyên tố hợp kim trong thép (hình 4.12).

1. Nguyên tố hợp kim trong thép làm giảm nhiệt độ bắt đầu chuyển biến mactenxit M_d, Mn : 45° ; Cr : 35° ; Ni : 26° ; Mo : 25° ; V : 30° và Cu : 7°, các nguyên tố Co và Al thì ngược lại nâng cao nhiệt độ bắt đầu chuyển biến mactenxit : Co : 12° ; Al : 18° xem Phụ lục 4 bảng 4.2.



Hình 4.11. Ảnh hưởng của lượng chứa cacbon trong thép đến nhiệt độ bắt đầu và kết thúc chuyển biến mactenxit – các điểm M_d và M_k.



Hình 4.12. Ảnh hưởng của các nguyên tố hợp kim đến nhiệt độ bắt đầu chuyển biến mactenxit M_d.

Nhiệt độ kết thúc chuyển biến mactenxit của một số số hiệu thép được hợp kim hóa bằng mangan, crom, vanađi và các nguyên tố khác, thấp hơn 0°C.

Các vùng đặc trưng của giản đồ chuyển biến đẳng nhiệt của austenit (hình 4.10).

γ – vùng austenit ổn định – cao hơn đường A_1 (727°C) ;

γ – vùng austenit quá nguội – giữa đường A_1 (727°C) đường bắt đầu chuyển biến mactenxit M_d, bên trái đường bắt đầu chuyển biến P_d thành hỗn hợp ferit – xementit.

$\gamma' \rightarrow$ P – vùng chuyển biến peclit – thấp hơn đường A_1 (727°C) và cao hơn đường tương ứng với điểm S (~ 450°C), giữa các đường bắt đầu chuyển biến P_d và kết thúc P_k ;

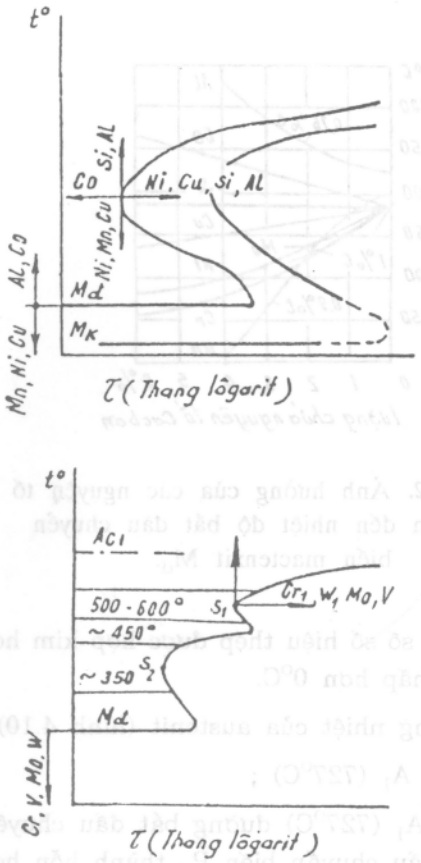
F + Fe_3C – vùng đã kết thúc chuyển biến peclit với sự tạo thành các tổ chức peclit P, xoocbit X và trustit T.

$\gamma' \rightarrow$ B vùng chuyển biến thời gian – thấp hơn 500°C đến đường bắt đầu chuyển biến mactenxit giữa các đường bắt đầu chuyển biến P_d và kết thúc P_k ; B – vùng đã kết thúc chuyển biến trung gian, bên phải đường kết thúc chuyển biến P_k, cao hơn đường M_d ; tổ chức trustit kim T_{kim}, bainit trên và dưới B_t và B_d.

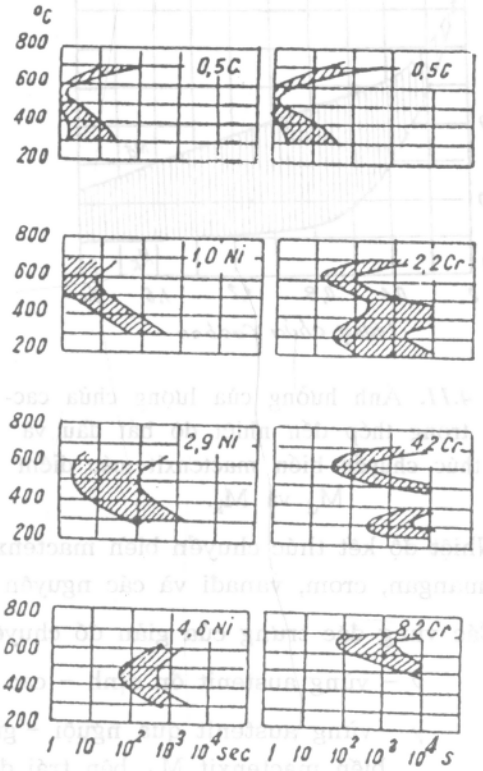
γ_{du} + M – vùng chuyển biến mactenxit ; giữa các đường bắt đầu M_d và kết thúc M_k chuyển biến mactenxit, tổ chức mactenxit M + austenit dư γ_{du} ;

M – vùng đã kết thúc chuyển biến mactenxit – thấp hơn đường M_k ; tổ chức – mactenxit.

Ảnh hưởng của các nguyên tố hợp kim đến đặc tính của các đường cong chuyển biến đẳng nhiệt của austenit được trình bày ở hình 4.13 và 4.14.



Hình 4.13. Ảnh hưởng của các nguyên tố hợp kim đến đặc tính của các đường cong chuyển biến đẳng nhiệt của austenit.



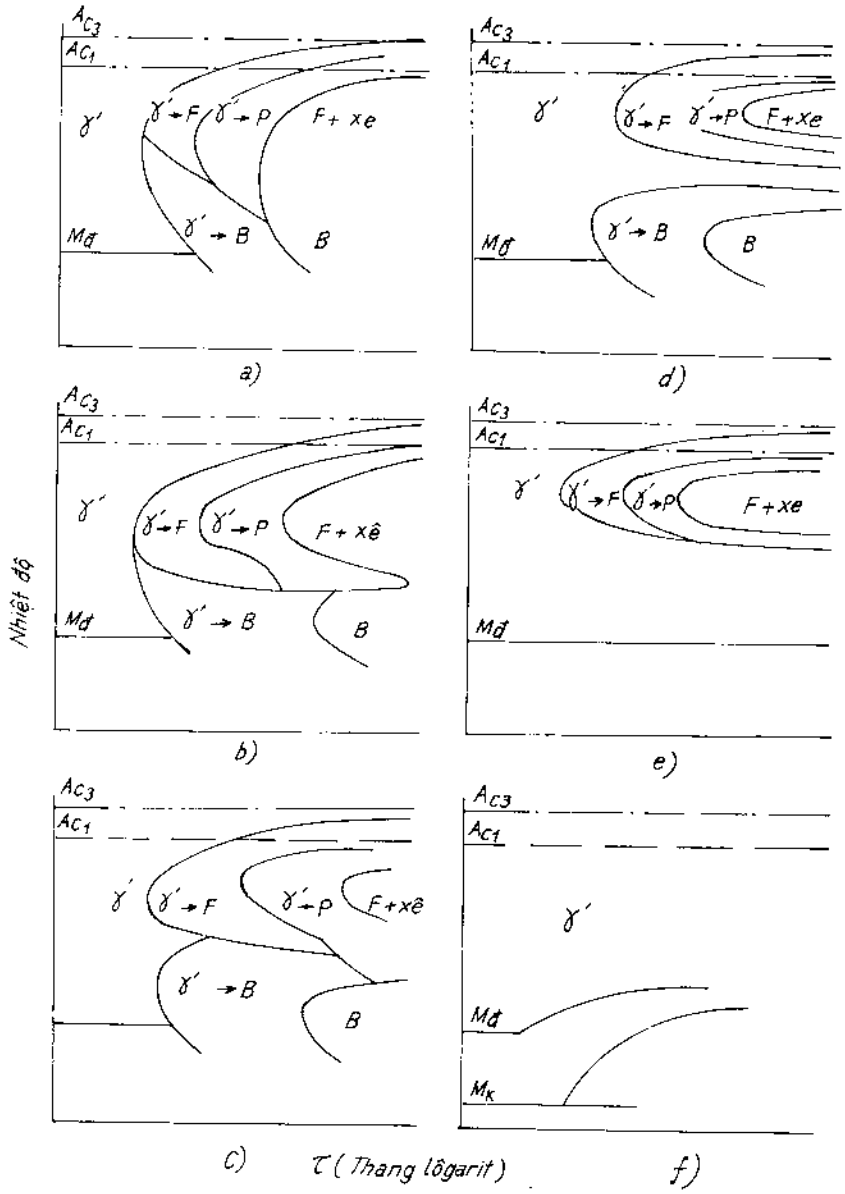
Hình 4.14. Ảnh hưởng của niken và crom đến đặc tính các đường cong chuyển biến đẳng nhiệt của austenit của thép chứa 0,5 % C

Ảnh hưởng đồng thời của các nguyên tố hợp kim làm phức tạp thêm giản đồ chuyển biến đẳng nhiệt của austenit.

Các giản đồ chuyển biến đẳng nhiệt của austenit được trình bày trên hình 4.15. Ngoài thành phần hóa học của thép các yếu tố bên ngoài cũng ảnh hưởng đến đặc tính và vị trí trên giản đồ các đường cong phân hóa đẳng nhiệt của austenit.

Tăng nhiệt độ và thời gian nung nóng dẫn đến nâng cao tính ổn định của austenit do các thành phần (các cacbit) dư hòa tan nhiều, do vai trò chủ đạo của tâm mầm khi tạo thành hỗn hợp ferit xementit trong quá trình phân hóa austenit.

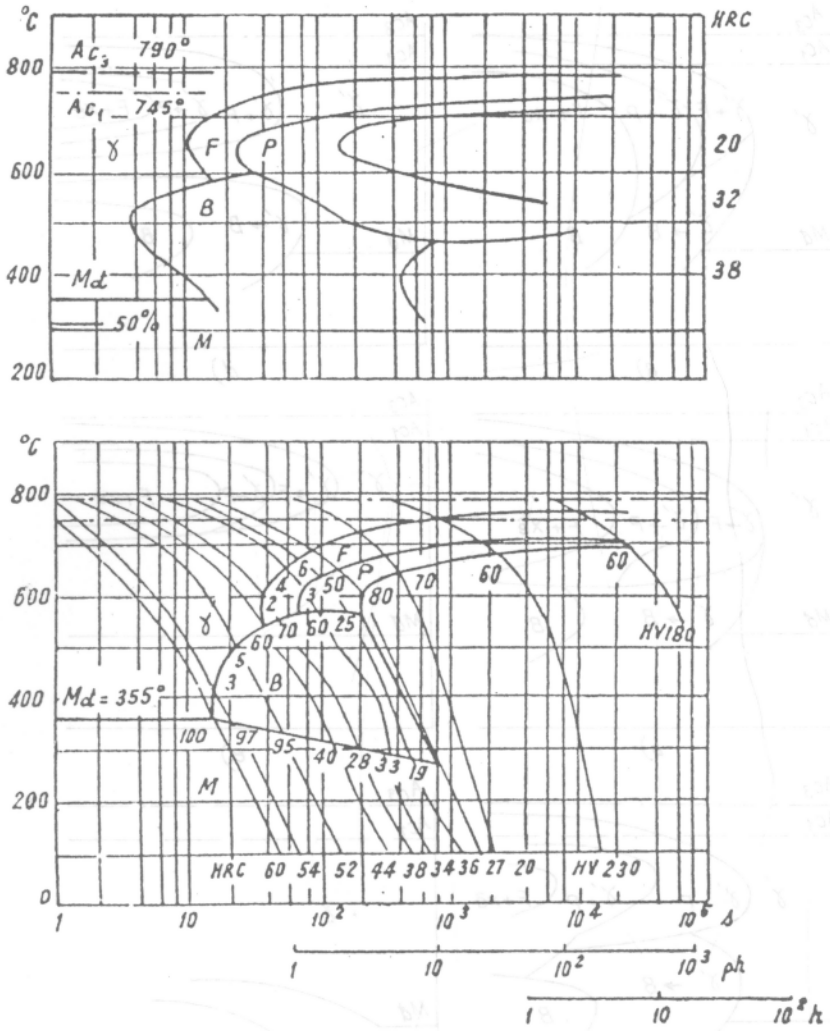
Biến dạng dẻo sẽ làm nhỏ hạt, nên làm giảm tính ổn định của austenit.



Hình 4.15. Sơ đồ các giản đồ điển hình chuyển biến đẳng nhiệt austenit của thép : a) thép cacbon ; b) thép silic–mangan ; niken–molipđen ; c) thép crom ; d) thép gió ; e) hợp kim sắt–coban ; f) thép loại 18Cr2NiWA.

4.2.1. CÁC ĐƯỜNG NHIỆT ĐỘNG HỌC CỦA CHUYỂN BIẾN γ

Nghiên cứu chuyển biến austenit khi làm nguội liên tục các mẫu sẽ cho ta đường cong nhiệt động, có nghĩa là tổ chức và tính chất của thép được xác định ở trên các mẫu làm nguội với các tốc độ khác nhau.



Hình 4.16. Giản đồ chuyển biến đẳng nhiệt của austenit :
a) khi đẳng nhiệt ; b) khi làm nguội liên tục thép số hiệu 40CrMn (0,44% C, 0,8% Mn, 1,04% Cr). Nung nóng đến 840°C, giữ nhiệt 5−8 ph, kích thước hạt N°7, đường kính mẫu 4 mm, tốc độ làm nguội (trong khoảng Ac_3 đến 500°C) để nhận được mactenxit > 37°/s ; để nhận được 50% mactenxit 8°/s ; tiết ra ferit < 7°/s ; nhận được tổ chức ferit−peclit < 1°/s. Thành phần của tổ chức ; ferit (F), peclit (P), bainit (B), mactenxit (M) tính theo phần trăm ; độ cứng ghi trên đường cong là độ cứng Rocoen và Vichke.

Bảng 4.5. **Ảnh hưởng các nguyên tố hợp kim đến các tính chất của thép**

Nguyên tố và mạng tinh thể của nó	Độ hòa tan trong dung dịch đặc		Ảnh hưởng đến tính chất của ferit	Ảnh hưởng đến các tính chất của austenit	Sự tạo thành cacbit và nitrit	Ảnh hưởng đến các tính chất khác
	Fe_γ	Fe_α				
1	2	3	4	5	6	7
Nhóm Al lập phương tâm mặt a = 1,04Å	1,1 tăng lên khi tăng lượng cacbon	30	Tăng mạnh độ cứng	Nâng cao các điểm A_1 và A_3 tăng lượng cacbon trong peclit–dịch điểm S sang phải ; ngăn cản hạt phát triển và làm giảm độ thấm tôi khi lượng chứa ít và ngược lại ; làm chậm chuyển biến austenit ; làm giảm tốc độ tới hạn V_t ; nâng cao mạnh điểm mactenxit M_d, làm giảm lượng austenit dư γ_d.	Nitrit AlN $\Delta Z^{O}_{298-932^{\circ}K}$ = = −144.300 + 246,5 T $\Delta Z^{O}_{932-1800^{\circ}K}$ = = −147 − 600 + 50,0 T**	Khử oxi rất nhanh, tạo thành nitrit, là nguyên tố hợp kim của thép thấm nitô. Dùng trong hợp kim từ có lực khử từ cao. Cải thiện tính chống oxi hóa của thép do tạo thành oxit sít chặt Al_2O_3 kiểu spinen (Al_2O_3, MgO). Thúc đẩy grafit hóa.
Mangan Mn, Mn_α lập phương a = 8,891 Å^{O} Mn_β lập phương a = 6,30 Å Mn_γ chính phương tâm mặt a = 3,77 Å b = 3,53 Å	Vô hạn	12	Tăng mạnh σ_b, σ_{ch}, H_c, giảm Ψ, a_K, δ, B, μ	Làm giảm tất cả các điểm tới hạn, dịch điểm S sang trái, mở rộng vùng g, tăng khuynh hướng phát triển hạt, tăng độ thấm tôi, làm chậm chuyển biến austenit, giảm $v_{v\,th}$ giảm mạnh điểm M_d (khi có 4% đến 0°C) tăng mạnh γ_d.	Hợp chất cacbit Mn_3C $\Delta Z^{O}_{298-1000^{\circ}K}$ = = −3330 − 0,26 T $\Delta Z^{O}_{1000-1193^{\circ}K}$ = = 5240 + 1,66 T. Các nitrit Mn_3N_2 ; Mn_4N ; Mn_2N ; Mn_3N_2 ; MnN	Hạn chế dòn nóng khi tăng lượng lưu huỳnh trong thép, tăng tính chống mài mòn, đặc biệt khi lượng cacbon cao (thí dụ thép số hiệu 130Mn13D giảm a_k, tăng σ_{bk} của thép ở trạng thái cân bằng và ram cao, tăng khuynh hướng dòn ram. Trong thép dụng cụ có tác dụng làm giảm biến dạng khi tôi.

Tiếp bảng 4.5

1	2	3	4	5	6	7
Silic Si ; mạng kim cương	2% vùng đóng kín	14,5 ở 20°C, 18,5 ở 1030°C	Khi lượng chứa tới 4,5% làm tăng μ, giảm H_c còn lại giống Mn	Tăng A_1 và A_2, dịch điểm S sang trái, thu hẹp vùng γ, khi 10% làm mất γ (khi tăng lượng cacbon vùng γ mở rộng) ; làm tăng khuynh hướng phát triển hạt và làm tăng mạnh độ thấm tôi, làm chậm chuyển biến austenit, giảm $v_{t,th}$, không ảnh hưởng đến điểm M_d, tăng γ_d một ít.	Nitrit Si_3N_4 $\Delta Z^{O}_{298-1680^{O}K}$ = $= -90.000 + 40,2\ T$	Khử oxi rất mạnh là nguyên tố hợp kim của thép có tính chất từ và điện đặc biệt, nâng cao tính chống mài mòn và là nguyên tố grafit hóa chủ yếu của gang tăng σ_{bk} giảm a_k và δ của thép ở trạng thái cân bằng và ram cao. Tăng khuynh hướng dòn ram.
Niken Ni, Ni_α lục phương a = 2,49Å b = 4,08Å Ni_β lập phương tâm mặt a = 3,517Å	Vô hạn	25	Tăng σ_{ch}, H, Ψ, ρ, H_c, giảm B, μ khi lượng chứa dưới 2% tăng a_k	Giảm các điểm A_1 và A_3, dịch điểm S sang phải, mở rộng vô hạn vùng γ, ảnh hưởng chủ yếu đến sự phát triển của hạt ; tăng vừa phải độ thấm tôi, làm chậm chuyển biến austenit ; giảm $v_{v,th}$ giảm điểm M_d, tăng γ_d.		Tăng độ bền của thép và đồng thời tăng cả độ dai, biến thép crom cao thành loại austenit, cùng với crom là nguyên tố hợp kim phổ biến nhất của thép kết cấu. Tăng khuynh hướng dòn ram.
Coban Co lục giác xếp chặt a = 2,507Å c = 4,072Å	Vô hạn	80	Tăng mạnh độ cứng	Tăng các điểm A_1, A_3 ; dịch điểm S sang phải ; thu hẹp vùng γ một ít ; ảnh hưởng chủ yếu đến sự phát triển hạt ; giảm độ thấm tôi ; làm nhanh chuyển biến austenit. Tăng $v_{v,th}$; tăng M_d ; giảm γ_d.		Dùng trong thép gió để nâng cao tính cứng nóng. Dùng trong các hợp kim từ với lực khử từ cao. Làm giảm khuynh hướng quá nung của thép và thúc đẩy nhỏ hạt. Tăng tính bền nóng của thép, tăng khuynh hướng thoát cacbon.

Tiếp bảng 4.5

1	2	3	4	5	6	7
Vanadi V lập phương tâm khối a = 3,034 Å	1,25	Có hạn (- 28)	Tăng độ cứng	Tăng các điểm A_1 và A_3 ; dịch điểm S sang phải ; thu hẹp vùng γ và làm mất nó ; cản trở sự phát triển của hạt ôstenit, làm chậm chuyển biến austenit ; giảm $v_{v.th}$ tạo ra hai vùng kém ổn định nhất của austenit 700°C và 500°C ; tăng độ thấm tôi ; giảm điểm M_d.	Pha xen kẽ VC ; lập phương điện tâm, a = 4,13 $\Delta Z^{O}_{298-2000^{O}K} = -12.500 + 1,6\,T$ Nitrit TiN $\Delta Z^{O}_{298-1600^{O}K} = -41.650 + 19,85\,T$	Tăng tính ổn định ram ; là nguyên tố hợp kim chủ yếu của thép kết cấu. Cải thiện tính hàn của thép ; cản trở sự phát triển của hạt trong mối hàn. Các cacbit của vanadi rất ổn định.
Titan Ti ; lục giác xếp chặt a = 2,950 Å $\frac{c}{a} = 1,61$	0,75	Có hạn (- 22)		Tăng mạnh các điểm A_1 và A_3 ; dịch mạnh điểm S sang phải thu hẹp vùng γ khi 1% đóng kín nó ; cản trở sự phát triển của hạt ; nâng cao tính thấm tôi ở dưới dạng hòa tan ; (cacbit làm giảm độ thấm tôi, làm giảm $v_{t.th}$).	Pha xen kẽ TiC lập phương điện tâm a = 4,32 A^{O} $\Delta Z^{O}_{298-1150^{O}K} = -43750 + 2,41\,T$ Nitrit - VN $\Delta Z^{O}_{298-1155^{O}K} = -80250 + 22,20\,T$	Liên kết cacbon thành cacbit làm giảm độ cứng mactenxit và làm giảm độ thấm tôi trong thép crom trung bình, ngăn ngừa tạo thành austenit sau khi tôi trong thép crom cao, thép với 2% Ti và 0,5% C không tôi được. Ngăn ngừa ăn mòn tinh giới.
Đồng Cu ; lập phương điện tâm a = 3,608 Å	5,9 ở 820°C tới 21 ở 1100°C	3,5 ở 820°C; 0,4 ở 20°C		Làm giảm điểm A_3 ; nâng cao độ bền ; nâng cao độ thấm tôi.		Làm tăng tính ổn định chống ăn mòn trong không khí ; tăng lực khử từ trong các hợp kim từ, làm giảm nhiệt độ bắt đầu grafit hóa trong gang. Thép đồng có khuynh hướng hóa cứng phân tán.

Tiếp bảng 4.5

1	2	3	4	5	6	7
Crom Cr lập phương thể tâm $a = 2,88\text{Å}$	12,8 (20 khi có 0,5% C)	Vô hạn	Tăng ρ, H_c, σ_{bk}, σ_{ch}, H_m, Ψ, giảm a_K, α, β, μ	Giảm điểm A_3 và tăng A_1 : dịch điểm S sang phải ; thu hẹp vùng γ, đóng kín vùng γ ở 13% và làm mất nó ở ~ 19%, cản trở sự phát triển của hạt : làm tăng mạnh tính thấm tôi ; các vùng kém ổn định nhất của austenit 700-500°C và 400-250°C ; giảm $v_{v.th}$; giảm điểm M_d ; tăng γ_d.	Hợp chất cacbit $Cr_{23}C_6$ lập phương diện tâm a = 10,63 Å 1/6 $Cr_{23}C_6$ $\Delta Z^{O}_{298-1673^{O}K}$ = -16380 - 1,51T, Cr_7C_3 - lục phương ; a = 4,53 Å ; c = 13,98 Å các nitrit CrN và Cr_2N. $\Delta Z^{O}_{218-180^{O}K}$ = = −25.500 + 16,7 T $\Delta Z^{O}_{298-8000^{O}K}$ = = − 22000 + 12,0 T	Hòa tan trong xementit khi thay thế nguyên tử sắt ; tăng tính ổn định chống ăn mòn (khi lượng chứa > 1%) và oxi hóa ; tăng tính chống mài mòn ; tăng tính chống giảm độ bền ở nhiệt độ cao.
Molipden Mo lập phương thể tâm $a = 3,14\text{Å}$	3,5	5 ở 20oC, 38 ở 1450°C	Tăng H_c, σ_{bk}, σ_{ch} giảm α, β, μ ; không ảnh hưởng đến Ψ	Tăng điểm A_1 ; giả m A_3 : dịch điểm S sang phải ; thu hẹp vùng γ, đóng kín nó ở 2% và làm mất nó ở 7% ; cản trở sự phát triển của hạt ; tăng độ thấm tôi của vùng austenit kém ổn định nhất ~ 600°C và 350°C ; giảm mạnh $v_{v.th}$ giảm M_d ; tăng một ít γ_d.	Pha xen kẽ Mo_2C ; hợp chất cacbit Fe_3Mo_3C ; Mo_2C - lục phương a = 2,993 Å ; $\frac{c}{a}$ = 1,58 Fe_2Mo_3C lập phương a = 11,05 Å các nitrit MoN và Mo_2N.	Tăng nhiệt độ phát triển hạt austenit ; giảm khuynh hướng dòn ram của thép ; tăng tính cứng nóng ; là nguyên tố hợp kim của thép gió và thép kết cấu ; trong thép gió làm tăng tính nhạy cảm thoát cacbon của nó.
Vonfram W ; lập phương thể tâm $a = 3,15\text{Å}$	1,5	6 ở 20oC, 32 ở 1540°C	Tăng σ_{bk}, σ_{ch}, H_n ; giảm Ψ, α, H_c	Tăng các điểm A_1 và A_3 ; dịch điểm S sang trái ; thu hẹp vùng γ và làm mất nó ở 6,5% cản trở sự phát triển của hạt austenit ; tăng mạnh tính thấm tôi vùng kém ổn định nhất của austenit 400°C và ~ 100°C ; giảm $v_{v.th}$ giảm điểm M_d ; tăng một ít γ_d.	Pha xen kẽ W_2C, WC và hợp chất cacbit Fe_2W_2C ; W_2C lục phương a = 2,986 Å , $\frac{c}{a}$ = 1,578 WC - lập phương thể tâm ; a = 2,901 Å ; Fe_3W_3C - lập phương a = 11,01 Å	Tăng mạnh tính cứng, nóng là nguyên tố hợp kim chủ yếu của thép gió ; hợp kim 6 - 32% W (không có cacbon) có khuynh hướng hóa cứng phân tán. Cản trở sự phát triển của dòn ram.

Trên các đường cong nguội trong hệ toạ độ nhiệt độ – thời gian đánh dấu các điểm tạo thành các tổ chức mới của sự phân hóa austenit khoảng trình bày của vùng trên và dưới sự tạo thành tổ chức mới, tổ chức này được qui ước là trustit kim (sự tạo thành dạng hạt của tổ chức này đã nói ở trên).

Làm nguội mẫu với tốc độ khác nhau và sau đó nghiên cứu tổ chức tế vi và cơ lý tính, cho phép xác định một cách chính xác giới hạn của chuyển biến trong các vùng austenit kém ổn định nhất.

Các giản đồ chuyển biến của austenit khi làm nguội liên tục có ứng dụng rất rộng rãi và đã được xây dựng cho số lượng lớn các số hiệu thép (hình 4.16b).

4.2.2. ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC NGUYÊN TỐ HỢP KIM ĐẾN TÍNH CHẤT CỦA THÉP

Các nguyên tố hợp kim của thép và gang (Mn, Si, Cr, Ni, Mo, V, W và các nguyên tố khác), ngoài ảnh hưởng chủ yếu đến sự tạo thành các tổ chức khác nhau, còn đồng thời gây ra ảnh hưởng đến cơ lý tính và các tính chất công nghệ (xem bảng 4.5).

4.2.2.1. Độ hạt của thép

Hạt austenit ban đầu – hạt nhận được lúc kết thúc chuyển biến peclit sang austenit, nghĩa là vào lúc tạo thành austenit trong vùng trên nhiệt độ tới hạn.

Hạt thực tế – hạt nhận được trong các điều kiện nung nóng cụ thể do kết quả của dạng nhiệt luyện nào đó của chi tiết.

Độ lớn của hạt thực tế ảnh hưởng đến cơ tính và tính công nghệ, thép có hạt thực tế nhỏ sẽ có tính dẻo cao hơn, độ dai và giới hạn bền lâu lớn. Thép có tính gia công dễ khi gia công tinh, nhưng khó khi gia công cắt thô. *Hạt đầu tiên* (bản chất, di truyền) là hạt nhận được do kết quả của cách thử công nghệ xác định. Kích thước đầu tiên của hạt là khuynh hướng công nghệ đặc trưng của thép đối với sự phát triển của hạt ở nhiệt độ xác định. Theo kích thước – độ lớn của hạt ban đầu nhận được khi thử công nghệ, thép được qui ước chia ra hạt lớn (cấp 1–4) và nhỏ (từ cấp 5 và lớn hơn) (hình 4.17 và 4.18).

Nhiều tính công nghệ phụ thuộc vào độ lớn của hạt đầu tiên cùng với giảm độ lớn hạt (cấp 5) độ thấm thấu tôi giảm đi khi khả năng tôi của bề mặt kém đi ; giảm ứng suất bền trong và biến dạng do đó khó xảy ra nứt khi tôi và mài, giảm khuynh hướng dòn ram và hóa già của thép.

Các phương pháp xác định độ lớn hạt austenit

A – Đối với thép trước cùng tích kích thước hạt được xác định theo mạng cacbit tạo thành theo biên giới hạt austenit khi thấm cacbon.

Thấm cacbon mẫu đường kính tròn 15–30 mm hay phẳng 15–30 mm) ở 930 ± 10°C trong chất thấm cacbon hoạt tính với khoảng thời gian 8 giờ để được chiều sâu lớp thấm cacbon ≥ 1,0 mm, rồi làm nguội chậm tiếp theo với tốc độ < 100°/h cho thép cacbon còn thép hợp kim < 50°/h.

Tẩm thực mẫu nhẵn bằng :

a) dung dịch natri nitrat sôi ;

b) dung dịch 4% axit nitric trong cồn etylic ;

c) dung dịch 5% axit picric trong cồn etylic.

B – Đối với thép sau cùng tích. Kích thước hạt được xác định theo mạng cacbit nhận được sau khi nung nóng mẫu đến 930 ± 10°C giữ nhiệt trong 3 giờ và làm nguội 80 – 100°/h đến 600°C. Tẩm thực mẫu nhẵn giống như dùng khi thấm cacbon.

C – Đối với thép kết cấu, dụng cụ cacbon và hợp kim, kích thước hạt được xác định theo mạng oxit tạo thành bằng phương pháp tẩm thực nhiệt hay oxi hóa mẫu nhẵn tế vi.

1. Phương pháp tẩm thực nhiệt – mẫu nhẵn đã mài bóng được nung nóng trong lò có khí quyển bảo vệ, hay là trong lò dùng lớp phủ bảo vệ (phủ phoi gang xám, hàn the, bột than gỗ v.v...) hay trong lò muối có cacbonat Na_2CO_3, hàn the và các chất khác ở 930 ± 10°C trong 3 giờ, tẩm thực nhiệt tiếp theo trong các muối nóng chảy với thành phần $\frac{1}{3}$ $BaCl_2$ + $\frac{1}{3}$ NaCl + $\frac{1}{3}$ $CaCl_2$ ở 930°C trong 2 – 5 phút. Làm nguội mẫu trong dầu hỏa.

Trong trường hợp mạng thể hiện không rõ mẫu được tẩm thực thêm bằng dung dịch 4% axit picric trong cồn etylic.

2. Phương pháp oxi hóa. Mẫu nhẵn được nung nóng trong môi trường oxi hóa của lò ở 930° ± 10°C trong 3 giờ. Sau khi làm nguội mẫu được mài thô, mài nhẵn rồi chịu tẩm thực bằng dung dịch 15% axit clohidic trong cồn etylic trong 2 – 10 phút.

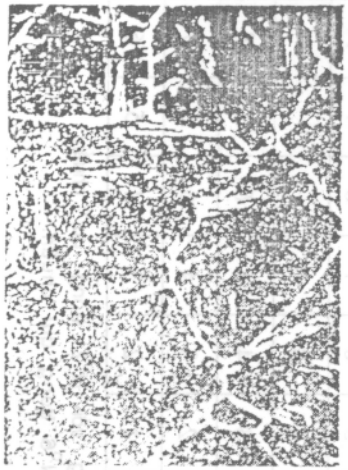
Kích thước hạt được xác định bằng kính hiển vi dưới độ phóng đại 100 bằng cách so sánh hạt thấy được trên mẫu với ảnh chuẩn các hạt (hình 4.17 và 4.18).

Ngoài các phương pháp quy chuẩn đã nêu có thể dùng cả các phương pháp khác để xác định độ lớn hạt, thí dụ :

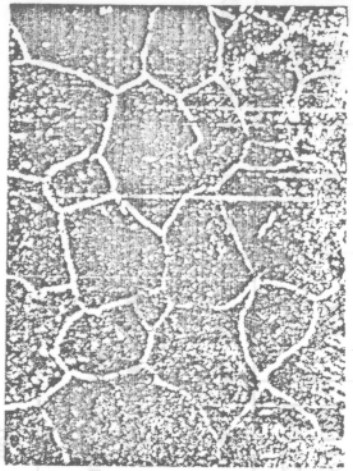
a) ủ làm nguội chậm tiếp theo cho thép sau cùng tích, mạng xementit phân bố theo biên giới hạt austenit, thường hóa cho thép trước cùng tích – mạng ferit phân bố xung quanh hạt austenit cũ – hay là tôi không hoàn toàn – màng mỏng ferit bao quanh hạt mactenxit tôi với tốc độ thấp hơn tốc độ tới hạn đối với thép có lượng cacbon bất kỳ – vỏ mỏng trustit bao quanh hạt mactenxit.

b) ủ đẳng nhiệt cho thép cacbon cao. Nung nóng đến nhiệt độ quy định của sự phát triển hạt austenit, làm nguội nhanh đến 700°C và giữ nhiệt ở nhiệt độ này. Các sản phẩm của sự phân hóa được tiết ra theo biên giới hạt austenit.

e) tẩm thực đặc biệt (thuốc thử : 1g axit picric + 5 mg axit clohidric đậm đặc trong 100 mg cồn etilic) thép tôi ra mactenxit.



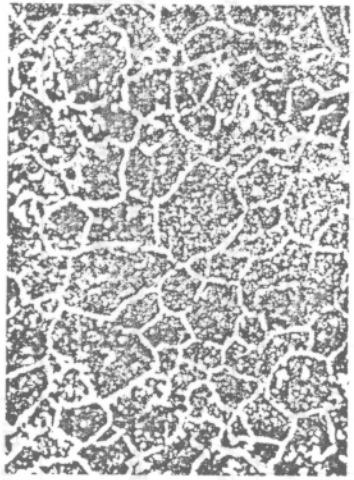
1



2



3

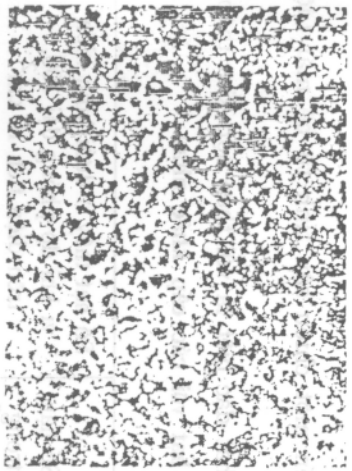


4

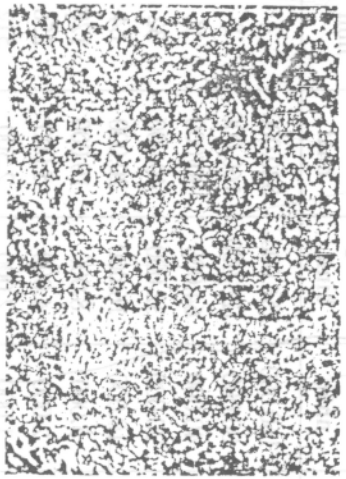
Hình 4.17. Thang độ lớn hạt austenit cấp 1–4 x 100 thuộc hạt lớn



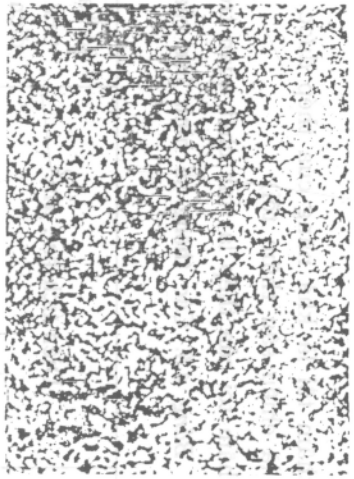
5



6



7



8

Hình 4.18. Thang độ lớn hạt austenit ; cấp 5–8 x 100 thuộc hạt nhỏ.

4.3. ĐỘ THẤM TÔI CỦA THÉP

Độ thấm tôi là khả năng của thép được tôi đến một chiều sâu tính từ bề mặt (độ thấm tôi là chiều sâu thấm tôi).

Độ thấm tôi của thép là tính chất quan trọng nhất đặc biệt là với thép hợp kim thấp.

Bảng 4.6. **Các thông số hình học của các hạt với các cấp khác nhau**

Số thứ tự hạt N°	Diện tích hạt, μm^2			Số hạt trên diện tích 1 mm^2	Số hạt trong 1 mm^3	Số hạt thấy ở dưới kính hiển vi khi độ phóng đại 100, trên diện tích 10 cm^2		
	Nhỏ nhất	Trung bình	Lớn nhất			Nhỏ nhất	Trung bình	Lớn nhất
-1	160.000	256.000	320.000	4	5,6	0,28	0,38	0,57
0	80.000	128.000	160.000	8	16	0,56	0,75	1,2
1	40.000	64.000	80/000	16	45	1	1,5	2,4
2	20.000	32.000	40.000	32	128	2	3	5
3	10.000	16.000	20.000	64	360	4	6	10
4	5.000	8.000	10.000	128	1.020	8	12	20
5	2.000	4.000	5.000	256	2.900	16	24	40
6	1.000	2.000	2.500	512	8.200	32	48	80
7	600	1.000	1.250	1024	23.000	64	96	160
8	300	500	600	2048	65.000	128	192	320
9	150	250	300	4096	184.000	256	384	640
10	75	125	150	8250	520.000	512	758	1280

* Khi trong tổ chức tế vi các hạt của hai cấp thì ký hiệu được ghi cả hai cấp, trong đó số đầu tiên chỉ rõ độ lớn tối đa của các số hạt.

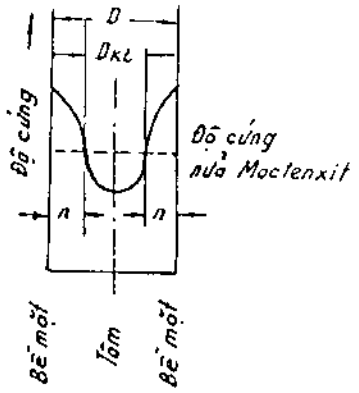
Bảng 4.7. **Cấp hạt ở các độ phóng đại và các cấp hạt tương ứng với chúng khi độ phóng đại tiêu chuẩn là 100**

Độ phóng đại	Cấp hạt											
100	−1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50	1	2	3	4	5	6	7	8				
200					1	2	3	4	5	6	7	8
300						1	2	3	4	5	6	7
400							1	2	3	4	5	6

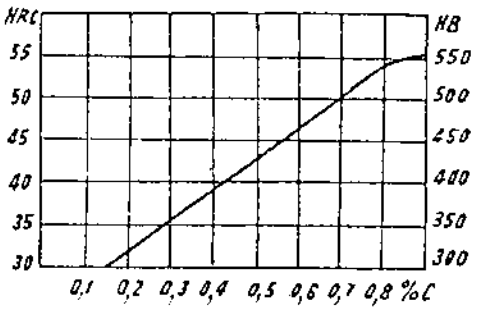
Ghi chú : Khi dùng độ phóng đại 50, N°4 tương đương với N°2 trong qui chuẩn;
Khi độ phóng đại 400 N°2 tương đương với N°6 trong qui chuẩn.

Chiều sâu thấm tôi (vùng được tôi) là chiều dày từ bề mặt đến lớp có tổ chức nửa mactenxit (50% mactenxit và 50% trustit hình 4.19 và 4.20). Đánh giá tính thấm tôi của một số số hiệu thép hợp kim và hợp kim cao khi nó có vùng dưới kém ổn định nhất của austenit được tính theo tổ chức trustit kim.

Độ thấm tôi phụ thuộc vào các nguyên tố hợp kim trong thép, độ lớn hạt, kích thước chi tiết và nhiệt độ tôi.



Hình 4.19. Sự phân bố độ cứng theo tiết diện mẫu (chi tiết được tôi).



Hình 4.20. Độ cứng của tổ chức nửa mactenxit phụ thuộc vào lượng cacbon trong thép.

Tốc độ phân hóa của austenit trong vùng kém ổn định nhất (500 – 600°C xem hình 4.10) là yếu tố vật lý xác định chiều sâu thấm tôi.

Đường kính tới hạn D_{th} là đường kính, trong đó chi tiết được tôi thấu suốt qua hệ số tăng độ thấm tôi của thép $K_{t,t}$ là tỉ lệ của đường kính tới hạn của thép chứa nguyên tố hợp kim với đường kính tới hạn của nền cơ bản là thép không chứa nguyên tố hợp kim (theo V. S. Meskin, I. P. Kov).

$$K_{t,t,Cr} = 1,0 + 2,25\ Cr$$

đối với silic (nhỏ hơn 2,5%) :

$$K_{t,t,Si} = 1,0 + 0,65\ Si \quad (\text{khi } Si \leq 1\%) ;$$

$$K_{t,t,Si} = 1,65 \quad (\text{khi } Si > 1\%) ;$$

đối với mangan (nhỏ hơn 1,6%) :

$$K_{t,t,Mo} = 1,0 + 5,0\ Mn \quad (\text{ở } t^{O}_{t} = 830^{O}C) ;$$

$$K_{t,t,Mo} = 1,0 + 5,5\ Mn \quad (\text{ở } t^{O}_{t} = 870^{O}C)$$

Trong đó Cr, Si, Mn – lượng các nguyên tố này trong thép tính ra % ;

t^{O}_{t} – nhiệt độ tôi.

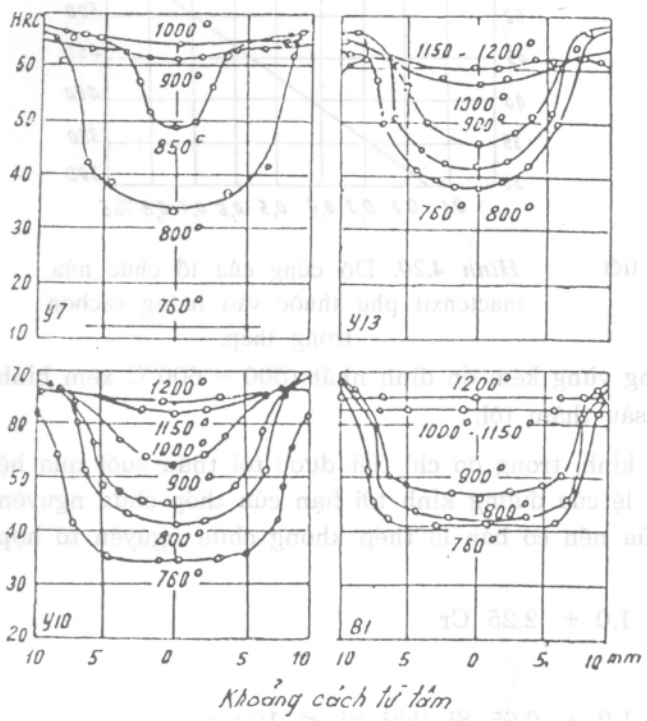
Các phương pháp xác định độ thấm tôi

a) Xác định bằng thực nghiệm độ thấm tôi bằng cách đo độ cứng trong tiết diện

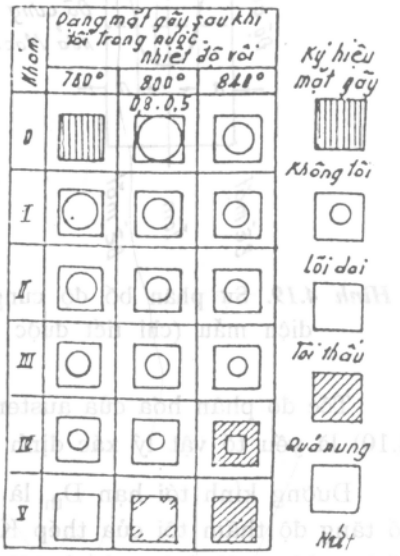
của mẫu tôi (hình 4.21) ; giảm độ cứng trong lớp bề mặt của thép với số hiệu CD130 và 100W, khi tăng nhiệt độ được giải thích do ảnh hưởng của austenit dư.

b) Theo mặt gãy mẫu tôi : thang mẫu để đánh giá độ thấm tôi theo mặt gãy các mẫu tôi trong nước 760, 800 và 840°C đã được qui định cho thép dụng cụ cacbon.

Để đánh giá độ thấm tôi của thép khi rót, mẻ nấu đem đúc thành thỏi đúc kiểm tra có trọng lượng khoảng 10 kg, đồng thời lấy mẫu để phân tích hóa học. Người ta rèn hay cán thỏi đúc thành mẫu có tiết diện vuông, kích thước 20 mm với dụng sai ± 15 mm. Người ta chặt phần giữa của mẫu ra làm ba mẫu nhỏ có chiều dài tới 100 mm, trên mỗi mẫu lại khía rãnh sâu ở giữa 3 – 5 mm.



Hình 4.21. Độ thấm tôi theo tiết diện của các thép dụng cụ phổ biến nhất (tôi trong các môi trường khác nhau tùy từng số hiệu).



Hình 4.22. Thang để đánh giá độ thấm tôi của thép dụng cụ cacbon. Thời gian giữ nhiệt sau khi nung nóng 20 phút ở 760 và 800°C ; 15 phút ở 840°C ; nhóm (cấp) được định theo chiều sâu lớp thấm tôi tính ra mm (các số trên hình vẽ của mặt gãy các mẫu tôi ở 800°C).

Mẫu rèn trước khi tôi đem ủ ở 730 – 750°C, giữ nhiệt 2 giờ sau khi thấu nhiệt tiếp theo làm nguội chậm cùng lò đến 650°C trong 2 – 4 giờ.

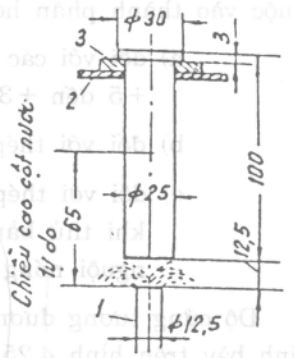
Thử độ thấm tôi ngoài mẫu vuông còn có thể bằng mẫu tròn với đường kính 21–23 mm được cán ra từ thỏi đúc thí nghiệm. Chiều sâu rãnh khía của mẫu tròn là 5–7 mm.

Mẫu vuông có thể chế tạo bằng cách cắt hay phay từ phôi, thanh cán hoặc rèn.

Thang đánh giá độ thấm tôi được trình bày trên hình 4.22.

Các dao kích thước trung bình, ngoài loại doa chốt, các tarô d ≤ 14 mm, khoan d ≤ 20 mm được đánh giá theo nhóm I ; các lưỡi doa kích thước đủ loại trừ doa chốt, khoan d ≤ 30 mm, tarô d = 25 mm theo nhóm II, khoan d = 38 mm, tarô các kích thước, doa chốt, bàn ren tròn theo nhóm III, khoan kích thước đủ loại, bàn ren tròn kích thước đủ loại doa chốt theo nhóm IV, khoan và bàn ren tròn kích thước lớn theo nhóm V.

c) Để xác định độ thấm tôi của thép kết cấu cacbon và thép kết cấu hợp kim trung bình, trong thực tế ở các nhà máy chế tạo cơ khí phương pháp tôi đầu mút rất phổ biến.

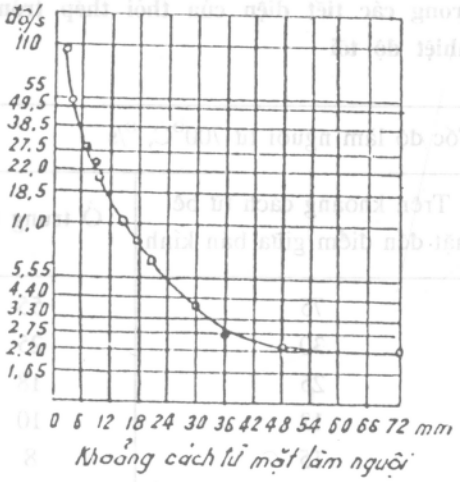


Hình 4.23. Thiết bị để thử độ thấm tôi mẫu : đường kính mẫu 25 mm ; đường kính tai 30 mm ; đường kính mẫu 20 mm ; đường kính tai 25 mm ; đường kính mẫu 12 mm ; đường kính tai 17 mm. 1- đầu phun, 2- giá treo, 3- đệm.

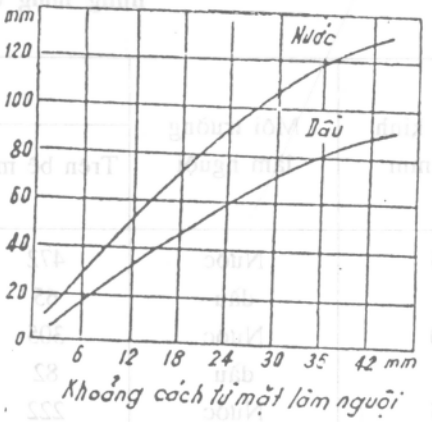
Xác định độ thấm tôi bằng phương pháp đầu mút được tiến hành trên các mẫu đường kính 25 mm dài 100 mm, tôi nửa ở đầu mút rồi tiếp theo đo độ cứng trên chiều dài mẫu qua những đoạn khác nhau bắt đầu từ đầu tôi (hình 4.23 và 4.24).

1. Chiều cao của dòng nước tự do bằng 65 mm là thích hợp, có thể tăng độ lớn này tới 130 mm mà không có ảnh hưởng đặc biệt đến kết quả.

2. Thay đổi đường kính dòng trong giới hạn từ 6 đến 15 mm, không gây ảnh hưởng đến kết quả thử.



Hình 4.24. Tốc độ làm nguội khi tôi đầu mút phụ thuộc vào khoảng cách đến đầu mút làm nguội của mẫu.



Hình 4.25. Độ cứng tương đương của lõi các chi tiết thép tròn và khoảng cách từ mút làm nguội phụ thuộc vào môi trường làm nguội khi tôi

3. Thay đổi chiều cao làm việc của tia (khoảng cách từ vòi phun đến đầu mút của mẫu khi đường kính tia 12,5 mm và chiều cao tự do của nó bằng 65 mm) trong giới hạn 6 – 20 mm thực tế là không ảnh hưởng đến kết quả thử. 4. Nhiệt độ của nước phụ thuộc vào thành phần hóa học của thép có thể thay đổi trong giới hạn.

a) đối với các số hiệu thép không hợp kim ít cacbon và cacbon trung bình từ +5 đến +30°C.

b) đối với thép 45, từ +5 đến 40°C.

e) đối với thép hợp kim ít cacbon loại 12CrNi3A, từ +5 đến +64°C. Thực tế khi thử bằng loạt độ thấm tôi của thép, không cho phép môi trường làm nguội nóng quá +30°C.

Độ cứng tương đương của lõi trong mẫu tròn phụ thuộc vào môi trường làm nguội, trình bày trên hình 4.25.

Bảng 4.8. **Các điều kiện thích hợp làm nguội mẫu**

Đường kính mẫu, mm	Đường kính vòi phun, mm	Chiều cao tia tự do, mm	Khoảng cách từ vòi phun đến mút, mm
25	12,5	65	12,5
20	12,5	65	12,5
12	6	100	10
6	3	200	6

Bảng 4.9. **Tốc độ làm nguội (trung bình) trong các tiết diện của thỏi thép tròn nung nóng đến nhiệt độ tôi**

Đường kính mẫu, mm	Môi trường làm nguội	Tốc độ làm nguội từ 700°C, °/s		
		Trên bề mặt	Trên khoảng cách từ bề mặt đến điểm giữa bán kính	Ở trung tâm
25	Nước	472	75	55
	dầu	65	30	25
50	Nước	305	25	18
	dầu	82	13	10
75	Nước	222	15	8
	dầu	17	6,5	5
100	Nước	8	7,5	4,5
	dầu	5,5	3,5	3

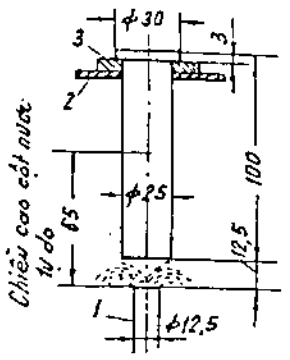
Mẫu vuông có thể chế tạo bằng cách cắt hay phay từ phôi, thanh cán hoặc rèn.

Thang đánh giá độ thấm tôi được trình bày trên hình 4.22.

Các dao kích thước trung bình, ngoài loại doa chốt, các tarô d ≤ 14 mm, khoan d ≤ 20 mm được đánh giá theo nhóm I ; các lưỡi doa kích thước đủ loại trừ doa chốt, khoan d ≤ 30 mm, tarô d = 25 mm theo nhóm II, khoan d = 38 mm, tarô các kích thước, doa chốt, bàn ren tròn theo nhóm III, khoan kích thước đủ loại, bàn ren tròn kích thước đủ loại doa chốt theo nhóm IV, khoan và bàn ren tròn kích thước lớn theo nhóm V.

c) Để xác định độ thấm tôi của thép kết cấu cacbon và thép kết cấu hợp kim trung bình, trong thực tế ở các nhà máy chế tạo cơ khí phương pháp tôi đầu mút rất phổ biến.

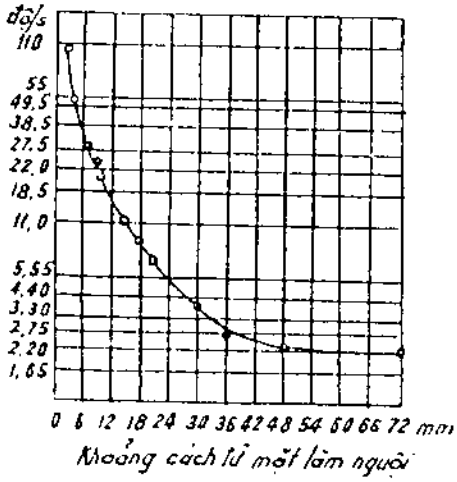
Xác định độ thấm tôi bằng phương pháp đầu mút được tiến hành trên các mẫu đường kính 25 mm dài 100 mm, tôi nửa ở đầu mút rồi tiếp theo đo độ cứng trên chiều dài mẫu qua những đoạn khác nhau bắt đầu từ đầu tôi (hình 4.23 và 4.24).



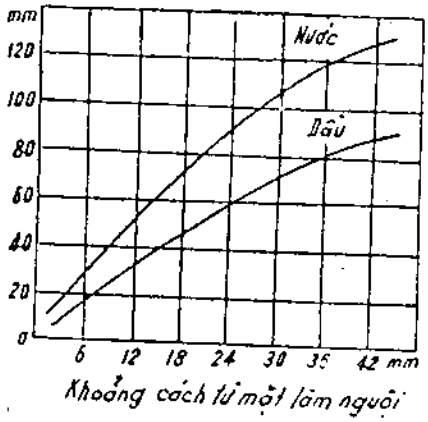
Hình 4.23. Thiết bị để thử độ thấm tôi mẫu : đường kính mẫu 25 mm ; đường kính tai 30 mm ; đường kính mẫu 20 mm ; đường kính tai 25 mm ; đường kính mẫu 12 mm ; đường kính tai 17 mm. 1- đầu phun, 2- giá treo, 3- đệm.

1. Chiều cao của dòng nước tự do bằng 65 mm là thích hợp, có thể tăng độ lớn này tới 130 mm mà không có ảnh hưởng đặc biệt đến kết quả.

2. Thay đổi đường kính dòng trong giới hạn từ 6 đến 15 mm, không gây ảnh hưởng đến kết quả thử.



Hình 4.24. Tốc độ làm nguội khi tôi đầu mút phụ thuộc vào khoảng cách đến đầu mút làm nguội của mẫu.



Hình 4.25. Độ cứng tương đương của lõi các chi tiết thép tròn và khoảng cách từ mút làm nguội phụ thuộc vào môi trường làm nguội khi tôi

Bảng 4.10. **Tốc độ làm nguội (trung bình) để bảo đảm được độ cứng HRC 50**

Số hiệu thép	Tốc độ làm nguội từ 700°C, °/s	Khoảng cách (mm) từ đầu mút làm nguội của mẫu d = 25 mm
Thép 35	87	3,5
Thép 45	50	4,5
30Cr	20	10,5
40Cr	16	12,0
40CrNi	10	16,0
20Cr3	2,5	50,0
12CrNi3	10	16,0

5. Thời gian tổng cộng để nung nóng mẫu ở trong lò có nhiệt độ tôi thích hợp và bảo đảm thấu nhiệt mẫu có đường kính 25 mm được xác định bằng 15 phút (thời gian chuyển mẫu từ lò sang thiết bị không quá 5 giây).

6. Cùng với mục đích tránh ảnh hưởng thoát cacbon, khi tiến hành thử hàng loạt chiều sâu lớp mài bằng 0,2 mm là được (mài khi làm nguội nhanh từ hai đầu của mẫu, đo độ cứng theo HRC qua từng đoạn 1,5 mm, tải trọng 150 kG ; tốt hơn là nung nóng mẫu ở trong lò có khí quyển bảo vệ (bảo vệ đầu mút của mẫu khỏi bị oxi hóa và thoát cacbon là bắt buộc).

7. Nhiệt luyện sơ bộ thực tế là không gây ảnh hưởng kết quả thử.

Độ thấm tôi của thép được biểu diễn bằng số thấm tôi l_c, ví dụ đối với số hiệu thép đã cho độ cứng HRC 45 nhận được các mút làm nguội khoảng 10,5 mm ; độ thấm tôi biểu thị bằng số $10{,}5_{45}$.

Trong cùng một số hiệu thép lượng cacbon và nguyên tố hợp kim không đồng nhất ở các mẻ nấu khác nhau.

Độ thấm tôi của thép phụ thuộc vào lượng cacbon và nguyên tố hợp kim do đó với cùng một số hiệu thép, nhưng đối với các mẻ khác nhau cũng khác nhau. Độ thấm tôi của số hiệu thép này thường được biểu thị bằng dải có giá trị lớn nhất và bé nhất, xác định từ một số vô cùng lớn các mẻ.

Bảng 4.11. **Nhiệt độ nung nóng để tôi khi thử độ thấm tôi**

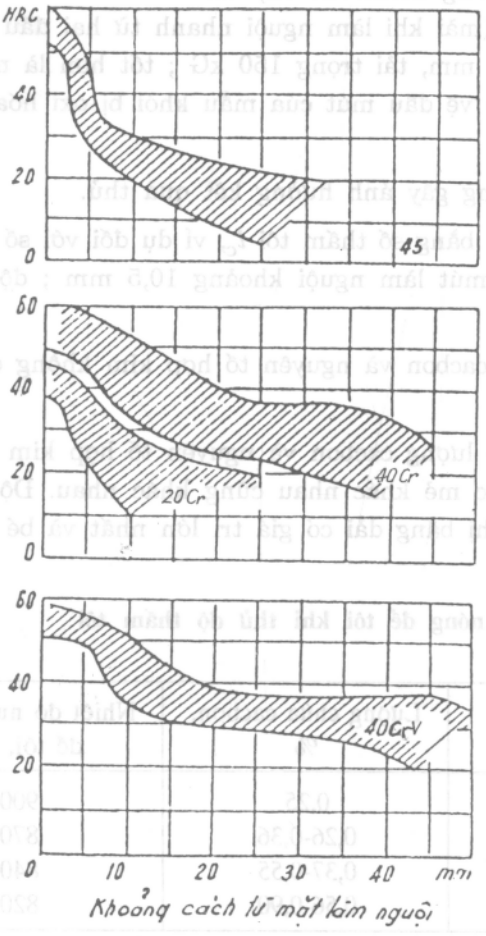
Nhóm thép	Lượng chứa cacbon, %	Nhiệt độ nung nóng để tôi, 0°C
Cacbon, mangan, crom, molipden, crom–molipden, crom–niken (khi lượng chứa nhỏ hơn 1,25% Cr và 2,0% Ni) và niken–molipden	0,25	900
	0,26-0,36	870
	0,37-0,55	840
	0,56-0,90	820

Tiếp bảng 4.11

Nhóm thép	Lượng chứa cacbon, %	Nhiệt độ nung nóng để tôi, $0^{o}C$
Silie, siliemangen, crom−siliemangan, cromvanađi, crommangan vanađi, crom−molipđen−vanađi	0,15-0,24 0,25-0,44 0,45-0,65	900 880 870
Crommangantitan Crômmanganmolipđen	< 0,25	900
Niken, cromniken (khi lượng chứa lớn hơn 1,25% Cr và hơn 2,0% Ni) và crom−nikenmolipđen	< 0,25	840

Ghi chú : đối với thép thấm cacbon nhiệt độ là $900^{o}C$.

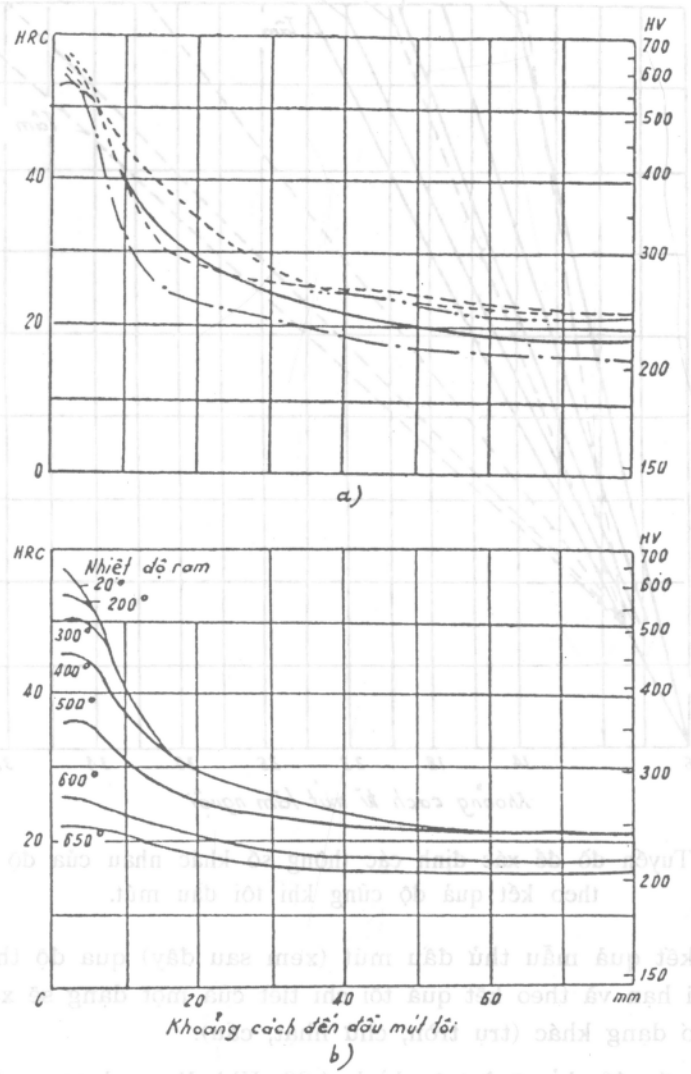
Trên hình 4.26 và 4.27 trình bày các dãi thấm tôi của thép số hiệu thép 45, 20Cr, 40Cr, 40CrV và 35SiMn. Độ thấm tôi sau khi ram mới là điều đáng quan tâm. Các đường cong thấm tôi trình bày trên hình 4.27b.



Hình 4.26. Các dãi thấm tôi thép số hiệu C45 (thường hóa $850^{o}C$, tôi $830^{o}C$, xây dựng trên cơ sở 240 mẻ) 20Cr (thường hóa $900^{o}C$, tôi $860^{o}C$, 110 mẻ) ; 40Cr (thường hóa $860^{o}C$, 55 mẻ). Đối với tất cả số hiệu thép cấp hạt 8−10.

Thấy rằng, giữa sự phân bố độ cứng theo chiều dài mẫu trụ tròn khi tôi đầu mút và sự phân bố độ cứng theo tiết diện của nó có mối quan hệ xác định. Tuyến đồ do IU. A. Geller và E. I. Malinkina, đề xuất cho phép xác định về mặt số lượng sự phụ thuộc này trong các tiết diện với đường kính tới 70 – 90 mm, cũng xác định đường kính tới hạn, chiều sâu lớp mactenxit hay lớp có độ cứng qui định khác bất kỳ và tiến hành chọn kích thước phôi với chiều sâu thấm tôi cần thiết.

d) Tính toán độ thấm tôi theo tuyến đồ. Trên hình 4.28 trình bày tuyến đồ, từ đó có thể xác định :

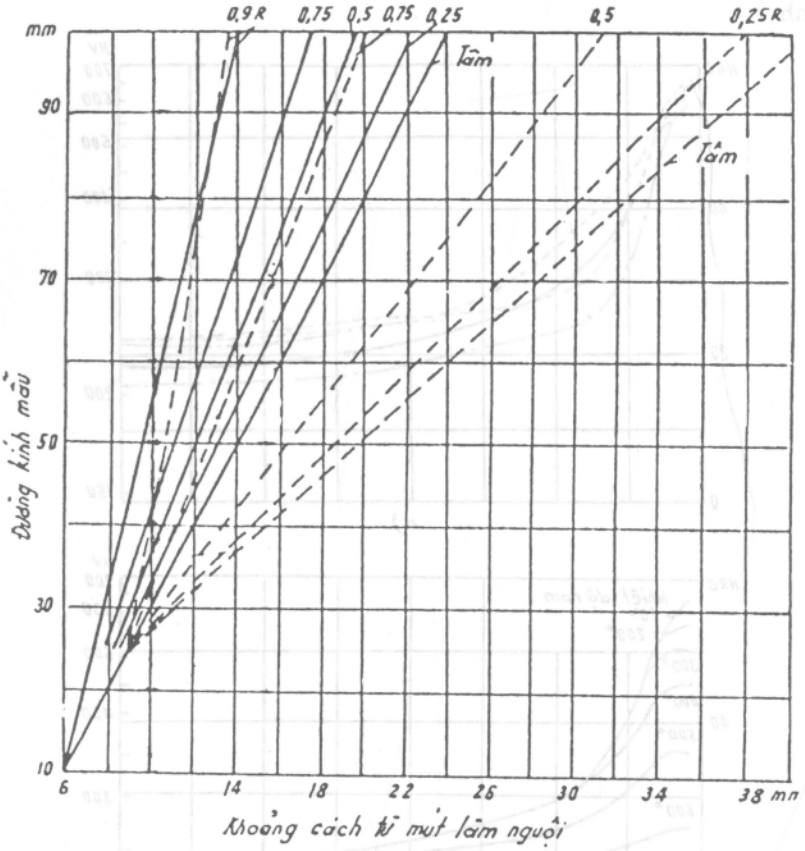


Hình 4.27. Dãi thấm tôi thép số hiệu 35SiMn :
a) các đường cong thấm tôi của năm mẫu có lượng chứa nguyên tố hợp kim khác nhau trong giới hạn của qui chuẩn đối với số hiệu thép đã cho ;
b) các đường cong thấm tôi sau khi ram ở các nhiệt độ khác nhau (0,38% C ; 1,05% S1 ; 1,14% Mn) tôi 860°C.

1. Kích thước lớn nhất của chi tiết thép được tôi thấu để tổ chức mactenxit hay trustit (50% tổ chức mactenxit).

2. Chọn môi trường làm nguội để tôi chi tiết thép có kích thước xác định làm bằng số hiệu thép đã chọn.

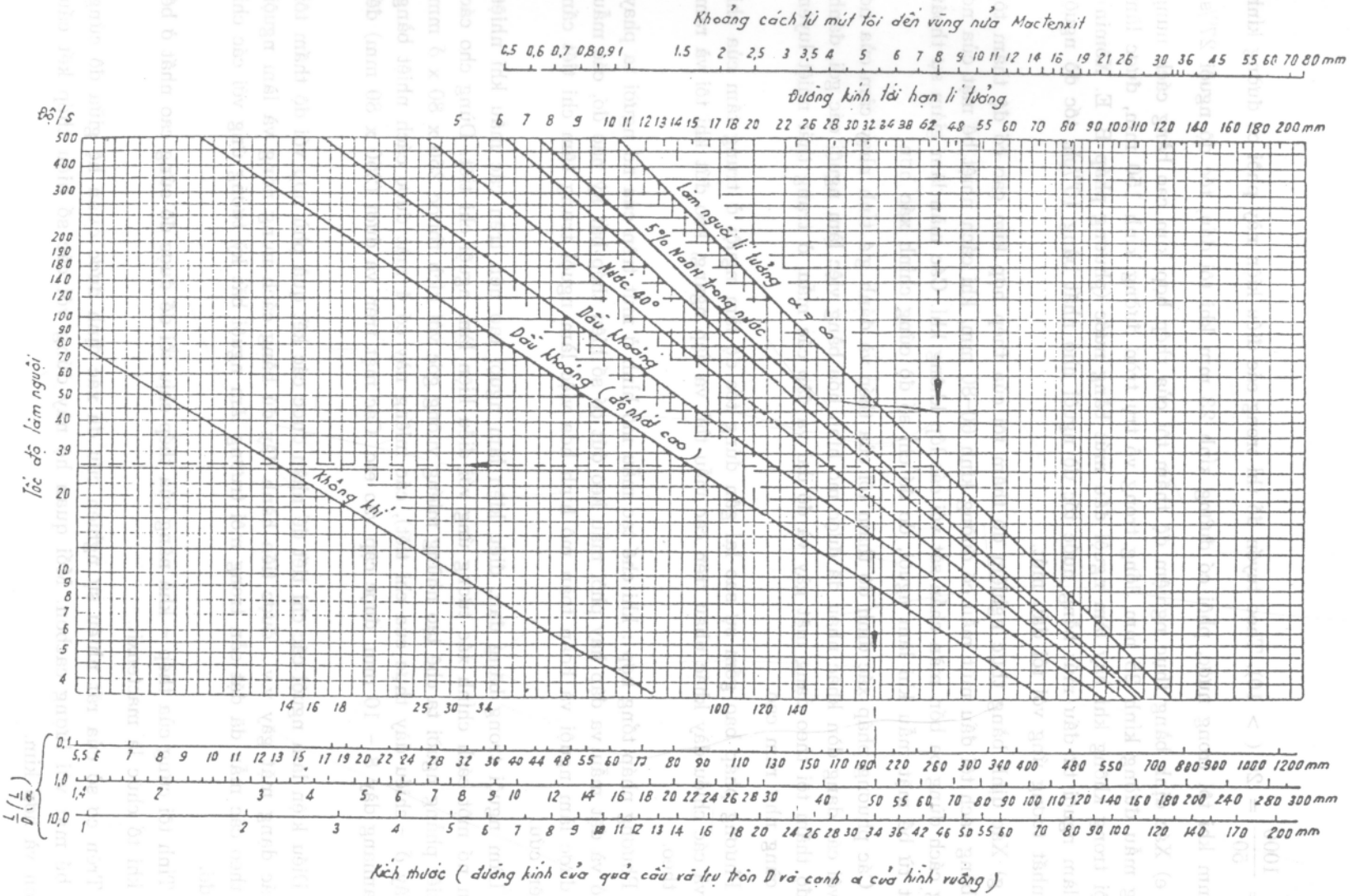
3. Theo kết quả tôi trong một môi trường, xác định kết quả tôi trong môi trường khác bất kỳ.



Hình 4.28. Tuyến đồ để xác định các thông số khác nhau của độ thấm tôi theo kết quả độ cứng khi tôi đầu mút.

4. Theo các kết quả mẫu thử đầu mút (xem sau đây) qua độ thấm tôi xác định được tốc độ tôi tới hạn và theo kết quả tôi chi tiết của một dạng sẽ xác định được kết quả cho chi tiết có dạng khác (trụ tròn, chữ nhật, cầu).

Cách dùng tuyến đồ chỉ rõ ở trên hình 4.29. Khi dùng phương pháp tôi đầu mút, ban đầu phải xác định khoảng cách từ đầu tôi đến vùng nửa mactenxit (xem hình 4.20 và các đường cong tương ứng của độ thấm tôi). Thí dụ cần xác định độ thấm tôi của thép chứa 0,45% C khi l_{45} = 8 mm ; phôi có đường kính 50 mm, dài 1,0 m,



Hình 4.29. Tuyến đồ để xác định độ thấm tôi (M. E. Blanter)

$\frac{L}{D} = \frac{1000}{50} = 20$ (> 10). Theo tuyến đồ thị trong các điều kiện này phôi có đường kính 34 mm khi tôi trong nước, phôi có đường kính 23 mm khi tôi dầu, tốc độ nguội 27°/s.

e) Xác định bằng thực nghiệm độ thấm tôi của thép hợp kim cao bằng cách nung nóng mẫu đường kính 25 mm, lồng trong vỏ trụ tròn đường kính 150 mm, được làm nguội trong không khí hay làm nguội đầu mút bằng nước (phương pháp B. E. Xômin), khi làm nguội từ đầu mút bằng nước tốc độ nguội nhỏ nhất bằng 10°/ph, tốc độ nguội lớn nhất tương ứng với tôi đầu mút.

g) Xác định bằng thực nghiệm độ thấm tôi của thép hợp kim cao có độ thấm tôi sâu bằng cách tôi đầu mút mẫu có đường kính 60–80 mm, khi cách nhiệt bề mặt của nó bằng cách dùng ba bốn màn chắn sắt với các lớp không khí. Các màn làm giảm sự thoát nhiệt từ bề mặt mẫu khi làm nguội, do đó chỉ số độ cứng chính xác hơn.

Các phương pháp xác định độ thấm tôi của thép và đánh giá tính nhạy cảm của nó đối với các dạng dòn khác nhau đã được mô hình hóa bằng việc làm nguội các gới, đánh giá độ thấm tôi theo dạng mặt gãy và độ dai va đập các mẫu, ở trạng thái nhiệt luyện cuối cùng như ram cao.

Phương pháp bao gồm sự sao lại gần đúng tốc độ làm nguội ở trung tâm của chi tiết và các chiều dày khác nhau trên các mẫu thử va đập ngang, kéo đứt khi tôi và ram tiếp theo.

Phương pháp tổng hợp : khi chế tạo mẫu mô hình ở mút trên của nó người ta phay cái lỗ và đặt mẫu va đập hay phôi mẫu kéo đứt có số hiệu thép bất kỳ nào đó, các mẫu này được làm nguội và hoàn toàn mô hình hóa việc làm nguội trung tâm chi tiết cần nghiên cứu.

Làm nguội trong băng đạn, điều kiện làm nguội tạo nên trên các mẫu khi nhiệt luyện nó một cách chính xác tương ứng với điều kiện làm nguội chi tiết. Dùng cho các chi tiết phẳng người ta chế tạo những miếng vuông góc với kích thước 250 x 80 x δ mm (ở đây δ – chiều dày thực của chi tiết), các miếng này có 4 mặt được cách nhiệt bằng lớp amiang dày 8 – 10 mm, được cặp vào eto. Các mặt trên và dưới (250 x 80 mm) để hở.

Điều kiện làm nguội các chi tiết để nhận được các kết quả phù hợp với độ thấm tôi và các dạng mặt gãy v.v... được tiến hành đầy đủ bằng cách nung nóng và làm nguội tiếp theo các mẫu đã đặt sẵn trong môi trường làm nguội bất kỳ tương ứng với các chi tiết đó.

Tính tôi cứng của thép – khả năng của thép chịu tôi để được độ cứng cao nhất ở bề mặt khi tổ chức là mactenxit.

Trên cơ sở của rất nhiều sự nghiên cứu đã xác định được quan hệ giữa độ cứng trên bề mặt với lượng cacbon. Mối quan hệ này đúng với các số hiệu thép kết cấu cacbon và hợp kim.

4.4. KIỂM TRA ĐỘ CỨNG

Xác định độ cứng bằng bi thép theo Brinen tiến hành trên máy kiểu TIII.

$$HB = \frac{2P}{\pi D\,(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

trong đó P – tải trọng tính ra kG (1 kG = 10 N) ;

D – đường kính viên bi tính ra mm ;

d – đường kính vết lõm tính ra mm.

Các vật rèn và đúc có độ cứng từ 8 đến 450 đơn vị (kG/mm^2) làm bằng kim loại đen và màu chủ yếu được thử bằng phương pháp này ; trong đó 0,2 D < d < 0,6 D.

Khi xác định độ cứng cần phải tuân theo các điều kiện sau : khoảng cách từ trung tâm vết lõm đến mép mẫu không nhỏ hơn 2,5 d ; còn khoảng cách giữa các trung tâm của hai vết gần nhau không nhỏ hơn 4,0d đối với kim loại < HB35, các qui định trên lần lượt là 3,0d và 6,0d.

Chiều dài và chiều rộng của mặt phẳng được chế tạo khi thử các bề mặt cong khi D = 10 mm lớn hơn 20 mm, khi D = 5,0 mm lớn hơn 10 mm khi D = 2,5 mm lớn hơn 5 mm.

Đường kính vết lõm là giá trị trung bình về số học được đo bằng kính hiển vi có khắc độ theo hai phương vuông góc với nhau, sai số của kính không quá ± 0,01 mm cho một vạch nhỏ nhất của thang và ± 0,02 mm trên toàn bộ chiều dài của thang ; sai số của phép đo đường kính vết lõm không vượt quá 2% của đường kính nhỏ nhất trong đó.

Tỉ số giữa giới hạn bền kéo, độ cứng HB của thép rèn và cán đai khái có thể tìm được từ tỉ lệ σ_{bk} = 0,36 HB ; đối với gang xám $\sigma_{bk} = \frac{HB - 40}{6}$ và đối với thép đúc σ_{bk} = (0,3 ÷ 0,4) HB.

Độ cứng của hợp kim sắt cacbon cũng có thể xác định sơ bộ từ tỉ lệ HB = 100 + (% Fe_3C . 6,7) (bảng 4.12).

Xác định độ cứng bằng cách ấn mũi tháp kim cương (bảng 4.13 và 4.14 *theo Vichke* trên máy kiểu TII

$$HV = \frac{2P \sin\frac{\alpha}{2}}{d^2} = 1{,}8544\,\frac{P}{d^2}$$

trong đó d – giá trị số học trung bình của hai đường chéo vết lõm sau khi bỏ tải trọng ;

α – góc ở đỉnh giữa các mặt đối diện của hình tháp bằng 136° ± 30'.

Phương pháp này dùng để xác định độ cứng của các chi tiết làm bằng các kim loại, hợp kim đen và màu có lớp mạ mỏng, lớp thấm nitơ, xianua, cacbon và các chi tiết có chiều sâu bề mặt được tôi nhỏ, có độ cứng từ 8 đến 1000 đơn vị ở nhiệt độ $20^{\circ} \pm 10^{\circ}C$.

Thời gian duy trì tải trọng đối với kim loại đen bằng 10 - 15 s, đối với kim loại màu 30 ± 2 s.

Ký hiệu độ cứng Vichke : HV 824, nếu thời gian duy trì tải trọng khác hẳn với qui ước trên, thì độ cứng được biểu thị : HV 10/30 - 500, có nghĩa là độ cứng 500 khi tải trọng P = 10 kG, thời gian duy trì tải trọng 30 s.

Khi xác định độ cứng Vechke phải tuân theo các điều kiện sau đây : lớp càng mỏng, tải trọng càng nhỏ, khoảng cách giữa trung tâm vết lõm và mép mẫu hay mép vết lõm bên cạnh không bé hơn 2,5 lần chiều dài đường chéo vết lõm, sai số thang đo quang học nhỏ hơn ± 0,001 mm khi chiều dài nhỏ hơn 0,2 mm và nhỏ hơn ± 0,002 mm khi chiều dài lớn hơn 0,2 mm, sai số đường chéo không quá 2% của đường chéo nhỏ trong chúng. Bề mặt của chi tiết thử phải có độ bóng không nhỏ hơn cấp 10 và phải sáng, bán kính bóng không nhỏ hơn 5 mm (đối với bề mặt cong). Bảng có thể được dùng cho tải trọng P bất kỳ bằng cách nhân số độ cứng của bảng cho hệ số $\frac{P}{10}$. Thí dụ khi P = 5 kG, đường chéo vết lõm là 0,3 mm HV 103 khi P = 20 kV 412, khi P = 50 kG, HV 1030 v.v...

Bảng 4.12. **Chiều dày của thép đem thử và thời gian duy trì tải trọng khi thử theo Brinen**

Vật liệu	HB*, 10 MPa	Chiều dày bé nhất của thép thử mm***	Tải trọng P = f(D)	Đường kính viên bi D, mm**	Tải trọng P, kG	Thời gian duy trì tải trọng, s
1	2	3	4	5	6	7
Kim loại đen	140-450	Từ 6 đến 3 " 4 " 2 < 2	$P = 30 D^2$	10,0 5,0 2,5	3000* 750 187,5	10
	< 140	> 6 Từ 6 đến 3 < 3	$P = 10 D^2$	10,0 5,0 2,5	1000 250 62,5	30
Kim loại màu (cứng)	> 130	Từ 6 đến 3 " 4 " 2 2	$P = 30 D^2$	10,0 5,0 2,5	1000 750 187,5	30
Như trên đồng, đồng latông, brông, hợp kim magic	35-130	Từ 9 đến 3 " 6 " 3 < 3	$P = 40 D^2$	10,0 5,0 2,5	1000 250 62,5	30

Tiếp bảng 4.12

1	2	3	4	5	6	7
Như trên nhôm, hợp kim ổ trục	8-35	> 6 Từ 6 đến 4 < 3	$P = 2,5D^2$	10,0 5,0 2,5	250 62,5 15,6	60

* Ký hiệu HB 400 ; trong mọi trường hợp khác ký hiệu HB 5/250/30–120 (viên bi D = 5 mm, tải trọng P = 250 kG, duy trì dưới tải trọng 30s, độ cứng 120 kG/mm^2).

** Vật liệu viên bi - thép nhiệt luyện có độ cứng không nhỏ hơn HV 850 với độ bóng bề mặt không dưới cấp 12.

*** Chiều dày bé nhất của mẫu thử (chi tiết) không nhỏ hơn 10 lần chiều sâu vết lõm (không nhỏ hơn 8 lần, từ tâm vết lõm đến mép cạnh của mẫu)

$$h = \frac{P}{\pi D \cdot BH}$$

***Bảng 4.13.* Tải trọng nên dùng P, kg**

Chiều dày chi tiết, mm*	Độ cứng HV			
	50	50-100	100-300	> 300
0,3-0,5	-	-	-	5 ; 10
0,5-1,0	-	-	5 ; 10	10 ; 20
1-2	5 ;10	5 ; 10	10 ; 20	10 ; 20
2-4	10 ; 20	20 ; 30 ; 50	20 ; 30 ; 50	20 ; 30 ; 50
4	20 ; 30 ; 50	30 ; 50	50 ; 100	50 ; 500

* Chiều dày bé nhất của chi tiết thử hay của lớp phải lớn hơn đường chéo vết lõm đối với chi tiết thép 1,2 lần, đối với chi tiết hợp kim màu 1,5 lần.

***Bảng 4.14.* Số độ cứng khi thử bằng mũi kim cương (theo Vichke) với tải trọng 10 kg**

Đường chéo vết lõm, mm	HV	Đường chéo vết lõm, mm	HV	Đường chéo vết lõm, mm	HV	Đường chéo vết lõm, mm	HV
1	2	3	4	5	6	7	8
		0,37	135,5	0,63	46,7	0,89	23,4
0,11	1533	0,38	128,4	0,64	45,3	0,90	22,9
0,12	1288	0,39	121,9	0,65	43,9	0,91	22,4
0,13	1097	0,40	115,9	0,66	42,6	0,92	21,9
0,14	146	0,41	110,3	0,67	41,3	0,93	21,4

Tiếp bảng 4.14.

1	2	3	4	5	6	7	8
0,15	824	0,42	105,1	0,68	40,1	0,94	21,0
0,16	724	0,43	100,3	0,69	39,0	0,95	21,0
0,17	642	0,44	95,8	0,70	37,8	0,96	20,1
0,18	572	0,45	91,6	0,71	36,8	0,97	19,71
0,19	514	0,46	87,6	0,72	35,8	0,98	19,31
0,20	464	0,47	84,0	0,73	34,8	0,99	18,92
0,21	421	0,48	80,5	0,74	33,9	1,00	18,54
0,22	383	0,49	77,2	0,75	33,0	1,01	18,18
0,23	351	0,50	74,2	0,76	32,1	1,02	17,83
0, 24	322	0,51	71,3	0,77	31,3	1,03	17,48
0,25	297	0,52	68,6	0,78	30,5	1,04	17,14
0,26	274	0,53	65,0	0,79	29,7	1,05	16,82
0,27	254	0,54	63,6	0,80	29,0	1,06	16,50
0,28	236	0,55	61,3	0,81	28,3	1,07	16,20
0,29	221	0,56	51,5	0,82	27,6	1,08	15,90
0,30	206	0,57	57,1	0,83	26,9	1,09	15,61
0,31	193	0,58	55,1	0,84	26,3	1,10	15,33
0,32	181	0,59	53,3	0,85	25,7	1,11	15,05
0,33	170	0,60	51,5	0,86	25,1	1,12	14,78
0,34	160	0,61	49,8	0,87	24,5	1,13	14,52
0,35	151,4	0,26	48,2	0,88	24,0	1,14	14,27
0,36	143,1						

Bảng 4.15. **Tải trọng đem dùng và giới hạn đo độ cứng như sau**

Các thông số	Ký hiệu số đo cứng		
	HRB	HRC	HRA
Tải trọng tổng $P_o + P_1$, kG	100	150	60
Giới hạn đo theo HR	25-100	20-67	70-85
Chiều dày bé nhất của chi tiết mẫu, mm*	2,0-0,7	1,5-0,7	0,7-0,4
	HRB 30-1,9	HRC 30-1,3	HRA 80-0,5
	HRB 40-1,7	HRC 40-1,2	
	HRB 50-1,5	HRC 50-1,0	
	HRB 60-1,3	HRC 60-0,8	

Tiếp bảng 4.15

Các thông số	Ký hiệu số độ cứng		
	HRB	HRC	HRA
Giá trị gần đúng của số độ cứng Vichke HV	HRB 70-1,2 HRB 80-1,0 HRB 90-0,8 60-240	240-900	390-000

* Không nhỏ hơn 8 lần chiều sâu vết lõm sau khi bỏ tải trọng chính P_1.

***Bảng 4.16.* Các kiểu máy đo để xác định độ cứng kim loại**

Kiểu máy đo	Phương pháp xác định độ cứng	Tải trọng kG	Kiểu mũi đâm	Giới hạn đo
ТШ	Ấn bi thép đã tôi	187,5 ; 250 ; 750; 1000; 3000	Bi thép có đường kính 2,5 ;5,0 ;10,0 mm	HB8-450
ТК	Ấn mũi kim cương hình nón hay bi thép đã tôi có đường kính 1,588 mm với tải trọng sơ bộ 10 kG	100	Bi thép đã tôi có đường kính 1,588 mm	HRB 25-100
		150	Mũi kim cương hình nón	HRC 20-67
		60	Mũi kim cương hình nón	> HRA 70
ТП	Ấn mũi kim cương hình tháp và bi thép đã tôi có đường kính 2,5 hay 5,0 mm	15,6 ; 62,5	Bi thép đã tôi có đường kính 2,5 và 5,0 mm	HB8-130
		5; 10; 20 ; 30 ; 50 ; 100 ; 120	Mũi kim cương hình tháp	HV 8-1000
ТУ	Vạn năng : ấn mũi kim cương hình tháp, kim cương hình nón với tải trọng sơ bộ 10 kG và bi thép đã tôi có đường kính 2,5 hay 5,0 mm	15,6 ; 62,5 ; 187,5	Bi thép có đường kính 2,5 và 5,0 mm	HB 8-450
		5; 10; 30; 50; 100	Mũi kim cương hình tháp	HV 8-1000
		150	Mũi kim cương hình nón	HRC 20-67
		100	Bi thép có đường kính 1,588 mm	HRB 25-100

Bảng 4.17. **Chênh lệch cho phép về số đo độ cứng khi kiểm tra mẫu thỏi**

Kiểu máy đo	Giá trị trung bình của số đo độ cứng mẫu thỏi	Chênh lệch về giá trị trung bình của số độ cứng, % không lớn hơn
TIII, đường kính bi 10 mm tải trọng :		
3000 kG	HB 190 ± 25	± 3
1000 kG	HB 85 ± 10	± 3
TK và TY (khi dùng mũi kim cương hình nón hay bi có đường kính 1,588 mm)	HRA 70 HRC 65 ± 5 HRC ± 5 HRC 25 ± 5 HRB 85 ± 10	± 1,0
TK và TY (khi dùng mũi kim cương hình tháp)	Tải trọng, kG HV 450 ậ 50 5 30 100	± 2,5 ± 2,0 ± 2,0

Xác định độ cứng Rocoen bằng mũi kim cương hình nón hay bằng viên bi thép máy kiểu TK (máy đo độ cứng kiểu nón)

$$HR = K - \frac{h - h_o}{0{,}002}$$

trong đó K = 130 khi thử bằng bi thép đã nhiệt luyện (HV 850, độ bóng không nhỏ hơn cấp 12) có đường kính 1,588 mm (thang B) ; K = 100 khi thử bằng mũi kim cương hình nón có góc ở đỉnh bằng 120° ± 30' (thang C và A) ; 0,002 - giá trị vạch của đồng hồ so - sự dịch chuyển theo chiều trục của mũi đâm tính ra mm được lấy là một đơn vị độ cứng h_o - chiều sâu vết ấn của mũi đâm trên kim loại thử dưới tác dụng của tải trọng sơ bộ ; P_o = 10 kG ; h - chiều sâu vết ấn sau khi lấy đi tải trọng chính P_1.

Ký hiệu độ cứng, thí dụ HRC 50, độ chính xác của thép đo bằng ± 0,5 đơn vị của thang đo nghĩa là ± 0,001 mm.

Phương pháp này dùng để xác định độ cứng của chi tiết làm bằng kim loại đen hay màu ở nhiệt độ 20°C ± 10° có độ cứng cao (các thang C và A) và cả các chi tiết có bề mặt gia công (mài) hay chi tiết hóa nhiệt luyện (xianua và thấm cacbon).

Bảng 4.18. **Tương quan gần đúng giữa các loại độ cứng xác định theo các phương pháp khác nhau**

Độ cứng Brinen HB				Độ cứng Rocoen		Độ cứng Vichke HV	Độ cứng S_0 HSh	Độ cứng Brinen HB				Độ cứng Rocoen		Độ cứng Vichke HV	Độ cứng S_0 HSh
Đường kính vết lõm d10 hay 2d5 hay 4d 2,5 mm	Tải trọng $30D^2$	Tải trọng $10D^2$	Tải trọng $2,5D^2$	HRC và HRB	HRA			Đường kính vết lõm d10 hay 2d5 hay 4d 2,5 mm	Tải trọng $30D^2$	Tải trọng $10D^2$	Tải trọng $2,5D^2$	HRC và HRB	HRA		
1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
2,20	782	-	-	72	89	1220	107	3,20	363	121	30,3	39	70	380(390)	50
2,25	744	-	-	69	87	1114	100	3,22	359	120	29,9	-	-	-	-
2,30	713	-	-	67	85	1021(900)	96	3,24	354	118	29,5	-	-	-	-
2,35	683	-	-	65	84	910	92	3,25	352	117	29,3	38	69	361	49
2,40	652	-	-	63	83	867	88	3,26	350	117	29,2	-	-	-	-
2,45	627	-	-	61	82	803	85	3,28	345	115	28,8	-	-	-	-
2,50	600	-	-	59	81	746	81	3,30	341	114	28,4	37	69	344	47
2,55	578	-	-	58	80	694	78	3,32	337	112	28,1	-	-	-	-
2,60	555	-	-	56	79	649	75	3,34	333	111	27,7	-	-	-	-
2,65	532	-	-	54	78	606	72	3,35	331	110	27,6	36	68	334	46
2,70	512	-	-	52	77	587	70	3,36	329	110	27,4	-	-	-	-
2,75	495	-	-	51	77	551	68	3,38	325	108	27,1	-	-	-	-
2,80	477	-	-	49	76	534	60								
2,85	460	-	-	46	75	502	64	3,40	321	107	26,7	35	68		45
								3,42	317	105	26,4	-	-		-
2,89	448	-	-	-	-	-	-	3,44	313	104	26,1	-	-		-
2,90	444	-	-	47	74	474	61	3,45	311	104	25,9	34	67		44
2,92	438	-	-	-	-	-	-	3,46	309	103	25,8	-	-		-
2,94	432	-	-	-	-	-	-								
2,95	429	-	-	45	73	460	59	3,48	306	102	25,5	-	-		-
								3,50	302	101	25,2	33	67		42

Tiếp bảng 4.18

1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
2,96	426	-	-	-	-	-	-	3,52	298	99,5	24,9	-	-		-
2,98	420	-	35,0	-	-	-	-	3,54	295	98,3	24,6	-	-		-
3,00	415	-	34,6	44	73	435	57	3,55	293	97,7	24,5	31	66	Tiếp	41
3,02	409	-	34,1	-	-	-	-							theo số	
3,04	404	-	33,7	-	-	-		3,56	292	97,2	24,3	-	-	độ cứng	-
								3,58	288	96,1	24,0	-	-	vichke	-
3,06	401	-	33,4	43	72	423	55	3,60	285	96,0	23,7	30	66	trùng	40
3,07	398	-	33,2	-	-	-	-	3,62	282	93,9	23,5	-	-	với số	-
3,08	393	-	32,7	-	-	-	-	3,61	278	92,8	23,2	-	-	độ cứng	-
3,09	390	130	32,5	-	-	-	-							Brinen	
3,10	388	129	32,3	41	71	401	53	3,65	277	92,3	23,1	29	65	khi	39
								3,66	275	91,8	22,9	-	-	$P=30D^2$	-
3,12	383	128	31,9	-	-	-	-	3,68	272	90,7	22,7	-	-		-
3,14	378	126	31,5	-	-	-	-	3,70	260	89,7	22,4	28	65		38
3,15	375	125	31,3	40	71	390	52	3,72	266	88,7	22,2	-	-		-
3,16	373	124	31,1	-	-	-	-								
3,18	368	123	30,7	-	-	-	-	3,74	263	87,7	21,9	-	-		-
3,75	262	87,2	21,8	27	64		37								
3,76	260	86,8	21,7	-	-		-	4,42	185	61,5	15,4	-	-		-
3,78	257	85,8	21,5	-	-		-	4,44	184	61,2	15,3	-	-		-
3,80	255	84,9	21,2	26	64		36	4,45	183	60,9	15,2	80	56		28
								4,46	182	60,0	15,2	-	-		-
3,82	250	83,5	20,9	-	-		-	4,48	180	60,1	15,0	-	-		-
3,84	249	83,0	20,8	-	-		-								
3,85	248	82,6	20,7	25	63		36								
3,86	246	82,4	20,5	-	-		-	4,50	179	59,5	14,9	88	56		27
3,88	241	81,3	20,3	-	-		-	4,55	174	58,1	14,5	87	55		27
								4,60	170	56,8	14,2	86	55		26
								4,65	167	55,5	13,9	85	54		26
3,90	241	80,4	20,1	24/100	63	210	36	4,70	163	54,3	13,6	84	53		25
3,92	239	79,6	19,9	-	-		-								
3,94	236	78,7	19,7	-	-		-								
3,95	235	78,3	19,6	24/90	62		34	4,75	159	53,0	13,3	83	53		25
3,96	234	77,9	19,5	-	-		-								

Tiếp bảng 4.18

1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
3,98	231	77,1	19,3	-	-		-	4,80	156	51,9	13,0	82	52		24
4,00	229	76,3	19,1	22/99	62		33	4,85	152	50,7	12,7	81	-		24
4,02	226	75,5	18,9	-	-		-	4,90	149	49,6	12,4	80	-		23
4,04	224	74,7	18,7	-	-	Tiếp	-	4,95	146	48,6	12,2	79	-		23
4,05	223	74,3	18,6	21/97	61	theo số độ cứng	33	5,00	143	47,5	11,9	78	-	Tiếp theo số	22
4,06	222	73,9	18,5	-	-	Vichke	-	5,05	140	46,5	11,6	77	-	độ cứng	21
4,08	219	73,2	18,3	-	-	trùng	-	5,10	137	45,5	11,4	75	-	vichke	21
4,10	217	72,4	18,1	20/97	61	với số	32	5,15	134	44,6	11,2	74	-	trùng với	19
4,12	215	71,7	17,9	-	-	độ cứng	-	5,20	131	43,7	10,9	73	-	số độ	19
4,14	213	71,0	17,7	-	-	Brinen khi	-	5,25	128	42,8	10,7	72	-	cứng Brinen	19
4,15	212	70,6	17,6	19/96	60	$P=30D^2$	31	5,30	126	42,1	10,5	71	-	khi	19
								5,35	123	41,0	10,3	70	-	$P=30D^2$	19
4,16	211	70,2	17,6	-	-		-	5,40	121	40,2	10,1	68	-		19
4,18	209	69,5	17,4	-	-		-	5,45	118	39,4	9,86	67	-		19
4,20	207	68,8	17,2	18/95	60		30	5,50	116	38,6	9,66	65	-		19
4,22	204	68,2	17,0	-	-		-								
4,24	202	67,5	16,9	-	-		-	5,55	114	37,9	9.46	64	-		18
								5,60	111	37,1	9,27	63	-		18
4,25	201	67,1	16,8	94	59		30	5,65	109	36,4	9,10	61	-		18
4,26	200	66,8	16,7	-	-		-	5,70	107	35,3	8,93	60	-		18
4,28	198	66,2	16,5	-	-		-	5,75	105	35,0	8,76	58	-		18
4,30	197	65,5	16,4	93	58		29								
4,32	195	64,9	16,2	-	-		-								
								5,80	103	34,3	8,59	57	-		18
4,34	193	64,2	16,1	-	-		-	5,85	101	33,7	8,43	56	-		17
4,35	192	63,9	16,0	92	58		29	5,90	99,2	33,1	8,26	55	-		17
4,36	191	63,6	15,9	-	-		-	5,95	97,3	32,4	8,11	53	-		17
4,38	189	63,0	15,8	-	-		-	6,00	95,5	31,8	7.96	51	-		17
4,40	187	62,6	15,4	91	57		28								

Các điều kiện để xác định độ cứng Rocoen như sau : bề mặt chi tiết cần phải không có gỉ, nứt, chỗ lõm v.v... ; bán kính cong không nhỏ hơn 1,5 mm (đối với bề mặt cong). Miếng đệm có độ cứng không dưới HRC 50. Khoảng cách giữa hai trung tâm của hai vết lõm cạnh nhau hay khoảng cách từ trung tâm vết lõm nào đó đến mép của chi tiết (mẫu) là 3,0 mm.

Máy đo để xác định độ cứng các lớp mỏng : P_0 = 3 kG ; P = 15,30 và 45 kG tương ứng với các thang 15–T, 30–T và 45–T khi thử bằng bi thép có đường kính 1,588 mm và 15–N và 45–N bằng mũi kim cương hình nón. Xác định độ cứng theo phương pháp nẩy đàn hồi của đầu búa – theo máy ***thử độ cứng***. So HSh bằng máy IIIPC – Mức độ cứng – chiều cao nẩy h của búa thép có trọng lượng 2,5 G rơi trên chi tiết thử từ chiều cao H = 254 mm. Thang của máy đo có 140 vạch bằng nhau, vạch 100 ứng với độ cứng thép cacbon cao tôi ra mactenxit. Khi thử kim loại mềm dùng đầu búa thép với mũ đâm tù, trong đó :

$$H'Sh = \frac{HSh}{0,56}$$

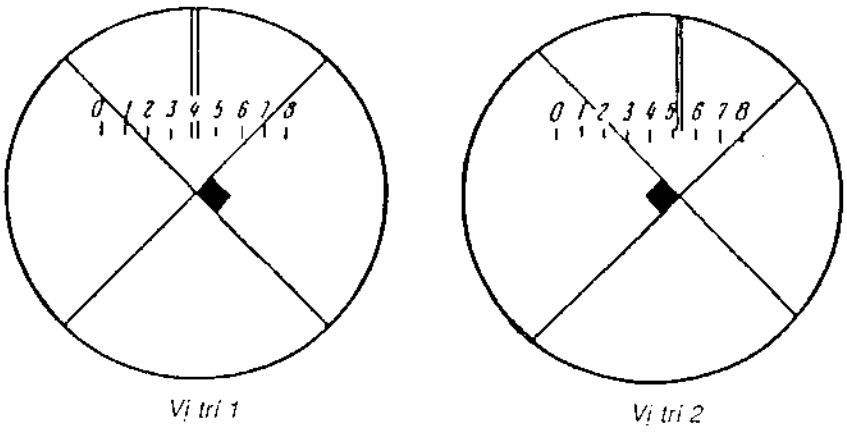
Đối với thép cacbon thực tế có tỉ lệ sau đây :

$$HB \approx 7HSh \ ; \ \sigma_{bk} \approx 2,5 \ HSh.$$

Phương pháp này chủ yếu là dùng để kiểm tra các chi tiết thấm cacbon và tôi bề mặt khi chiều dày tiết diện của chi tiết lớn hơn 2 mm.

Để xác định ***độ cứng tế vi***, người ta dùng máy đo ПМТ–2 và ПМТ–3. Khắc vết lõm bằng cách ấn mũi kim cương hình tháp có góc ở đỉnh giữa hai mặt đối diện $\alpha = 136^0$ dưới tải trọng 5 đến 500 G (từ 0,005 đến 0,5 kG) (bảng 4.19).

Khi đo độ cứng tế vi dùng một trong những tải trọng sau : 0,005 ; 0,01 ; 0,02 ; 0,1 ; 0,2 ; 0,5 kG ; thời gian hạ cần không ít hơn 15s ; đường chéo vết lõm không lớn hơn một nửa chiều dày của mẫu hay lớp. Khoảng cách từ trung tâm vết lõm đến mép



Hình 4.30. Đo đường chéo vết lõm để xác định độ cứng HV và H_μ

Bảng 4.19. Số đo độ cứng tế vi H_μ, MPa (kG/mm^2) khi thử bằng mũi đâm kim cương hình tháp góc ở đỉnh 136° với tải trọng 100g

Đường chéo vết đâm, μm	0		1		2		3		4		5		6		7		8		9	
	MPa	kG/mm^2	MPa	kG/mm^2	MPa	kG/mm^2	MPa	kG/mm^2	MPa	kG/mm^2	MPa	kG/mm^2	MPa	kG/mm^2	MPa	kG/mm^2	MPa	kG/mm^2	MPa	kG/mm^2
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	72765	7420	50504	5150	37069	3780	28439	2900	22457	2290
10	18142	1850	15004	1530	12651	1290	10787	1100	9277	946	7981	824	7100	724	6206	642	5509	572	5041	514
20	4550	464	4119	420	3755	383	3432	350	3158	322	2913	297	2687	274	2490	254	2314	236	2167	221
30	2020	206	1893	193	1775	181	1667	170	1569	160	1481	151	1402	143	1324	135	1255	128	1196	122
40	1167	116	1079	110	1030	105	981	100	939	95,8	898	91,6	859	87,6	824	84,0	789	80,5	758	77,2
50	728	74,2	699	71,3	673	68,6	647	66,0	624	63,6	691	61,3	580	59,1	560	57,1	540	55,1	523	53,3
60	505	51,5	488	49,8	469	47,8	458	46,7	444	45,3	431	43,9	418	42,6	405	41,3	393	40,4	382	39,0
70	371	37,8	361	36,8	351	35,8	341	34,8	332	33,9	324	33,0	315	32,4	307	31,3	298	30,5	291	29,7
80	284	29,0	278	28,3	271	27,6	264	26,9	258	26,3	252	25,7	246	25,1	240	24,5	235	24,0	229	23,4
90	224	22,9	220	22,4	215	21,9	210	21,4	205	21,0	201	20,5	197	20,1	193	19,7	189	19,3	185	18,9
100	181	18,5	178	18,2	175	17,8	172	17,5	168	17,1	165	16,8	162	16,5	159	16,2	156	15,9	153	15,6
110	150	15,2	148	15,1	145	14,8	142	14,5	140	14,3	137	14,0	135	13,8	132	13,5	130	13,3	128	13,1
120	127	12,9	125	12,7	123	12,5	121	12,3	119	12,1	117	11,9	115	11,7	113	11,5	111	11,3	109	11,1
130	108	11,0	196	10,6	104	10,6	103	10,5	101	10,3	100	10,2	98	10,0	97	9,88	96	9,74	94	9,60
140	93	9,46	91	9,33	90	9,20	89	9,07	88	8,94	86	8,82	85	8,70	84	8,58	83	8,47	82	8,35
150	81	8,24	80	8,13	79	8,03	78	7,92	77	7,82	76	7,72	75	7,62	74	7,52	73	7,43	72	7,34
160	71	7,24	70	7,15	69	7,07	68	6,98	68	6,90	67	6,81	66	6,73	65	6,65	65	6,57	64	6,49
170	63	6,42	62	6,34	61	6,27	61	6,20	60	6,13	59	6,06	59	5,99	58	5,92	57	5,85	57	5,79
180	56	5,72	55	5,66	55	5,60	54	5,54	54	5,48	53	5,42	53	5,36	52	5,30	51	5,25	51	5,19
190	50	5,14	50	5,08	49	5,03	46	4,98	48	4,93	48	4,88	47	4,83	47	4,78	46	4,73	46	4,68
200	46	4,64	45	4,58	45	4,54	44	4,50	44	4,46	43	4,42	43	4,38	42	4,32	42	4,28	42	4,24
210	41	4,20	41	4,16	40	4,12	39	4,08	40	4,06	39	4,02	49	3,98	39	3,94	38	3,90	38	3,86
220	38	3,89	37	3,80	37	3,76	37	3,74	36	4,70	36	3,66	36	3,64	35	3,60	35	3,56	35	3,54
230	34	3,50	34	3,48	34	3,44	34	3,42	33	3,38	33	3,36	33	3,34	32	3,30	32	3,28	32	3,24
240	32	3,22	31	3,19	31	3,17	31	3,14	30	3,11	30	3,09	30	3,06	30	3,04	30	3,02	29	2,99
250	29	2,97	29	2,94	29	2,92	28	2,90	28	2,87	28	2,85	28	2,83	28	2,81	27	2,79	27	2,76
260	27	2,74	27	2,74	26	2,70	26	2,68	26	2,66	26	2,64	26	2,62	25	2,60	25	2,58	25	2,56
270	25	2,54	25	2,54	23	2,52	24	2,40	24	2,47	24	2,45	24	2,43	24	2,42	24	2,40	23	2,38
280	23	2,36	23	2,36	21	2,33	23	2,32	22	2,30	22	2,28	22	2,27	22	2,25	22	2,24	22	2,22
290	22	2,21	21	2,19	—	2,18	21	2,16	21	2,15	21	2,13	21	2,12	21	2,10	20	2,09	20	2,07
300	20	2,06	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

và từ trung tâm đó đến mép của vết bên cạnh không nhỏ hơn 2 đường chéo vết lõm xem hình 4.30.

Thử độ cứng ở 20 ± 5°C

Số độ cứng H_μ xác định theo công thức như khi xác định độ cứng Vichke. Ký hiệu số độ cứng kèm theo ký hiệu tải trọng bằng gam hay kích thước đường chéo bằng micromet, ví dụ H_{100g} = 220 kG/mm^2 ; $H_{10\mu m}$ = 232 kG/mm^2 (có thể không ghi thứ nguyên). Đo đường chéo vết lõm trên kính hiển vi trong nhãn trường sáng với độ chính xác của số đọc là ± 0,5 vạch chia nhỏ nhất của thang khi vật kính phóng đại 10 – 40.

Bảng 4.20 đến bảng 4.28 đưa ra các số liệu đo độ cứng tế vi của các pha, các kim loại và hợp kim

***Bảng 4.20.* Độ cứng tế vi một số kim loại và hợp kim**

Tên gọi kim loại, hợp kim và điều kiện tạo ra nó	Tải trọng, gam	Độ cứng tế vi	
		MPa	kG/mm^2
Nhôm đúc có bề mặt bóng lấy từ khuôn	5	186,3	19,0
	10	196,1	20,0
	20	205,9	21,0
	60	176,5	18,0
	100	156,9	16,0
Nhôm đúc được mài bằng giấy nhám và mài trên máng có bột Al_2O_3	5	362,8	37,0
	10	313,8	32,0
	20	313,8	32,0
	60	245,2	25,0
	100	235,4	24,0
Nhôm sau biến dạng ủ ở 400°C trong 4h và không mài	5	186,3	19,0
	10	245,2	25,0
	20	225,6	23,0
	60	205,9	21,0
	100	186,3	19,0
Đồng nhận được sau khi điện phân và không mài	5	343,2	35,0
	10	411,9	42,0
	20	402,1	41,0
	60	313,8	32,0
	100	274,6	28,0
Đồng nhận được sau khi điện phân và có mài bóng	5	833,6	85,0
	10	921,8	94,0
	20	823,7	84,0
	60	735,5	75,0
	100	608,0	62,0

Tiếp bảng 4.20

1	2	3	4
Đồng sau điện phân đưa biến dạng rồi ủ 700°C, 1h, mài bóng giấy nhám và tẩm thực điện phân	5 10 20 60 100	539,4 647,2 578,6 549,2 519,7	55,0 66,0 59,0 56,0 53,0
Kẽm đúc không mài	5 50 100	559,0 460,9 451,1	57,0 47,0 46,0
Kẽm đúc có mài	5 50 100	598,2 568,8 500,1	61,0 58,0 51,0
Thiếc đúc không mài	5 50 100	88,3 88,3 88,3	9,0 9,0 9,0
Thiếc đúc và mài bóng	10 20 50	88,3 88,3 88,3	9,0 9,0 9,0
Chì đúc và không mài	10 20 50	58,8 56,9 52,0	6,0 5,8 5,3
Chì đúc và mài bóng	10 20 50	66,7 58,8 52,0	6,8 6,0 5,3
Cadimi đúc và không mài	10 50 100	333,4 362,8 323,4	34,0 37,0 33,0
Cadimi đúc và mài bóng	10 50 100	451,1 372,7 323,4	46,0 38,0 33,0
Latông (Л68) có pha α và đánh bóng điện phân	10 50 100	745,3 735,5 647,2	76,0 75,0 66,0
Latông (Л68) có pha α và mài bóng cơ học	10 50 100	1412,2 1402,4 1363,1	144,0 143,0 139,0

Tiếp bảng 4.20

1	2	3	4
Latông β đánh bóng điện phân	10 50 100	1157,2 1323,9 1294,5	118,0 135,0 132,0
Latông β mài bóng cơ học	10 50 100	1569,1 1873,1 1802,7	160,0 191,0 193,0

Bảng 4.21. **Độ cứng tế vi các pha trong hệ Cu - Sn**

Thành phần, %		Dung dịch rắn ω		Pha h (Cu_6Sn_5)		Pha ε (Cu_3Sn)		Pha γ ($Cu_{31}Sn_8$)		Dung dịch α	
Cu	Sn	MPa	kG/mm^2	MPa	kG/mm^2	MPa	kG/mm^2	MPa	kG/mm^2	MPa	kG/mm^2
1,0	99,0	136	13,9	-	-	-	-	-	-	-	-
2,0	98,0	118	12,0	-	-	-	-	-	-	-	-
4,0	96,0	180	18,4	-	-	-	-	-	-	-	-
10,0	90,0	202	20,6	-	-	-	-	-	-	-	-
20,0	80,0	178	18,2	-	-	-	-	-	-	-	-
32,0	68,0	119	12,1	3620	369,2	-	-	-	-	-	-
40,0	60,0	-	-	3480	355,0	-	-	-	-	-	-
42,0	48,0	-	-	3360	342,8	-	-	-	-	-	-
63,0	37,0	-	-	-	-	5450	560,4	-	-	-	-
69,0	31,0	-	-	-	-	-	-	5300	537,7	-	-
80,0	20,0	-	-	-	-	-	-	3200	325,2	1200	121,0
95,0	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	1000	97,1

Bảng 4.22. **Độ cứng tế vi các pha và các thành phần tổ chức của hợp kim**

Tên gọi các pha và các thành phần tổ chức	Số hiệu vật liệu	Độ cứng tế vi	
		MPa	kG/mm^2
Ferit	C 08	1226	125
	C 20	2354-2698	240-275
	C 30	2698-3089	275-315
	C45	2501	256
Xoocbit (ferit với cacbit hạt mịn)	20CrNi	2608-3197	275-325
	OL100Cr2	2108-2795	215-285
	100Cr12	2893-3334	295-340
	100Cr12Mo	2698-3040	275-310

Tiếp bảng 4.22

Tên gọi các pha và các thành phần tổ chức	Số hiệu vật liệu	Độ cứng tế vi	
		MPa	kG/mm^2
Peclit tấm	C 20	2698-3138	275-320
	C 30	3197-3383	325-345
Pha cacbit	CD70	2698-3236	275-330
	Gang	2942-3579	300-365
	Gang	10738-11278	1095-1150
	100Cr12Mo	11336-12258	1156-1250
	100Cr2	11336-13435	1156-1370
Austenit	80Cr4W18CoV	12759	1300
	00Cr18Ni8	1716	175
	100Cr12Mo	5099	520
Cùng tinh Ledeburit	Gang	4168-4854	425-495
	100Cr12	7355-8336	750-850
	Gang	9807-11032	1000-1125
	-	5590	570
Trustit	-	4707	480
Bainit	-	2912-7600	300-775
Grafit	-	20-107	2-11

***Bảng 4.23.* Độ cứng tế vi mactenxit**

Hợp kim	Độ cứng của mactenxit lớn nhất		Độ cứng mactenxit khi tôi ở nhiệt độ AC_1		Độ cứng mactenxit khi tôi ở nhiệt độ nóng chảy	
	MPa	kG/mm^2	MPa	kG/mm2	MPa	kG/mm2
0,2%C	10397,0	1050	7109,8	725	4167,8	425
0,3%C	9160,2	935	7109,8	725	5982,0	610
CD70	9904,7	1010	6962,7	710	8924,0	910
20CrNi	6227,2	635	5050,4	515	4413,0	450
100 OLCr2	10198,9	1040	5785,9	590	7845,3	800
100 Cr12Mo	8727,9	890	3922,7	400	5001,4	510
Gang	10444,0	1065	6619,5-7845,3	676-800	6276,2	640

Bảng 4.24. **Độ cứng tế vi một số cacbit, bopit, silicua**

Tên pha	Công thức hóa học	Tải trọng gam	Độ cứng tế vi	
			MPa	kG/mm^2
Cacbit Bor	BC	-	35185	3700
Cacbit Vanadi	VC	50	23536-27490	2400-2800
Cacbit Vonfram		100	20437-24615	2084-2510
	WC	100	15544-16956	1585-1730
		50	23536	2400
	W_3C	50	29420-33343	3000-3400
	-	50	28567	2913
Cacbit Silic	SiC	25	17652-34323	1800-3500
Cacbit Molipden	Mo_2C	-	14416-19613	1470-2000
	Mo_3C	50	14710	1500
Cacbit Niobi	NbC	50	20153-23536	2055-2400
Cacbit Tantan	TaC	50	15171-17652	1517-1800
Cacbit Titan	TiC	100	27949-33245	2850-3390
Cacbit Crom	Cr_3C_2	25	9807-13729	1000-1400
		50	12749	1300
Cacbit Zieconi	ZrC	100	27812-34127	2836-3480
		50	25497	2600
Cacbit Vonfram-Zieconi	-	100	26478-26802	2700-2733
Cacbit Sắt-Vanadi	-	25	17770	1812
Cacbit Molipden-Vonfram	-	100	20202-20918	2060-2133
Cacbit Tantan- Vonfram	-	100	18005-18103	1836-1846
Cacbit Titan Vonfram	-	-	12209-28493	1245-2900
Cacbit Crom-Vonfram	-	-	14710-23536	1500-2400
Borit Molipden	MoB_2	50	13533	1380
	Mo_2B	100	16279	1660
	MoB	100	15396	1570
Borit Titan	TiB_2	50	33343	3400
Borit Crom	CrB_2	50	17652	1800
Borit Zieconi	ZnB_2	50	21575	2200
Silicua Vonfram	WSi_2	100	10689-16004	1090-1632
	$WSi_{0,7}$	100	7551	770
Silicua Molipden	$MoSi_2$	100	12651-13827	1290-1410
	$MoSi_{0,65}$	100	11474	1170
	Mo_3Si	100	8728-12847	890-1310
Silicua Niobi	$NbSi_2$	100	10297	1050
Silicua Tatan	$TaSi_2$	100	15298	1560
Silicua Titan	Ti_5Si_3	100	9669	986
Silicua Crom BC	$CrSi_2$	100	11278	1150

Bảng 4.25. **Độ cứng tế vi các pha trong hệ Sn-Sb-Pb-Cu**

Thành phần hợp kim				SnSb		Pha γ		Nền mềm	
Sn	Sb	Pb	Cu	MPa	kG/mm^2	MPa	kG/mm^2	MPa	kG/mm^2
83	12		-	923	94,1	178	18,1	-	-
83	12		0,15	917	93,5	-	-	177	18,0
83	12		1,0	923	94,1	-	-	200	20,4
83	12		2,0	1033	105,3	-	-	229	23,4
83	12		3,0	1063	108,4	-	-	194	19,8
83	12	Còn lại	5,0	957	97,6	-	-	229	23,3
83	12		6,0	924	94,4	-	-	223	22,7
15	17		-	1079	110,0	-	-	166	16,9
15	17		0,5	1264	136,2	-	-	158	16,1
15	17		1,5	1209	123,3	-	-	170	17,4
15	17		2,0	1289	131,4	-	-	187	19,1
15	17		3,0	1289	131,4	-	-	208	21,2
15	17		4,0	1383	141,0	-	-	189	19,3
15	17		5,0	1452	148,2	-	-	173	17,6
15	17		6,0	1383	141,0	-	-	160	16,3

Bảng 4.26. **Độ cứng tế vi các pha trong hệ Sn-Sb**

Sn	Sb	Dung dịch α		Dung dịch β		Dung dịch γ		Chú thích
		MPa	kG/mm^2	MPa	kG/mm^2	MPa	kG/mm^2	
99,0	1,0	138,3	14,1	-		-		
95,0	5,0	204,0	20,8	-		-		α–dung dịch trên nền thiếc
90,0	10,0	213,8	21,8	-		-		
80,0	20,0	249,1	25,4	1048,3	106,9	-		β–dung dịch (trung gian)
60,0	40,0		-	957,1	97,6	-		
30,0	70,0		-		-	1288,6	131,4	γ–dung dịch trên nền Sb
10,0	90,0		-		-	1190,5	121,4	
5,0	95,0		-		-	1048,3	106,9	

Bảng 4.27. **Độ cứng tế vi các pha trong hệ Cu–Sb**

Cu	Sb	Dung dịch β trên nền Sb		Cu_2Sb	
		MPa	kG/mm^2	MPa	kG/mm^2
0,5	99,5	1116,0	113,8		-
1,0	99,0	1187,6	121,4		-
2,0	98,0	1059,1	108,4	3841,4	391,7
6,0	94,0	912,0	93,3	3006,7	306,6
24,0	76,0	1469,0	149,8	2604,6	265,6

Bảng 4.28. **Độ cứng tế vi của gang và thép Crom**

Tên hợp kim	Vị trí mũi đâm	Độ cứng tế vi	
		MPa	kG/mm^2
Sắt	Lớp khuếch tán*	2420,3	257
	Nền kim loại	1451,4	148
ThépC10	Lớp khuếch tán	6325,3	645
	Nền kim loại	1578,9	161
ThépC45	Lớp khuếch tán	9071,1	925
	Nền kim loại	1873,1	191
Thép CD100	Lớp khuếch tán	14219,6	1450
	Nền kim loại	1716,2	175
Gang	Lớp khuếch tán	18828,8	1920
	Nền kim loại	1343,4	137

* Lớp thấm Nitơ ở 520°C, 5h

Chương 5. CÁC PHƯƠNG PHÁP NHIỆT LUYỆN THÔNG DỤNG

5.1. NHIỆT LUYỆN THỂ TÍCH VÀ BỀ MẶT

5.1.1. Ủ SAU BIẾN DẠNG NGUỘI

Ủ sau biến dạng nguội thường gọi là ủ kết tinh lại (U_{ktl}), đó là phương pháp nhiệt luyện với mục đích khử bỏ những sai lệch mang tinh thể trong kim loại đã qua biến dạng. Người ta tiến hành ủ kết tinh lại như sau : nung nóng thép đến nhiệt độ cao hơn nhiệt độ kết tinh lại 150−250°C (T_{ktl} = 0,4 T_{ch}), giữ ở nhiệt độ này và làm nguội chậm tiếp theo. Khi ủ kết tinh lại sẽ gây ra sự phát triển của những hạt đã biến dạng, khử bỏ biến cứng và ứng suất bên trong khi kết tụ xementit và tạo thành peclit hạt. Ủ kết tinh lại thường dùng cho những chi tiết sau khi biến dạng nguội (cán, kéo và dập nguội) với mục đích làm tăng tính dẻo của thép.

Bảng 5.1. **Bảng ký hiệu các phương pháp và tổ chức nhiệt luyện**

Ký hiệu	Tên phương pháp hoặc tổ chức	Ký hiệu	Tên phương pháp hoặc tổ chức
1	2	3	4
U_{ktl}	Ủ kết tinh lại	R_{nl}	Ram nhiều lần
U	Ủ	H_g	Hóa già
U_{ht}	Ủ hoàn toàn	TC	Thấm cacbon
U_{kht}	Ủ không hoàn toàn	TC_r	Thấm cacbon thể rắn
U_{kt}	Ủ khuếch tán	TC_k	Thấm cacbon thể khí
U_{dn}	Ủ đẳng nhiệt	TC_l	Thấm cacbon thể lỏng
U_s	Ủ sáng	TCN	Thấm xianua
U_{ch}	Ủ cầu hóa	TCN_c	Thấm xianua nhiệt độ cao
U_t	Ủ thấp	TCN_t	Thấm xianua nhiệt độ thấp
T_h	Thường hóa	TCN_l	Thấm xianua thể lỏng
A_h	Austenit hóa	TCN_k	Thấm xianua thể khí
T	Tôi	TCN_r	Thấm xianua thể rắn
T_{ht}	Tôi hoàn toàn	TN	Thấm nitơ

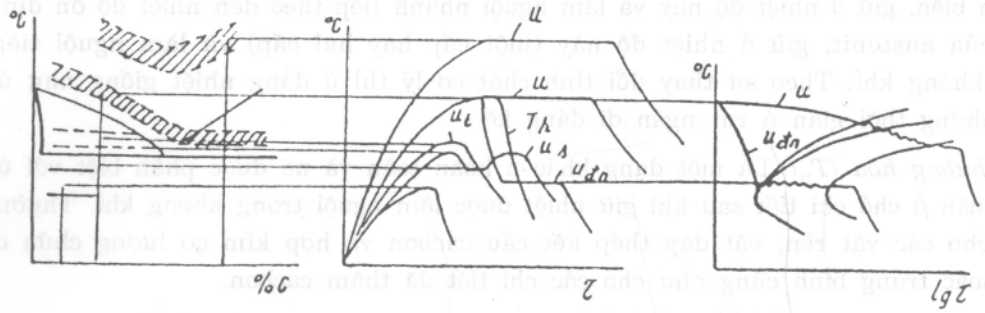
Tiếp bảng 5.1

1	2	3	4
T_{kht}	Tôi không hoàn toàn	TN_{dn}	Thấm nitơ đẳng nhiệt
T_{pc}	Tôi phân cấp	TN_{nc}	Thấm nitơ nhiều cấp
$T_{dn}T$	Tôi đẳng nhiệt được trustit	TN_k	Thấm nitơ thể khí
$T_{dn}X$	Tôi đẳng nhiệt được xoocbit	TN_l	Thấm nitơ thể lỏng
T_{gd}	Tôi gián đoạn	TN_b	Thấm nitơ tăng bền
T_{ng}	Tôi nghỉ	TN_{rcm}	Thấm nitơ chống ăn mòn
T_{tr}	Tôi tự ram	TS	Thấm lưu huỳnh
T_s	Tôi sáng	TS_{tb}	Thấm lưu huỳnh nhiệt độ trung bình
T_{sh}	Tôi sạch	TS_t	Thấm lưu huỳnh nhiệt độ thấp
T_{al}	Tôi dưới áp lực	TSCN	Thấm xianua lưu huỳnh
T_{bp}	Tôi bộ phận	G_{hn}	Gia công bằng hơi nước
T_{bm}	Tôi bề mặt	G_1	Gia công lạnh (0^o)
TSC	Dòng điện tần số cao	R_n	Rèn
R	Ram	Nl_1,	Nhiệt luyện lần thứ nhất, nhiệt luyện
R_a	Ram cao	NL_2	lần thứ hai
R_t	Ram thấp	P_h	Tổ chức peclit hạt
T_1,T_2	Tôi lần thứ nhất, tôi lần thứ hai	Xê	Tổ chức xementit
CK	Gia công cơ khí	X	Tổ chức xocbit
LR	Lắp ráp	T	Tổ chức trustit
M	Mạ	B	Tổ chức bainit
EN	Ép nguội	B_t	Tổ chức bennit trên
D	Đặc	B_d	Tổ chức bainit dưới
K	Tổ chức cacbit	M	Tổ chức mactenxit
F_h	Tổ chức ferit hạt	M_{hk}	Tổ chức mactenxit hình kim
F_m	Tổ chức ferit mạng	M_{hkl}	Tổ chức mactenxit hình thỏ
P_t	Tổ chức peclit tấm	M_{hkm}	Tổ chức mactenxit hình kim mịn
P_{tm}	Tổ chức peclit tấm mỏng	M_{hkn}	Tổ chức mactenxit hình kim nhỏ

5.1.2. Ủ

Ủ là phương pháp nhiệt luyện để nhận được tổ chức cân bằng (ổn định của sự phân hóa austenit theo thời gian làm nguội từ nhiệt độ nung nóng nhất định trong khoảng chuyển biến hay lớn hơn. Ủ được thực hiện bằng cách nung nóng các chi tiết thép (vật phẩm) đến nhiệt độ nhỏ hay lớn hơn khoảng chuyển biến. Giữ ở nhiệt độ này và làm nguội tiếp theo với tốc độ cho trước (hình 5.1). Trong quá trình ủ sẽ làm thay đổi tính phân tán của các pha, thay đổi hình dạng và kích thước của hạt và kết quả ta được tổ chức cân bằng, độ cứng giảm đi, độ dẻo và độ dai tăng lên.

Ủ thường dùng đối với các vật đúc, vật cán, vật rèn làm bằng thép hợp kim hoặc những phôi bằng thép dụng cụ hợp kim và thép gió cũng như các khuôn dập. Mục đích của ủ là khử bỏ ứng suất bên trong, các thiên tích gia công cắt gọt, loại bỏ sự không đồng nhất về tổ chức, chuẩn bị tổ chức cho việc gia công tiếp theo.



Hình 5.1. Sơ đồ biểu diễn chế độ nhiệt của quá trình ủ.

Ủ được phân loại :

A – Theo điều kiện nung nóng và giữ nhiệt :

ủ hoàn toàn – U_{ht} ;

ủ không hoàn toàn – U_{kht} ;

ủ khuếch tán – U_{kt}.

B – Theo điều kiện làm nguội :

ủ đẳng nhiệt – U_{dn} ;

thường hóa – T_h

C – Theo điều kiện tác dụng của các yếu tố bên ngoài :

ủ sáng – $U_s(T_{hs})$

D – Theo điều kiện thay đổi tổ chức :

ủ cầu hóa – U_{ch}

Ủ hoàn toàn (U_{ht}). Được thực hiện bằng cách nung nóng đến nhiệt độ lớn hơn điểm Ac_3 một khoảng 30–50°C, giữ ở nhiệt độ này và làm nguội chậm tiếp theo với tốc độ cho trước. Ủ không hoàn toàn (U_{kht}) được thực hiện bằng cách nung nóng đến nhiệt độ trong khoảng chuyển biến, giữ ở nhiệt độ này trong thời gian ngắn và làm nguội chậm tiếp theo. Khi ủ không hoàn toàn thì chỉ thay đổi một phần tính chất của kim loại. Ủ không hoàn toàn được dùng chủ yếu cho thép sau cùng tích, hoặc cho vật rèn, vật cán của thép trước cùng tích, với mục đích là khử bỏ ứng suất bên trong và cải thiện tính gia công cắt gọt.

Ủ khuếch tán (U_{kt}). Thực hiện bằng cách nung nóng đến nhiệt độ lớn hơn điểm Ac_3

một khoảng 150 – 250°C, giữ lâu ở nhiệt độ này và làm nguội tiếp theo với tốc độ cho trước. Trong quá trình ủ khuếch tán sẽ làm thay đổi độ phân tán của các pha và hạt austenit lớn lên rất mạnh, ủ khuếch tán thường dùng cho những vật đúc lớn và làm đồng đều thành phần hóa học và giảm sự thiên tích của nó.

Ủ đẳng nhiệt (U_{dn}). Thực hiện bằng cách nung nóng đến nhiệt độ lớn hơn khoảng chuyển biến, giữ ở nhiệt độ này và làm nguội nhanh tiếp theo đến nhiệt độ ổn định kém nhất của austenit, giữ ở nhiệt độ này (một cấp hay hai cấp) và làm nguội tiếp theo trong không khí. Theo sự thay đổi tính chất cơ lý thì ủ đẳng nhiệt giống như ủ hoàn toàn nhưng thời gian ủ rút ngắn đi đáng kể.

Thường hóa (T_h). Là một dạng khác ủ hoàn toàn và nó được phân biệt với ủ hoàn hoàn toàn ở chỗ chi tiết sau khi giữ nhiệt được làm nguội trong không khí. Thường hóa dùng cho các vật rèn, vật dập thép kết cấu cacbon và hợp kim có lượng chứa cacbon thấp hoặc trung bình cũng như cho các chi tiết đã thấm cacbon.

Ủ sáng (U_s) (thường hóa sáng – T_{hs}). Chế độ nhiệt của quá trình này cũng giống như bất kỳ một chế độ nào đã kể trên, nhưng chỉ khác ở chỗ, chi tiết được ủ trong khí bảo vệ hoặc trong lò chân không.

Ủ sáng thường dùng cho những sợi, thanh, băng đã qua cán nguội. Hoặc cho những chi tiết dập nguội, cũng như những chi tiết trước khi mạ. Mục đích của ủ sáng là để bảo vệ mặt kim loại khỏi bị oxi hóa và thoát cacbon.

Ủ cầu hóa (U_{ch}). Thực hiện bằng nung nóng với sự thay đổi nhiệt độ có chu kỳ gần (cao hơn hoặc thấp hơn) điểm Ac_1 (chuyển biến peclit), kết quả xementit tập trung lại và tạo thành peclit hạt. Tổ chức này có độ cứng thấp, tính dẻo và tính dai tăng lên, cũng như loại bỏ được mạng xementit của thép sau cùng tích. Mục đích của ủ cầu hóa được ứng dụng chủ yếu để cải thiện tính gia công cắt gọt (C > 0,65%).

Trong thực tế, các nhà máy chế tạo máy còn dùng quá trình nhiệt luyện để khử bỏ ứng suất bên trong. Quá trình này được gọi là ủ thấp (U_t), ủ thấp được thực hiện bằng cách nung nóng thấp hơn nhiệt độ Ac_j, giữ ở nhiệt độ này và làm nguội chậm cùng lò.

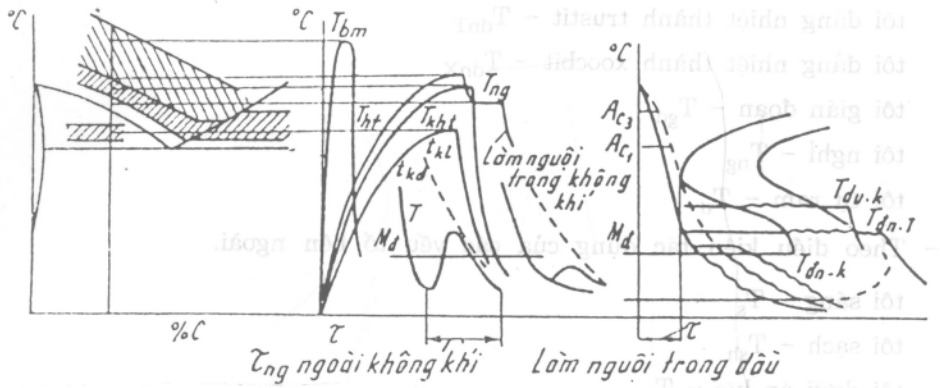
5.1.3. AUSTENIT HÓA

Austenit hóa A_h là một quá trình nhiệt luyện, cho phép ta nhận được tổ chức austenit khi nung nóng và làm nguội tiếp theo không phụ thuộc vào tốc độ nguội của quá trình. Austenit hóa thực hiện bằng cách nung nóng thép (hoặc hợp kim) đến nhiệt độ xác định (thường trong giới hạn 1050–1150°C, tốt nhất là để nhận được tính chất yêu cầu đối với mỗi một số hiệu thép hoặc hợp kim) và làm nguội với tốc độ bất kỳ thường trong nước hoặc trong dầu. Thực hiện theo chế độ này sẽ được tổ chức austenit.

Austenit hóa được ứng dụng đối với những số hiệu thép austenit (thường là thép không gỉ và thép bền nóng). Tiếp theo sau quá trình này là hóa già ở nhiệt độ 650–850°C.

Austenit hóa ở nhiệt độ cao, mục đích để hòa tan những cacbit và những pha thừa (được tiết ra trong quá trình gia công trước) vào dung dịch đặc, còn hóa già tiếp theo là để làm tiết ra từ dung dịch dặc một số pha thừa ở trạng thái phân tán cao.

Đặc biệt trong các tài liệu của Mỹ và Đức thì danh từ ôstenit hóa là tổ chức nhận được trong quá trình nung nóng, trong trường hợp này austenit hóa dùng cho các số hiệu thép bất kỳ.



Hình 5.2. Sơ đồ biểu diễn chế độ nhiệt của các quá trình tôi.

5.1.4. TÔI

Tôi (T). Là quá trình nhiệt luyện để nhận được tổ chức không cân bằng của chuyển biến hoặc phân hóa austenit khi quá nguội rất lớn với tốc độ lớn hơn tốc độ tới hạn. Tôi được thực hiện bằng cách nung nóng chi tiết (vật phẩm) đến nhiệt độ trong khoảng chuyển biến hay lớn hơn, giữ ở nhiệt độ này và làm nguội tiếp theo với tốc độ hơn tốc độ tới hạn trong khoảng kém ổn định nhất của austent (hình 5.2).

Kết quả cuối cùng của quá trình tôi phụ thuộc vào tốc độ nguội và nhiệt độ kết thúc chuyển biến mactenxit điểm M_k. Tổ chức mactenxit chỉ có được khi tốc độ nguội lớn hơn tốc độ nguội tới hạn, đối với thép có điểm M_k lớn hơn 20°C, còn những thép có điểm M_k nhỏ hơn 20°C trong tổ chức sau khi tôi cùng với mactenxit còn có austenit.

Khi tốc độ nguội nhỏ hơn tốc độ nguội tới hạn sẽ nhận được tổ chức phân hóa của austenit–trustit, xoocbit–peclit (tổ chức hỗn hợp gồm ferit, xementit), những tổ chức đó xác định được cả cơ tính.

Sự phụ thuộc của tổ chức và độ cứng vào tốc độ nguội, đối với số hiệu thép cho trước được xác định từ đường cong nhiệt động.

Phần lớn các chi tiết (vật phẩm) sau khi tôi nhất thiết phải ram. Tôi và ram cao tiếp theo được gọi là hóa tốt, kết quả của tôi được tổ chức mactenxit và trustit.

Mục đích của tôi là để nhận được độ cứng cao và cơ tính mong muốn, nó là quá trình nhiệt luyện chủ yếu các chi tiết thép dụng cụ và gá lắp :

Tôi được chia ra :

A – Theo điều kiện nung nóng và giữ nhiệt ;

tôi hoàn toàn – T_{ht}

tôi không hoàn toàn – T_{kht}

B – Theo điều kiện làm nguội và thay đổi tổ chức :

tôi phân cấp, đẳng nhiệt – T_{pc}

tôi đẳng nhiệt thành trustit – T_{dnT}

tôi đẳng nhiệt thành xoocbit – T_{dnX}

tôi gián đoạn – T_{gd}

tôi nghỉ – T_{ng}

tôi tự ram – T_{u}

C – Theo điều kiện tác dụng của các yếu tố bên ngoài.

tôi sáng – T_{s}

tôi sạch – T_{sh}

tôi dưới áp lực – T_{al}

D– Theo điều kiện thay đổi tổ chức hoặc độ cứng trên bề mặt hoặc tiết diện :

tôi bộ phận – T_{bp}

tôi bề mặt – T_{bm}

Tôi hoàn toàn (T_{ht}). Thực hiện bằng cách nung nóng đến nhiệt độ lớn hơn khoảng chuyển biến – điểm AC_3 từ 30–50°C.

Tôi không hoàn toàn (T_{kht}). Được thực hiện bằng cách nung nóng đến nhiệt độ trong khoảng chuyển biến – (cao hơn điểm Ac_1 50–60°C), lúc này ngoài tổ chức không ổn định ra còn có pha dư không thay đổi (ferit đối với thép trước cùng tích và cacbit đối với thép sau cùng tích). Tôi không hoàn toàn chỉ áp dụng cho thép sau cùng tích.

Tôi phân cấp (T_{pc}). Được thực hiện bằng cách nung nóng đến nhiệt độ trong khoảng chuyển biến hoặc cao hơn (phụ thuộc vào lượng chứa cacbon trong thép), giữ ở nhiệt độ này và làm nguội nhanh tiếp theo. Làm nguội trong môi trường có tốc độ nguội lớn hơn tốc độ tới hạn trong khoảng kém bền vững nhất của austenit, giữ ở nhiệt độ này (ở nhiệt độ cao hơn nhiệt độ bắt đầu chuyển biến M_d khoảng 20–30°C) với thời gian nhỏ nhất và làm nguội nhanh đến nhiệt độ bình thường, sau đó nhất thiết phải ram.

Tôi đẳng nhiệt dùng cho các dụng cụ bằng thép gió hoặc thép hợp kim cao, ổ bi, bánh răng, v.v... với mục đích đạt được cơ tính mong muốn và độ biến dạng nhỏ nhất. Tôi đẳng nhiệt là một quá trình nhiệt luyện tiên tiến.

Tôi đẳng nhiệt thành trustit (T_{dnT}) : Thực hiện bằng cách nung nóng đến nhiệt độ cao hơn khoảng chuyển biến, giữ ở nhiệt độ này, làm nguội nhanh tiếp theo trong môi trường có tốc độ nguội lớn hơn tốc độ tới hạn (khoảng kém ổn định nhất của austenit) và giữ trong môi trường này ở nhiệt độ lớn hơn nhiệt độ bắt đầu chuyển biến mactenxit M_d khoảng 20−100°C cho đến khi austenit phân hóa hoàn toàn, kết quả của quá trình là nhận được tổ chức trustit hình kim, có tính dẻo cao, độ bền tốt, sau khi tôi nhất thiết phải ram.

Tôi đẳng nhiệt thành xoocbit (T_{dnX}). Thực hiện giống như quá trình tôi đẳng nhiệt thành trustit, giữ ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ kém ổn định nhất của austenit khoảng 50−100°C để nhận được độ cứng mong muốn và không nhất thiết phải ram.

Kết quả của quá trình là nhận được tổ chức xoocbit có độ dẻo, độ dai và độ bền đảm bảo khi lượng biến dạng chi tiết nhỏ nhất. Thời gian toàn chu kỳ gia công giảm đáng kể. Khi dùng để nhiệt luyện các dây, quá trình này được gọi là tôi chì, được thực hiện bằng cách nung nóng đến nhiệt độ cao hơn Ac_3 khoảng 20−30°C giữ ở nhiệt độ này và làm nguội trong chì nóng chảy ở 540−560°C, không cần phải ram.

Những quá trình nhiệt luyện nếu tôi trong môi trường nóng sẽ cho phép nâng cao tương đối độ bền kết cấu các chi tiết máy, tránh sự tạo thành các vết nứt tôi và bảo đảm độ vênh nhỏ nhất khi gia công. Ngoài ra khi tôi trong kiềm nóng chảy, nhận được bề mặt chi tiết sáng, không có oxit

Trên cơ sở ứng dụng các chế độ đẳng nhiệt nào đó đối với số hiệu thép đã cho, xác định được đường cong phân hóa đẳng nhiệt austenit.

Tôi gián đoạn (T_{gd}). Giống như các điều kiện nung nóng để tôi hoàn toàn hay không hoàn toàn, làm nguội trong nước và giữ nhiệt trong khoảng trung gian trong không khí hay dầu (n → kk, n → d). Tôi gián đoạn dùng cho các chi tiết lớn và có hình dáng phức tạp hay các dụng cụ để làm giảm ứng suất bên trong và biến dạng khi tôi.

Tôi nghỉ (T_{ng}). Thực hiện bằng cách nung nóng đến nhiệt độ cao hơn điểm Ac_3 khoảng 50−100°C, làm nguội chậm tiếp theo (nghỉ) đến nhiệt độ nhỏ hơn nhiệt độ Ac_3, rồi làm nguội nhanh tiếp tục với tốc độ nguội lớn hơn tốc độ tới hạn.

Tôi nghỉ thường áp dụng cho các chi tiết làm bằng thép hạt nhỏ, cũng như đối với những chi tiết cần tôi ngay sau khi thấm cacbon, để làm giảm lượng austenit dư sau khi tôi, giảm ứng suất bên trong và giảm biến dạng khi tôi.

Thí dụ về quá trình công nghệ như sau : thấm cacbon ở 920−940°C, giữ đến 780−800°C rồi tôi, sau đó ram thấp.

Tôi tự ram (T_{tr}). Quá trình cũng giống như tôi hoàn toàn, không hoàn toàn, nhưng khi làm nguội trong môi trường tôi, chỉ bảo đảm làm nguội, phần cần tôi. Sau đó làm nguội tiếp theo trong môi trường tôi và cũng chỉ làm nguội phần cần tôi, tiếp theo làm nguội trong không khí, và nhờ nhiệt còn tích lại ở phần không cần tôi cung cấp mà gây ra quá trình tự ram lớp đã tôi của chi tiết.

Tôi tự ram, thường dùng đối với những chi tiết thường có hình dạng đơn giản chỉ cần tôi bộ phận để làm giảm ứng suất bên trong, giảm biến dạng khi tôi và giảm khối lượng lao động nhiệt luyện.

Tôi sáng (T_s) là một dạng khác bất kỳ của quá trình tôi, được thực hiện bằng cách nung nóng trong môi trường bảo vệ và làm nguội trong dầu tôi sáng. Tôi sáng được ứng dụng cho lò xo, bánh răng, trục và các chi tiết khác nhau làm việc dưới tải trọng thay đổi, với mục đích bảo vệ khỏi oxi hóa và thoát cacbon để có thể nhận được giá trị giới hạn mỏi cao.

Tôi sáng cũng dùng trong trường hợp khác để bảo vệ các chi tiết thép khỏi oxi hóa và thoát cacbon.

Tôi sạch (T_{sh}). Quá trình cũng giống như tôi sáng nhưng phải dùng môi trường tôi bất kỳ sao cho để lại trên bề mặt chi tiết có màu không đổi hay một lớp vỏ dầu.

Tôi dưới áp lực (T_{al}) là một dạng tôi, trong đó chi tiết được làm nguội trong khuôn dập dưới áp lực đều từ các phía khoảng (1000–2000) MPa. kết quả của nó là làm thay đổi tốc độ chuyển biến pha, nhờ đó mà tính chất cơ học của thép được cải thiện và tính chất cắt gọt của dụng cụ được nâng cao.

Bảng 5.2. **Bảng so sánh cơ tính của thép 30CrMnSiA sau khi tôi đẳng nhiệt và tôi thường**

Cơ tính	Tôi đẳng nhiệt ở 370°C, τ = 15 ph	Tôi trong dầu ; ram ở 450°C, τ = 15 ph	Sự thay đổi tính chất tính theo %	Tôi trong dầu ; ram ở 500°C τ = 2 h
σ_{tl}, 10 MPa	71,5	110,5	-35,0	101,5
σ_{ch}, 10 MPa	109,5	130,5	-19,0	114,7
σ_{hk}, 10 MPa	138,5	139,5	0	123,0
S_c, 10 MPa	248,0	215,0	+15,0	214,0
δ, % 10 MPa	57,0	51,0	+12,0	54,0
σ^*_{b8}, 10 MPa	112,02	70,5	+61,0	73,0
f**, mm	0,8	0,45	+83,0	0,44
a_k, 10^2 kJ/m^2 (mẫu dọc)	11,2	5,5	+104,0	7,3
a_k, 10^2 kJ/m^2 (mẫu ngang)	6,8	-	-	3,3

* σ_{b8} – Giới hạn bền kéo, khi có vết khía vòng nhọn, bán kính đáy của vết khía 0,1 mm khi góc nghiêng 8°.

**f – độ võng uốn khi uốn tĩnh mẫu có vết khía.

Bảng 5.3. **Phân loại các phương pháp nung nóng khi tôi bề mặt**

Nguồn năng lượng	Phương pháp nung nóng	Công dụng của quá trình
Năng lượng điện	1. Cảm ứng bằng các dòng điện : a) tần số điện công nghiệp ; b) tần số trung bình ; c) tần số cao 2. Phương pháp nung nóng. 3. Trong chất điện phân. 4. Trực tiếp nhờ dòng điện đi qua chi tiết (thể hiệu dòng điện trong khoảng 5-15V. Cường độ dòng điện phụ thuộc vào kích thước chi tiết). 1. Ngọn lửa axetilen. 2. Ngọn lửa khí oxi. 3. Ngọn lửa đất đèn khi đốt cháy khí bằng ngọn lửa rất nhỏ.	1. Dùng để nung khi tôi các chi tiết bằng thép kết cấu và các dụng cụ thép cacbon và thép hợp kim. 2. Dùng để nung khi tôi các chi tiết có hình dạng đơn giản, hình trụ hình tấm hoặc để ram các chi tiết đã tôi. 3. Đối với các chi tiết có hình dạng đơn giản. 4. Đối với các chi tiết hình dạng đơn giản - trụ, sợi, v.v... và cũng để nung các phôi rèn. 1–2. Để nung khi tôi bánh răng môđun lớn, trục, trục cán nguội, tấm, v.v... 3. Để nung trước khi tôi, thường hóa, ủ và ram.

Bảng 5.4. **Độ bền mỏi của mẫu thép C40 và 40Cr ở các chế độ nhiệt luyện khác nhau**

Chế độ nhiệt luyện	Giới hạn mỏi	
	MPa	%
Thép C40		
T_h	290	100
T_{ht}, 1,5 mm ; R 200^o	443	152,8
T_{ht}, 1,5 mm ; R 350^o	413	142,4
T_{ht}, 2,5 mm ; R 200^o	367	126,2
T_{ht}, 2,5 mm ; R 350^o	363	125,2
T 850, n ; R 580^o,	418	144,0
T 850^o, n ; R 580^o + T_{ht}, 1,5 mm ; R 200^o	400	137,9
T 850^o, n ; R 580^o + T_{ht}, 1,5 mm ; R 350^o	450	155,2
T 850^o, n ; R 580^o + T_{ht}, 2,5 mm ; R 200^o	365	125,7
T 850^o ; n ; R 580^o + T_{ht}, 2,5 mm ; R 350^o	440	151,8

Tiếp bảng 5.4

Thép 40Cr		
T_h	328	100
T900°, d, R 600°	473	144
T900°, d, R 600° + T_{ht}, 1,5 mm ; R 200°	565	172
T900°, d, R 600° + T_{ht}, 1,5 mm ; R 350°	588	179
T900°, d, R 600° + T_{ht}, 2,5 mm ; R 200°	665	203
T900°, d, R 600° + T_{ht}, 2,5 mm ; R 350°	575	175

Tôi bề mặt (T_{bm}) thực hiện bằng cách nung nóng chi tiết với tốc độ lớn hơn 1000°/ph, nguồn nung nóng là năng lượng điện và ngọn lửa khí.

Tôi bề mặt, dùng như dạng tôi bộ phận các chi tiết và dụng cụ, bảo đảm đạt được độ cứng cao, tính chống mài mòn, giới hạn mỏi cao, đạt được 130% giới hạn mỏi so với khi tôi thấu.

Phổ biến nhất công nghiệp là tôi bề mặt bằng dòng điện tần số cao (TSC).

Tốc độ nung TSC rất lớn nó làm tăng nhiệt độ tôi và mở rộng phạm vi nhiệt độ tôi khá lớn (hình 5.3 và 5.4). Sau khi tôi nhận được tổ chức mactenxit hình kim nhỏ mịn và độ cứng cao (độ cứng cao hơn so với các phương pháp tôi thường 2–6 HRC).

Các qui luật cơ bản của chế độ và đặc tính của phương pháp tôi bề mặt khi nung nóng TSC được nêu ra ở hình 5.5 đến 5.8 và các bảng 5.5 và 5.6.

Sự tăng tốc độ của quá trình, khối lượng lao động ít, giá thành nhiệt luyện giảm cũng như tính năng của thiết bị sẽ chứng tỏ quá trình tôi bề mặt là tiên tiến nhất.

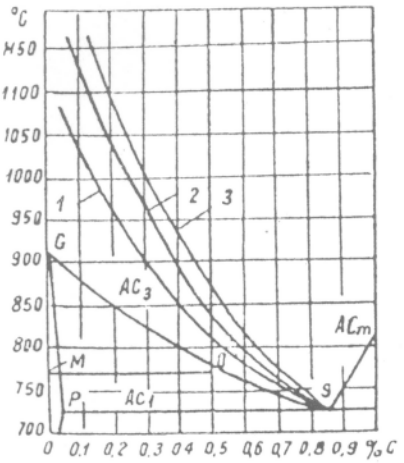
Quá trình tôi bề mặt bằng TSC được ứng dụng rộng rãi để gia công thép có độ thấm tôi nhỏ đặc biệt đối với các chi tiết có tiết diện nhỏ và bánh răng có modun nhỏ.

Các công trình nghiên cứu về việc tiếp tục mở rộng phạm vi ứng dụng nung nóng bằng TSC trong công nghiệp đang được tiến hành trong phòng thí nghiệm của các nhà máy.

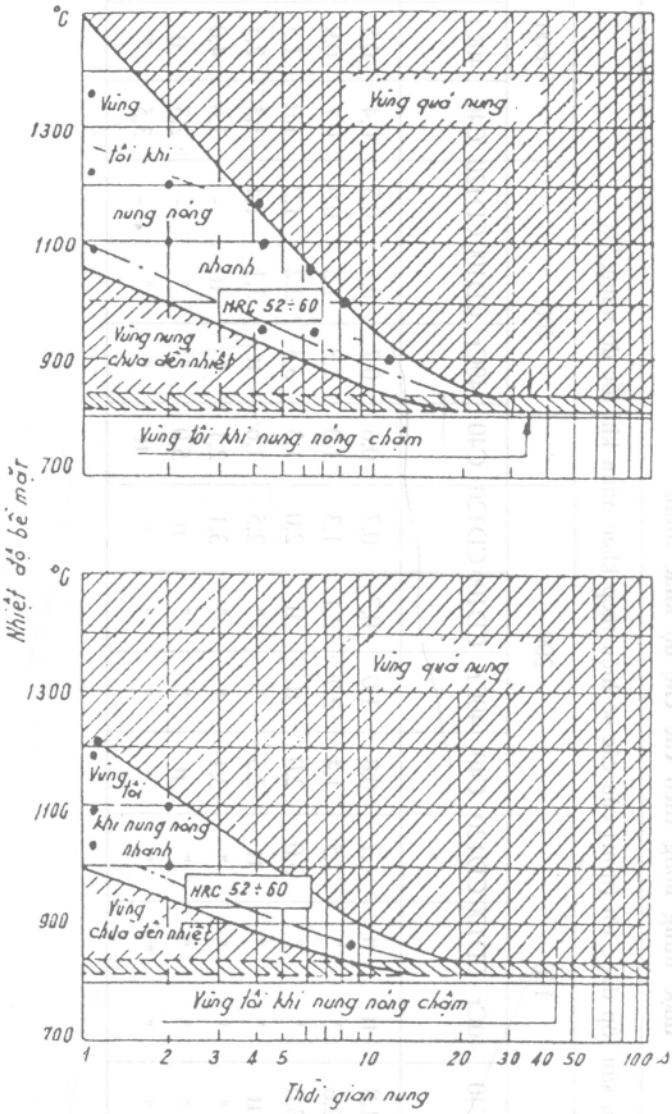
Bảng 5.5. **Chiều sâu lớp được tôi của các mẫu hình trụ có đường kính 15 mm, được nung nóng theo các chế độ khác nhau**

Nhiệt độ tôi, °C	Chiều sâu lớp được tôi (mm) của các số hiệu thép khác nhau khi tốc độ nung, °/s																		
	50				100				200				400				600		
	C40	40Cr	CD100	CD120	C40	40Cr	CD100	CD120	C40	40Cr	CD100	CD120	C40	40Cr	CD100	CD120	C40	40Cr	CD100
800	2,2	tt*	tt	2,1	1,8	tt	tt	1,7	0,8	1,0	0,7	0,7	0,6	0,7	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4
850	3,4	"	"	3,3	2,6	"	"	2,5	1,4	2,7	2,1	1,3	1,0	1,8	1,5	0,9	0,7	0,9	0,8
900	tt	"	"	tt	3,0	"	"	3,0	2,0	tt	tt	2,0	1,3	3,3	2,2	1,2	1,0	1,5	1,1
950	"	"	"	"	tt	"	"	tt	2,5	"	"	2,5	1,6	tt	3,1	1,4	1,3	2,4	1,5
1000	"	"	"	"	"	"	"	"	3,1	"	"	3,1	2,1	"	tt	-	1,6	4,0	2,1
1100	"	"	"	"	"	"	"	"	tt	"	"	tt	5,0	"	"	-	2,3	tt	tt
1200	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	tt	"	"	-	3,5	"	"

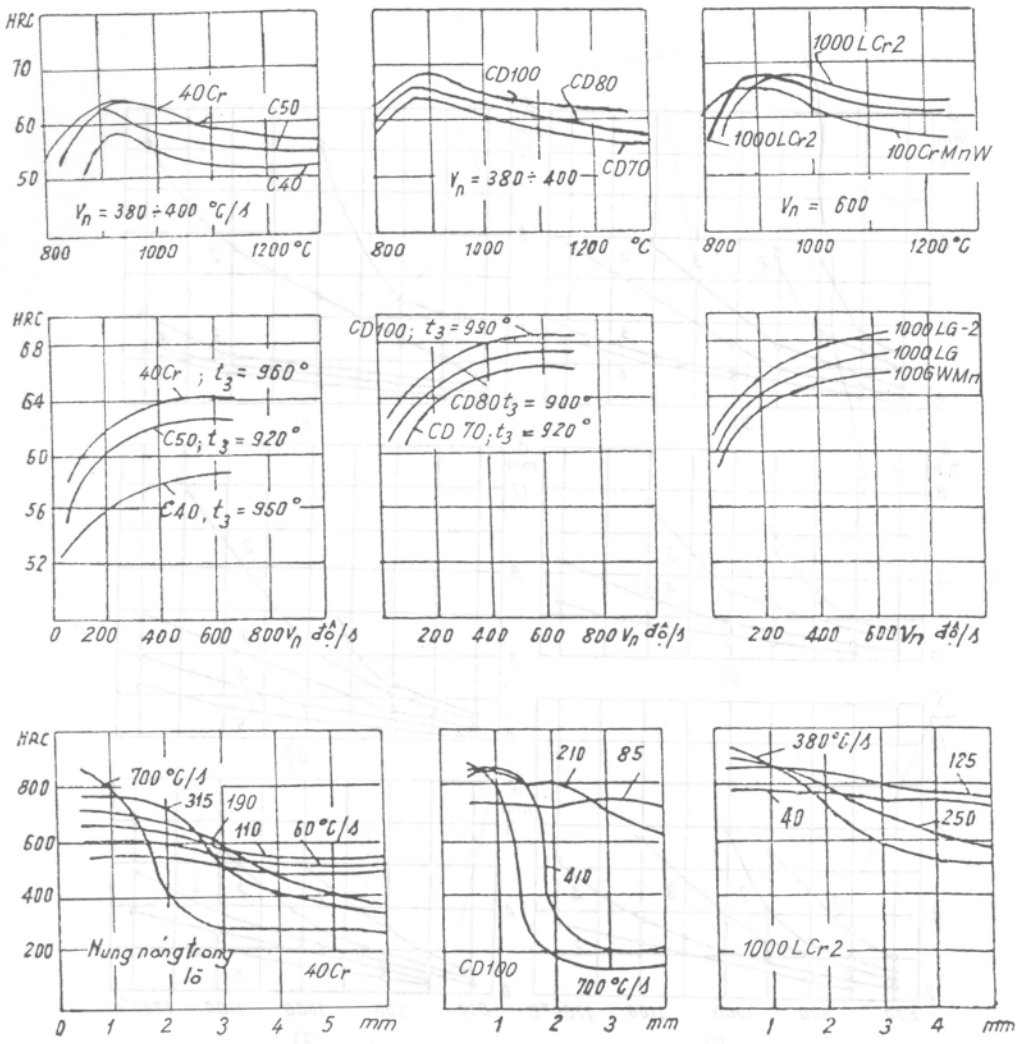
* tt tôi thấu.



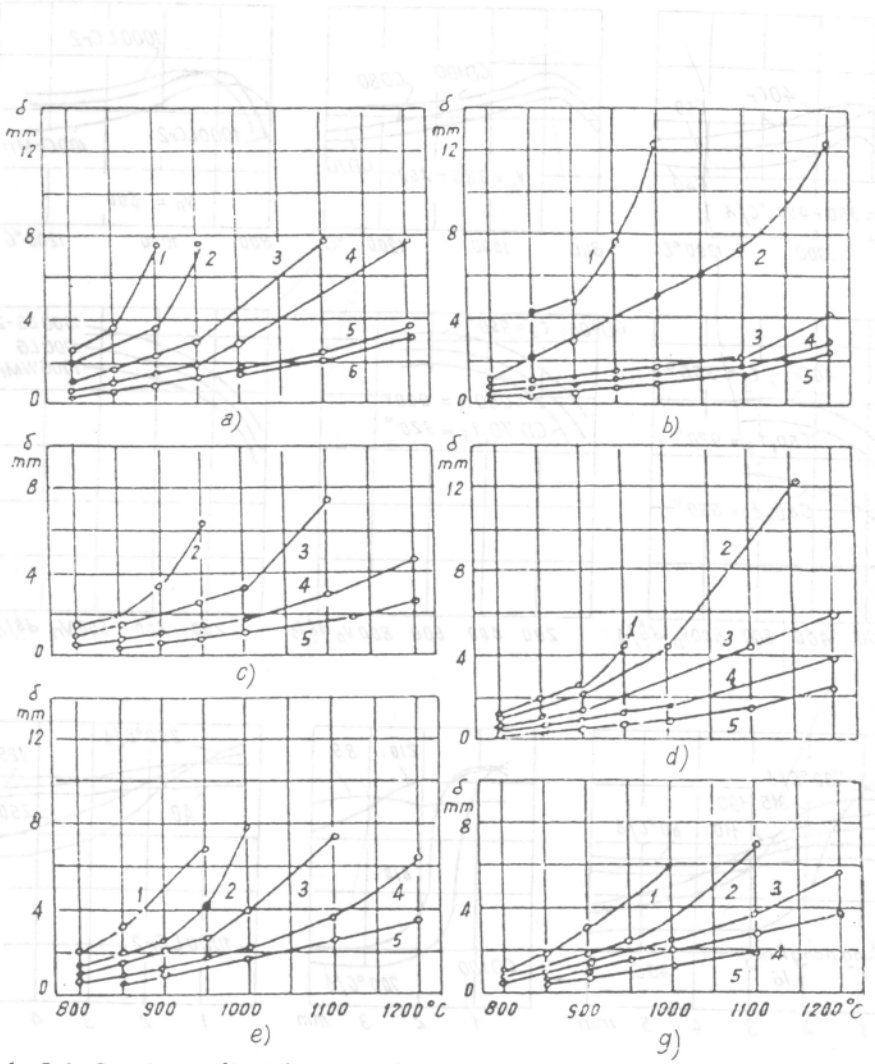
Hình 5.3. Sự thay đổi nhiệt độ tôi khi thay đổi tốc độ nung thép trước cùng tích.
1. tốc độ nung 200°/s ;
2. tốc độ nung 550°/s ;
3. tốc độ nung 700°/s.



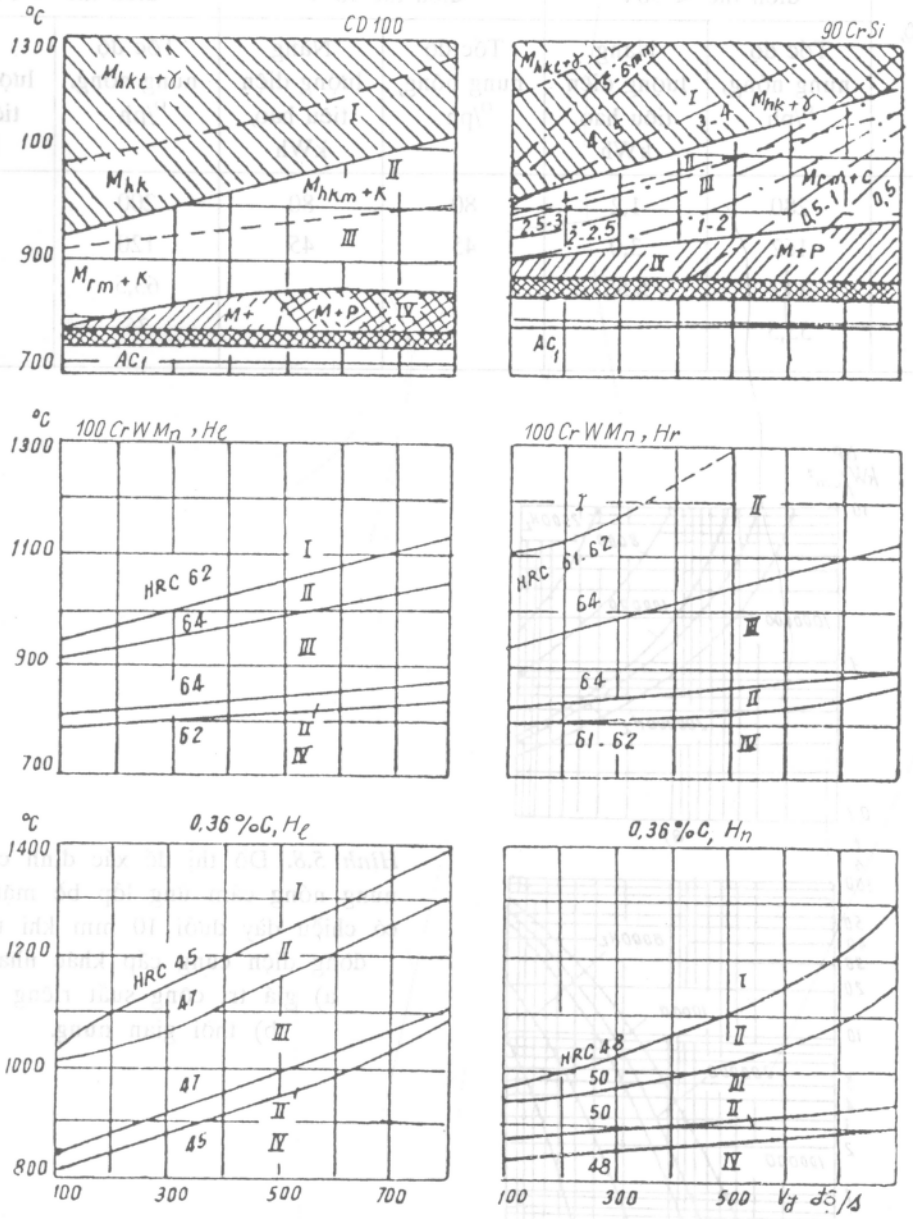
Hình 5.4. Sự thay đổi khoảng nhiệt độ theo thời gian nung số hiệu thép 45 :
a) sau khi ủ (cấp hạt N° 1−2) ;
b) sau khi hóa tốt (cấp hạt N° 6−7).



Hình 5.5. Ảnh hưởng của những nhân tố nung nóng khác nhau (nung nóng bằng dòng điện tần số cao) đến độ cứng của thép. 3 hình ở dãy trên - sự phụ thuộc độ cứng bề mặt vào nhiệt độ nung nóng ; 3 hình ở dãy giữa - sự phụ thuộc độ cứng bề mặt vào tốc độ nung v_n, ^{o}/s ; 3 hình ở dãy dưới - sự thay đổi độ cứng theo tiết diện khi nung với tốc độ khác nhau.



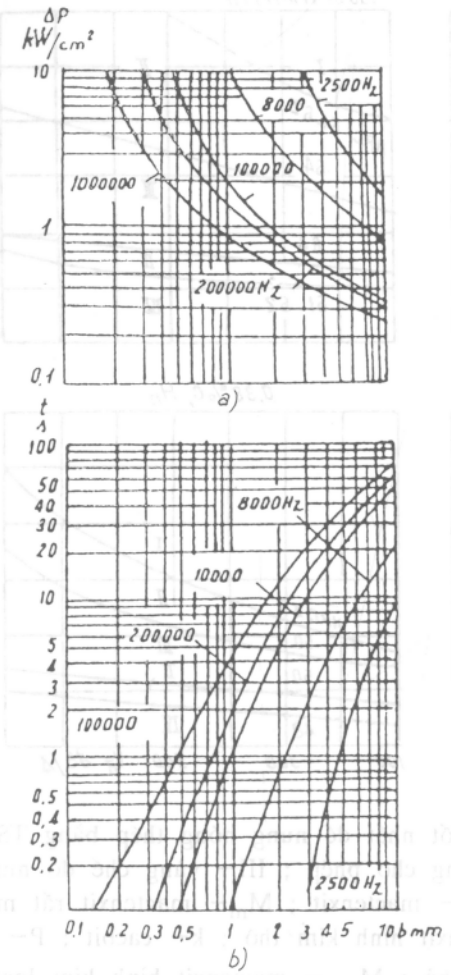
Hình 5.6. Sự thay đổi chiều sâu lớp được tôi theo nhiệt độ và tốc độ nung.
a) đường kính mẫu 15 mm, thép C40 ; b) đường kính mẫu 25 mm, thép C40 :
c) đường kính mẫu 15 mm, thép 40Cr ; d) đường kính mẫu 25, thép 40Cr ;
e) đường kính mẫu 15 mm, thép 40CrNi ; g) đường kính mẫu 25 mm, thép 40CrNi ;
Đường cong 1– tốc độ nung 50^{o}/s ; 2– 100^{o}/s ; 3– 200^{o}/s ;
4– 400^{o}/s ; 5– 600^{o}/s ; 6– 800^{o}/s



Hình 5.7. Các chế độ thông dụng tốt nhất để nung nóng thép bằng TSC.
I– vùng quá nung ; II– vùng chế độ nung cho phép ; III– vùng chế độ nung tốt ; IV– vùng nung không hoàn toàn ; M– mactenxit ; M_m– mactenxit rất mịn ; M_{hk}– mactenxit hình kim ; M_{hkt}– mactenxit hình kim thô ; k– cacbit ; P– peclit ; γ– austenit, H_l– hạt lớn ; H_n– hạt nhỏ ; M_{hkn}– mactenxit hình kim loại nhỏ.

Bảng 5.6. **Chế độ nung thấu các tấm bằng dòng điện có tần số công nghiệp**

Nhiệt độ, °C	Chiều dày tấm 22 mm điện thế < 90V		Chiều dày tấm 51 mm điện thế 93 V		Chiều dày tấm 100 mm điện thế < 147 V	
	Tốc độ nung nóng, °/ph	Năng lượng điện tiêu hao, kWh	Tốc độ nung nóng, °/ph	Năng lượng điện tiêu hao, kWh	Tốc độ nung nóng, °/ph	năng lượng điện tiêu hao, kWh
400	280	1,2	80	80	200	5,6
600	162	3,0	45	45	120	13,5
850	112	5,55			63,5	31,2
1000	55,5				35	67,0



Hình 5.8. Đồ thị để xác định chế độ nung nóng cảm ứng lớp bề mặt thép có chiều dày dưới 10 mm khi tần số dòng điện cung cấp khác nhau.
a) giá trị công suất riêng ;
b) thời gian nung.

Để nhiệt luyện tấm ống, trục, thỏi và những chi tiết máy tương tự người ta ứng dụng rộng rãi dòng điện tần số công nghiệp. Sau đây là thí dụ giới thiệu chế độ nung thấu tấm.

Giả sử tốc độ nung thành ống có chiều dày 28 mm, khi nung nóng đến 650°–30°/ph ; đến 850°–100°/ph ; đến 1000°–150°/ph.

Chế độ nung nóng mối hàn các tấm có tiết diện 1700 x 200 mm,, dài hơn 30 mm bằng dòng điện tần số công nghiệp đã được áp dụng trong các nhà máy. Trong trường hợp này, dùng chế độ nhiệt luyện sau : T_h 960–1060°C, 5h, R600–650°C, 5h.

Nung nóng bằng dòng điện tần số công nghiệp được áp dụng để nhiệt luyện trục cán nguội.

5.1.5. RAM

Ram (R) là quá trình nhiệt luyện để chuyển từ tổ chức kém ổn định ở trạng thái tôi thành tổ chức ổn định hơn.

Ram tiến hành bằng cách nung nóng chi tiết máy và dụng cụ đến nhiệt độ chuyển biến, giữ ở nhiệt độ này và sau đó làm nguội.

Sau khi ram ta có tổ chức cân bằng hơn, theo sơ đồ mactenxit → trustit → xoocbit và do đó nhận được những cơ tính cần thiết hoặc khử ứng suất bên trong. Thí dụ, khi ram thép cacbon đã tôi xảy ra các thay đổi sau : Trong khoảng nhiệt độ 80–170°C có chuyển mactenxit tôi có mạng chính phương thành mactenxit ram có mạng lập phương (do đó làm tăng độ dai va chạm) và tiết ra cacbit Fe_3C ; trong khoảng nhiệt độ 200–270°C – chuyển biến austenit dư thành mactexit ram (giảm độ dai va chạm) ; trong khoảng nhiệt độ 250–400°C tạo thành trustit và ở nhiệt độ trên 400°C – xementit kết tụ và tạo thành xoocbit.

Sơ đồ thay đổi tổ chức như trên đúng cả với thép hợp kim loại peclit và mactenxit, chỉ khác là những sự thay đổi ấy xảy ra ở nhiệt độ khác (cao hơn). Ram phối hợp với các quá trình thường hóa (một số), tôi, thấm cacbon (đối với thép có austenit dư trong lớp thấm) và thấm xianua.

Căn cứ vào điều kiện nung nóng và giữ nhiệt, ram chia ra : ram cao (R_c), ram thấp (R_t) và ram nhiều lần (R_{nl}).

Ram cao (R_c) – nung nóng đến nhiệt độ trong khoảng 360–650°C, giữ nhiệt ở nhiệt độ này và làm nguội với tốc độ bất kỳ với thép không nhạy cảm với tốc độ làm nguội (về độ dòn), đối với thép có nhạy cảm với tốc độ làm nguội thì sau khi giữ nhiệt khi ram cao ta làm nguội nhanh trong dầu hoặc nước.

Ram cao dùng với chi tiết chế tạo bằng thép kết cấu hóa tốt, đối với dụng cụ làm bằng thép gió và cũng như đối với các số hiệu thép thấm cacbon (ngay sau khi thấm cacbon) chứa nhiều austenit dư trong lớp thấm.

Nhiệt độ ram cao lớn hơn nhiệt độ khoảng dòn ram (giảm độ dai va chạm của một

số số hiệu thép). Đối với những số hiệu thép có nhạy cảm với tốc độ làm nguội (giảm độ dai va chạm khi làm nguội chậm) sau khi ram phải làm nguội trong nước.

Ram thấp (R_t) - nung nóng đến nhiệt độ trong khoảng 150–200°C, giữ nhiệt ở nhiệt độ này và làm nguội với tốc độ bất kỳ.

Ram thấp áp dụng cho các chi tiết sau khi tôi đã qua thấm cacbon, thấm xianua và tôi bề mặt cũng như các dụng cụ làm bằng thép dụng cụ cacbon và hợp kim, nhằm khử ứng suất bên trong.

Ram nhiều lần (R_{nl}) - dạng ram có đặc điểm là nung nóng nhiều lần (2–4 lần) đến nhiệt độ đã cho và làm nguội hoàn toàn.

Ram nhiều lần chủ yếu dùng đối với các dụng cụ làm bằng thép gió.

Kết quả của ram nhiều lần là chuyển biến austenit dư được hoàn toàn hơn, do đó tăng được độ cứng và tuổi thọ của dụng cụ cắt gọt.

5.1.6. HÓA GIÀ

Hóa già (H_g) nhân tạo là quá trình nhiệt luyện làm thay đổi tính chất của thép và hợp kim do các quá trình bên trong, nhưng không làm thay đổi về bản chất tổ chức tế vi của nó.

Hóa già các thép kết cấu và dụng cụ sau khi tôi, sẽ làm cho độ chính phương của mactenxit thay đổi và kết quả là ổn định hóa được kích thước của chi tiết.

Các dụng cụ đo như calip, calip cặp và những chi tiết của máy móc chính xác được tiến hành hóa già nhân tạo. Nhiệt độ hóa già là 150–180°C, và thời gian từ 5–20 giờ. Hóa già các thép chịu nóng và thép không gỉ sau khi đã austenit hóa, làm cho các pha cacbit tiết ra từ dung dịch đặc ở mức độ phân tán cao (hiện tượng hóa cứng phân tán). Đối với phần lớn các số hiệu thép, hóa già trong trường hợp này được tiến hành ở nhiệt độ 650–850°C và thời gian khoảng từ 4–10 giờ.

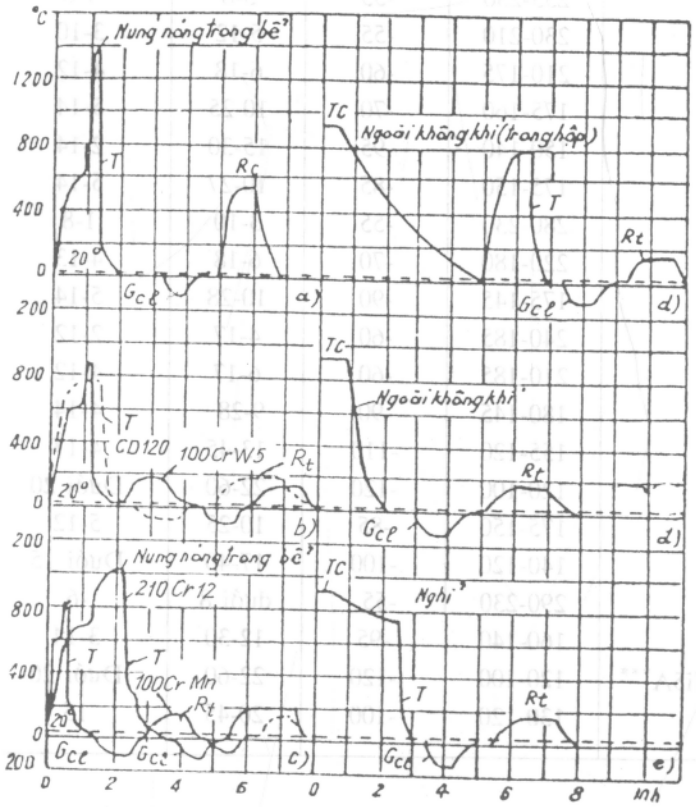
5.1.7. GIA CÔNG LẠNH

Gia công (Gcl) là quá trình nhiệt luyện, nhằm làm chuyển biến hoàn toàn austenit dư thành mactenxit của các thép mà nhiệt độ kết thúc chuyển biến mactenxit nằm thấp hơn nhiệt độ thường (80Cr4W18V, 90Cr4W9V2, 100CrMn, 1000LCr2, lớp thấm cacbon của thép 12Cr2Ni4A, 20CrNi4A, 18CrNiWA v.v...)

Sau khi gia công lạnh, độ cứng, độ bền của dụng cụ cắt tăng lên, kích thước được ổn định, khả năng chống mài mòn và giới hạn mỏi của các chi tiết máy thấm cacbon tăng lên nhưng độ dai va chạm giảm xuống.

Gia công lạnh thường ứng dụng trong khoảng giữa các quá trình tôi ra ram.

Sơ đồ quá trình công nghệ xem hình 5.9.



Hình 5.9. Sơ đồ quá trình công nghệ nhiệt luyện các dụng cụ có áp dụng gia công lạnh :

a) dao phay hình trụ làm bằng thép 80Cr4W18V, d_n = 90 mm, d_{tr} = 40 mm, l = 120 mm, h = 22 mm ; b) bàn dập ren làm bằng thép CD120 : h = 50 mm và bàn lăn ren làm bằng thép 100CrW5, h = 25 mm ; c) trục cán ren làm bằng thép 130Cr12V, d_n = 145 mm, d_{tr} = 55 mm, h = 40 mm tôi trong muối nóng chảy, và calip ren làm bằng thép 100CrMn, d = 20 mm, h = 14 mm (đường chấm chấm là đường gia công lại) ; d) trục làm bằng thép 12Cr2Ni4A d = 65 mm, l = 210 mm ; đ) bánh răng côn bằng thép 18Cr2Ni4WA d = 50/28 mm, l = 120 mm ; e) bánh răng làm bằng thép 18Cr2Ni4WA d = 160/80 mm, h = 45 mm.

Bảng 5.7. **Hiệu quả gia công lạnh vài số hiệu thép**

Số hiệu thép	Nhiệt độ chuyển biến		Lượng austenit dư xấu khi tôi, %		Số tăng độ cứng sau khi làm nguội đến M_k tính theo đơn vị HRC
	M_d °C*	M_k °C	$\gamma_{dư}$ + 20°	Sau khi làm nguội đến M_k	
CD70	300-255	-56	dưới 5	1	Dưới 0,5
CD80	255-230	-55	3-8	1-6	Dưới 1,0
CD90	230-210	-55	5-12	3-10	1,0-1,5
CD100	210-175	-60	6-18	4-12	1,5-3,0
CD120	175-160	-70	10-25	5-14	3-4
100CrO5	150-140	-95	15-30	2-14	4-7
100CrO9	175-150	-85	10-27	5-14	2-4
70Cr	280-230	-55	3-10	1-8	Dưới 1,0
90Cr	220-180	-70	6-18	4-13	1,0-2,5.
100Cr	175-145	-90	10-28	5-14	3-6
70Cr3	240-185	-60	4-17	2-12	1,0-2,5
90CrSi	210-185	-60	6-17	4-12	1,5-2,5
1000LCr2	180-145	-90	9-28	4-14	3-6
100CrWMn	155-120	-110	13-45	4-17	Dưới 10
100WMn	120-100	-120	22-60	Dưới 20	" 15
15Cr-20Cr***	175-150	-85	10-25	5-12	" 3-5
20Cr3***	140-120	-100	17-40	Dưới 15	Dưới 10
COMn-70Mn	290-230	-55	dưới 8	-6	" 1,0
15Ni2A***	160-140	-95	12-30	3-14	" 4-7
13Ni5A và 21Ni5A***	120-100	-120	22-60	Dưới 20	Dưới 15
18CrNiWA***	130-120	-100	20-45	15	" 10

* Khoảng giá trị được nêu ra là do sự sai lệch của thành phần hóa học theo điều kiện kỹ thuật.

** Lượng austenit dư này phụ vào nhiệt độ tôi, để đảm bảo tạo ra austenit đồng nhất. Môi trường làm nguội là môi trường thông thường của mỗi số hiệu thép.

*** Số hiệu thép dùng cho thấm cacbon.

Bảng 5.8. **Ảnh hưởng của gia công lạnh (t = -183°C) đến cơ tính và khả năng chống mài mòn của một vài số hiệu thép hợp kim**

Số hiệu thép	Cơ tính *										Phần tăng độ chống mài mòn, %
	Trước khi gia công lạnh					Sau khi gia công lạnh					
	σ_{bu}, MPa	Độ võng uốn f, mm	a_{k2} 10^2 kJ/ m^2	Trị số mài mòn, μm^3	HRC	σ_{bu}, MPa	Độ võng uốn, f, mm	a_{k2} 10^2 kJ/ m^2	Trị số mài mòn, μm^3	HRC	
12Cr2Ni4A	2220	2,6	15,3	5,75	58-59	1910	2,2	13,1	3,99	58-64	32
18CrMnTi	2520	2,95	3,35	2,85	57-58	2300	2,75	2,4	2,38	60-63	16
18CrNiMoA	2570	4,07	10,5	3,85	46-50	1863	2,90	7,27	2,38	60-61	38
18CrMnMo	2020	2,4	3,5	3,90	58,5-59,5	1770	1,68	1,82	2,45	60-61	37

* Mẫu thử có kích thước 10 x 10 x 120 mm thấm cacbon thể khí với chiều sâu lớp thấm 1,5 mm tôi trực tiếp và ram thấp ở 150°C.

5.2. CÁC QUÁ TRÌNH HÓA NHIỆT LUYỆN

Dưới tác dụng của môi trường bên ngoài và nhiệt độ, khi hóa nhiệt luyện thành phần hóa học của lớp bề mặt kim loại bị thay đổi (cùng với sự thay đổi tổ chức tế vi tiếp theo).

Hóa nhiệt luyện nhằm mục đích nâng cao giới hạn mỏi của thép kết cấu khi chịu tải có chu kỳ, nâng cao độ chống mài mòn của bề mặt làm việc của các chi tiết và khả năng chịu đựng tác dụng của môi trường bên ngoài ở nhiệt độ thường và nhiệt độ cao (ổn định chống ăn mòn và ổn định nóng).

Bất kỳ một quá trình hóa nhiệt luyện nào cũng đều được thực hiện do sự tác dụng tương hỗ của môi trường lỏng hoặc khí bên ngoài với bề mặt kim loại nhờ sự hấp thụ và khuếch tán các nguyên tố hoạt tính ở trạng thái nguyên tử, trong kim loại.

Việc nghiên cứu một cách tổng hợp các hiện tượng xảy ra trong môi trường bên ngoài, trên bề mặt và bên trong kim loại, là phương pháp khoa học chủ yếu để nghiên cứu quá trình và phân loại chúng khi các hiện tượng xảy ra với tốc độ nhỏ nhất và ngừng hoàn toàn.

Việc áp dụng định luật Phích đối với trường hợp khuếch tán các nguyên tố khác nhau trong dung dịch đặc, được xác định bằng các công trình nghiên cứu phân tích và thực nghiệm :

$$1)\ dm = - D\frac{dc}{a\,x}\ df\ d\tau,$$

ở đây, D - hệ số khuếch tán tính ra cm^2/s $\left(\frac{cm^2}{24\ h}\right)$

$$D = A\ e^{\frac{Q}{RT}}\ ;\ D = \frac{Q}{Nn}\delta^2 e^{-\frac{Q}{RT}}$$

$$ln\ D = lnA - \frac{Q}{R}\cdot\frac{1}{T}$$

Q - nhiệt khuếch tán ;

R - hằng số khí (R = 1,987) ;

δ - khoảng cách giữa những nguyên tử kim loại mà trong đó quá trình khuếch tán xảy ra ;

N - số Avogadro ;

n - hằng số plansk ;

A - hệ số.

Từ định luật Phich thứ nhất ta rút ra sự phụ thuộc parabôn của chiều sâu lớp x tính ra mm vào thời gian quá trình τ tính ra giờ $x = \sqrt{2p\tau}$

$$2)\ \frac{\partial m}{\partial \tau} = D\left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial z^2}\right)$$

Giải phương trình này ta được biểu thức sau :

$$C_x = C_f + \left(C_o + C_f\right)\varphi\left(\frac{x}{2\sqrt{D\tau}}\right)\ ;$$

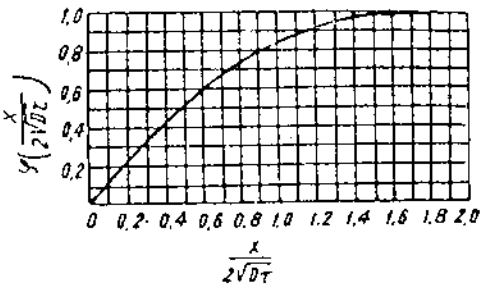
$$\frac{C_x - C_f}{C_o - C_f} = \varphi\left(\frac{x}{2\sqrt{D\tau}}\right)$$

C_o - lượng chứa ban đầu của nguyên tố khuếch tán ở trong thép ;

C_x - lượng chứa nguyên tố khuếch tán ở chiều sâu x kể từ bề mặt ;

C_f - lượng chứa nguyên tố khuếch tán ở vùng mỏng trên bề mặt.

$\varphi\left(\frac{x}{2\sqrt{D\tau}}\right)$ - tích phân Gauxơ (hình 5.10) theo giá trị của nó, trên cơ sở phân tích hóa học lớp, xác định được hệ số khuếch tán D của nguyên tố.



Hình 5.10. Giá trị của hàm số $\left(\frac{x}{2\sqrt{D\tau}}\right)$

Việc xác định hệ số khuếch tán còn được thực hiện bằng phương pháp nguyên tử đánh dấu – tức là phương pháp ứng dụng chất đồng vị phóng xạ.

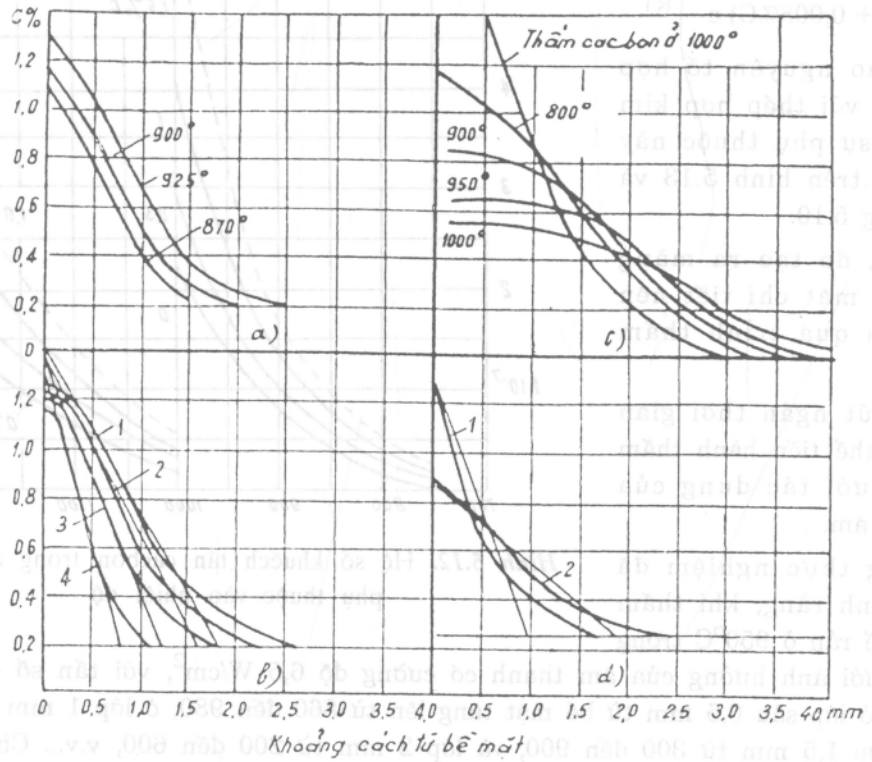
Phương pháp này dùng để xác định hệ số tự khuếch tán là thuận lợi nhất.

5.2.1. THẤM CACBON

Quá trình hóa nhiệt luyện với mục đích làm bão hòa nguyên tố cacbon trên bề mặt các chi tiết thép ở một chiều sâu nhất định gọi là thấm cacbon (TC).

Chi tiết thấm cacbon được nung nóng trong môi trường thấm đến nhiệt độ chuyển biến austenit để cho sự hấp thụ cacbon thuận lợi nhất. Giữ ở nhiệt độ này và thời gian giữ phụ thuộc vào chiều sâu cần thấm. Sau đó làm nguội với tốc độ khác nhau (hoặc là tôi trực tiếp).

Các chi tiết đã thấm cacbon bao giờ cũng phải tôi và ram thấp).



Hình 5.11. Sự phân bố nồng độ cacbon theo chiều sâu của lớp thấm phụ thuộc vào các yếu tố :

a) nhiệt độ của quá trình (thép C20) ; b) thời gian của quá trình (1−8,3 h ; 2−6,3 h ; 3−4,3 h ; 4−2,3h) (thép C20) ; c) nhiệt độ giữ không có chất thấm khi τ_g = 10 h (thép 08) sau khi thấm cacbon ở t = 1000°C, d) thời gian giữ không có chất thấm (1−3 h 10 ph ; 2−4 h 45 ph sau khi đã thấm cacbon sơ bộ).

Kết quả sau khi thấm, nồng độ cacbon sẽ thay đổi từ bề mặt vào lõi của chi tiết cũng thay đổi giới hạn mỏi, độ chống mài mòn, độ bền của bề mặt tăng lên.

Sự phân bố nồng độ cacbon theo chiều sâu là hàm số của nhiệt độ, thời gian, độ hoạt của chất thấm và các yếu tố khác (hình 5.11).

Tốc độ khuếch tán của cacbon trong ferit là nhỏ nhất và trong austenit là lớn nhất, do vậy quá trình thấm cacbon được tiến hành ở nhiệt độ lớn hơn Ac_3 (900–940°C), nhiệt độ đó là một trong những yếu tố nâng cao hiệu quả của quá trình.

Giá trị của hệ số khuếch tán cacbon trong austenit (hình 5.12) phụ thuộc :

a) vào nhiệt độ : $D = 0{,}12e^{-\frac{32000}{RT}}$

b) vào lượng chứa cacbon ban đầu trong thép

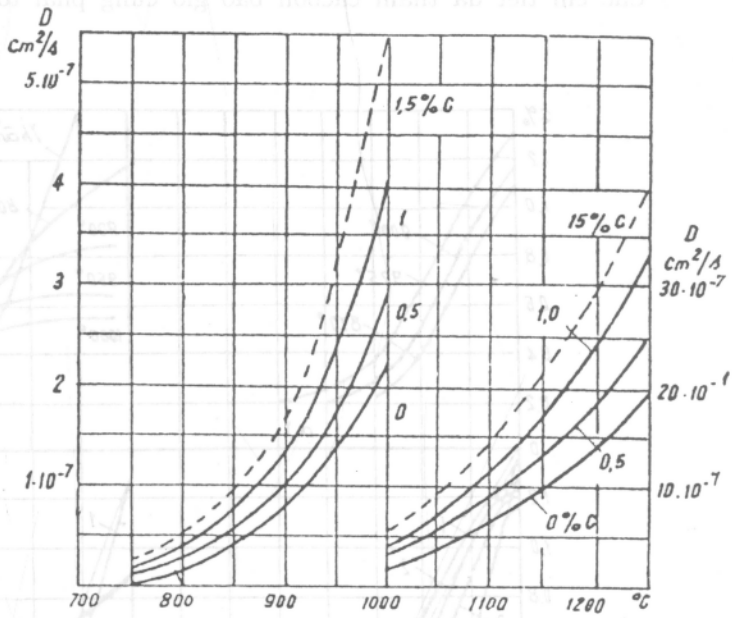
$$D = (0{,}07 + 0{,}06\%C)\, e^{-\frac{32000}{RT}}$$

$$D = (0{,}01 + 0{,}008\%C)\, e^{-\frac{31350}{RT}}$$

c) vào nguyên tố hợp kim ; đối với thép hợp kim kết cấu, sự phụ thuộc này trình bày trên hình 5.13 và trong bảng 5.10.

Silic, do tạo ra màng oxit trên mặt chi tiết nên ngăn cản quá trình thấm cacbon.

Để rút ngắn thời gian thấm, có thể tiến hành thấm cacbon dưới tác dụng của sóng siêu âm.



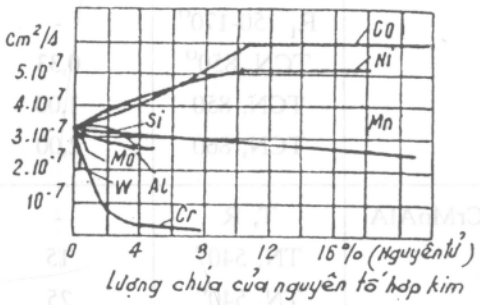
Hình 5.12. Hệ số khuếch tán cacbon trong austenit phụ thuộc vào nhiệt độ

Bằng thực nghiệm đã chứng minh rằng, khi thấm cacbon thể rắn ở 950°C trong 9,5 giờ dưới ảnh hưởng của âm thanh có cường độ 6,5 W/cm^2, với tần số 430KHZ độ cứng HV ở lớp sâu 0,5 mm từ bề mặt tăng lên từ 860 đến 980, ở lớp 1 mm từ 800 đến 960 ; ở lớp 1,5 mm từ 300 đến 900, và lớp 2 mm từ 200 đến 600, v.v... Chiều sâu lớp thấm của thép 12CrNi3A ở 1000°C, khi giữ 0,4 giờ nâng từ 0,1 đến 0,2 mm, khi giữ 1 giờ nâng từ 0,25 đến 0,42 mm, khi giữ 2 giờ nâng từ 0,4 đến 0,7 mm, giữ 3 giờ nâng từ 0,5 đến 0,88 mm.

Chiều sâu lớp thấm bao gồm vùng sau cùng tích, cùng tích và một nửa vùng chuyển tiếp. Lớp này tương ứng với lượng chứa cacbon 0,45–0,5% và tổ chức (sau khi tôi) có độ cứng HRC 40–45.

Điều kiện tốt nhất cho sự làm việc của bánh răng là lượng chứa cacbon trên lớp bề mặt từ 0,75–0,85% (cực đại là 1%).

Lớp thấm cacbon ở vùng bề mặt với lượng chứa như trên, sau khi tôi yêu cầu phải có mactenxit nhỏ mịn. Khi lượng chứa cacbon cao đặc biệt là thép hợp kim có thể tạo ra pha cacbit và đôi khi nó tiết ra trên tinh giới hạt. Trong những thép hợp kim (crôm–niken hay crom–niken–vonfram) có austenit ở dưới 0°C. Khi lượng cacbit lớn và austent dư nhiều, làm xấu tính chất sử dụng của chi tiết.



Hình 5.13. Ảnh hưởng của nguyên tố hợp kim đến hệ số khuếch tán của cacbon trong austenit (1000°C, 0,4%C)

Trên hình 5.14, 5.15 và 5.16, 5.17 (xem ảnh) trình bày cấp tổ chức tế vi, giới hạn sự có mặt của cacbit và austenit dư trong lớp thấm cacbon và lớp thấm xianua.

Chiều sâu lớp thấm cacbon δ tính ra mm phụ thuộc vào nhiệt độ và thời gian thấm τ tính ra giờ :

(hình 5.18a) $$\delta = \sqrt{2p\tau}$$

(hình 5.18b) $$\delta = 800\sqrt{\tau} \times 10^{-\frac{3720}{T}}$$

Các chi tiết máy được thấm cacbon như : bánh răng, trục truyền, chốt pittong, phần lưỡi và diệp cày, trục, v.v..., như các dụng cụ đo : calip, thước công, dưỡng v.v.

Các số hiệu thép thấm cacbon C10–C25, 15Mn, 20Mn, 20Cr, 25Ni, 15CrMn, 20CrMn, 18CrMnMo, 15CrV, 20CrV, 12CrMo, 20CrMo, 15NiMo, 20CrNi, 12CrNi4, 20CrNi4, 12CrNi3, 18Cr2Ni4WA v.v...

***Bảng 5.9.* Giới hạn mỏi khi uốn của các mẫu đường kính 10 mm khi thấm cacbon thấm xianua và thấm nitơ**

Số hiệu thép	Nhiệt luyện mẫu			σ - 1, MPa	HRA
	Chế độ	τ, h	δ, mm		
10	T, R	-	-	252	-
	TC, 900°	4	0,35	432	80-81
	TCN, 820	0,25	0,08	388	74
	TCN, 820	1	0,18	453	78
	TCN, 800	0,25	0,25	458	80-82

Tiếp bảng 5.9

12CrNi3A	T 830° R_1 150-170° TCN, 850° TCN, 850 TCN, 860	- 0,33 1,00 2,00	- 0,15 0,33 0,50	400-120 460 540 640	- 78-80 80-81 82-83
38CrMoAlA	T, R TN, 540° TN, 540°	- 15 25	- 0,15 0,32	480-490 600 620	- 80-81 80-81

Để nâng cao toàn bộ độ bền của các chi tiết thấm cacbon, người ta dùng các số hiệu thép có lượng chứa cacbon cao đến 0,35%.

Thí dụ : 20CrNi4A, 25Cr2Mn, 30CrMnTi, 25Cr2MnNi2TiA v.v... và cả các thép hợp kim hóa bằng titan, zieconi, bor.

Thí dụ : 18CrMnTi và 30CrMnTi, 18CrMnTiZr và 30CrMnTiZr (lượng chứa zieconi 0,09–0,18%) 15CrNiTiA, 15Cr2Mn Ni2TiA, 25Cr2MnNi2TiA, 15MnBo, 12Cr2NiBoA, 18CrSiBoA. Thép không gỉ loại mactenxit để thấm cacbon có ký hiệu sau : 05Cr13, 05Cr17 ;

Theo điều kiện tác dụng của các yếu tố bên ngoài, người ta chia thấm cacbon thành thấm cacbon thể rắn (TC_r) thấm cacbon thể khí (TC_k) và thấm cacbon thể lỏng (TC_l)

Thấm cacbon thể rắn (TC_r) được tiến hành bằng cách nung chi tiết trong chất thấm thể rắn.

Người ta xếp các chi tiết thấm cacbon vào hộp và phủ lên trên chất thấm thể rắn gồm 20–35% chất mới trộn với 80–65% chất cũ. Lúc xếp chi tiết vào hộp cần tạo ra khoảng cách giữa các chi tiết từ 5–15 mm, giữa chi tiết với đáy hộp 20–30 mm, giữa chi tiết với thành hộp 15–25 mm, giữa chi tiết và nắp trên của hộp 25–40 mm. Khi thấm cacbon thể rắn oxit cacbon là phần tử hoạt để xảy ra quá trình thấm. Muối $BaCO_3$. $CaCO_3$ là những chất xúc tác thúc đẩy quá trình tạo ra oxit cacbon.

Bảng 5.10. **Ảnh hưởng của nguyên tố hợp kim đến hằng số khuếch tán của cacbon vào sắt γ (0,4%C)**

Nguyên tố	Lượng chứa, %	A, cm^2/s	Q, $\frac{kcal}{g.ngtử}$
C	0,0	0,07	31350
	1,0	0,11	34300
	2,5	0,14	37000
	7,0	0,18	38900

Tiếp bảng 5.10

Mn	0,0 1,0 12,0 19,0	0,07 0,08 0,19 0,41	31350 31600 33900 36100
Ni	0,0 4,0 9,5 18,0	0,07 0,07 0,07 0,06	31350 31000 30350 29800
Co	0,0 6,0 11,0 21,0	0,07 0,08 0,07 0,05	31350 30500 29900 28850

Nếu độ hoạt của môi trường bên ngoài cao và tốc độ phản ứng giữa oxit cacbon với bề mặt chi tiết thấm lớn thì quá trình thấm cacbon tuân theo các qui luật trình bày sau đây.

Hộp và nắp hộp thấm thường làm bằng thép, gang và hợp kim chịu nóng. Tuổi thọ của hộp thép hàn là 150–200 giờ, hộp gang hoặc thép đúc từ 250–500 giờ. Hộp bằng hợp kim chịu nóng từ 4000–6000 giờ.

Người ta còn chế tạo các hộp có hình dáng phù hợp với hình dáng của chi tiết để nâng cao hiệu quả của quá trình thấm.

Để kiểm tra kết quả thấm người ta dùng mẫu thử. Đó là các thanh có đường kính 8–10 mm làm cùng một loại thép với chi tiết thấm. Nếu chi tiết thấm là thép cacbon thấp hoặc trung bình thì mẫu thử có thể làm bằng thép 20.

Mẫu được xếp vào hộp cùng với chi tiết, đến cuối quá trình thấm người ta lấy ra đem tôi. Căn cứ vào mặt gãy của mẫu có thể xác định được chiều sâu lớp thấm và độ lớn của hạt.

Trong phòng thí nghiệm kim loại học, chiều sâu lớp thấm và tổ chức tế vi (sự có mặt và đặc tính phân phối của xementit) được xác định chính xác hơn.

***Bảng 5.11.* Thành phần chất thấm cacbon thể rắn**

Thành phần	Thành phần chất thấm %		
	Loại 1	Loại 2	Bán cốc*
$BaCO_3$	20-25	20-25	10-15
$CaCO_3$	3,5	5,0	3,5
S	0,06	0,1	0,35
SiO_2	0,5	1,5	-
Độ ẩm	5,0	5,0	5,0-6,0

Tiếp bảng 5.11

Thành phần	Thành phần chất thấm %		
	Loại 1	Loại 2	Bán cốc*
Chất bốc	10	10	-
Độ hạt :			
Phần có Φ từ			
3,5-10 mm	92	80	80
Φ từ 10-14 mm	6	15	15
Φ < 3,5 mm	2	5	5

* $CaCO_3$ cho vào để ngăn ngừa sự thiêu kết của các phần tử, ở nước ta có thể dùng Na_2CO_3 thay cho $BaCO_3$.

Quá trình thấm cacbon thể rắn được áp dụng ở nhiều nhà máy chế tạo máy ở nước ta với mức độ hoàn thiện của nó. Qua các công trình nghiên cứu đã xác nhận rằng, lượng chứa $BaCO_3$ trong chất thấm cao đưa đến hiện tượng quá bão hòa đột ngột cacbon trên một lớp bề mặt mỏng (1,5−2,5%C). Hiện tượng này làm cho độ cứng sau khi tôi giảm thấp và không đều (vì nâng cao tốc độ tới hạn), do đó sinh ra phế phẩm. Nếu nâng cao lượng chứa bari cacbonat lên hơn 5% sẽ không tiếp tục làm tăng chiều sâu lớp thấm lên nữa.

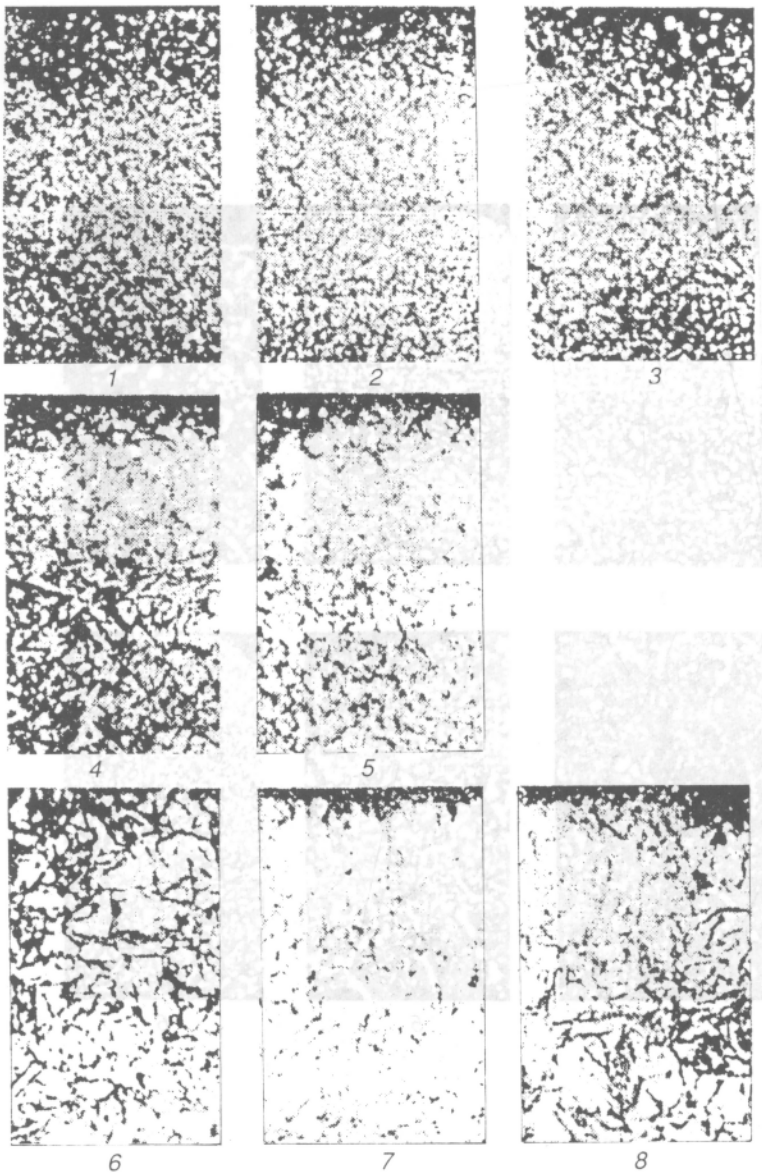
Thí dụ. Lượng chứa $BaCO_3$, %	*Chiều sâu lớp thấm, mm*
0	1,4
1	1,65 - 1,70
2	1,8
3	1,9
5	2,0 - 2,2
25	2,2

***Bảng 5.12.* Thời gian quá trình thấm cacbon thể rắn phụ thuộc chiều sâu yêu cầu của lớp thấm**

Chiều sâu lớp thấm, mm	Thời gian toàn bộ quá trình, h
0,4-0,7	4,5-5,5
0,6-0,9	5,5-6,5
0,8-1,2	6,2-10
1,0-1,4	8-11,5
1,2-1,6	10-14
1,4-1,8	11,5-16
1,5-1,9	12-18
1,6-2,0	14-19
1,8-2,2	16-22
2,0-2,4	19-24

Khi thay đổi tỉ lệ giữa chất thấm mới (theo qui chuẩn) với chất thấm cũ không gây ảnh hưởng đột ngột đến chiều sâu lớp thấm.

Để nâng cao độ hoạt của chất thấm cacbon thể đặc người ta đã nghiên cứu ứng dụng các muối cacbonat, đặc biệt là natri axetat CH_3COONa. Dùng chất thấm có 55–60% than gỗ, 30% than cốc và 10–15% natri axetat thấm chi tiết thép 20 ở 925°C, cho ta kết quả tốt về lượng chứa cacbon và chiều sâu lớp thấm.



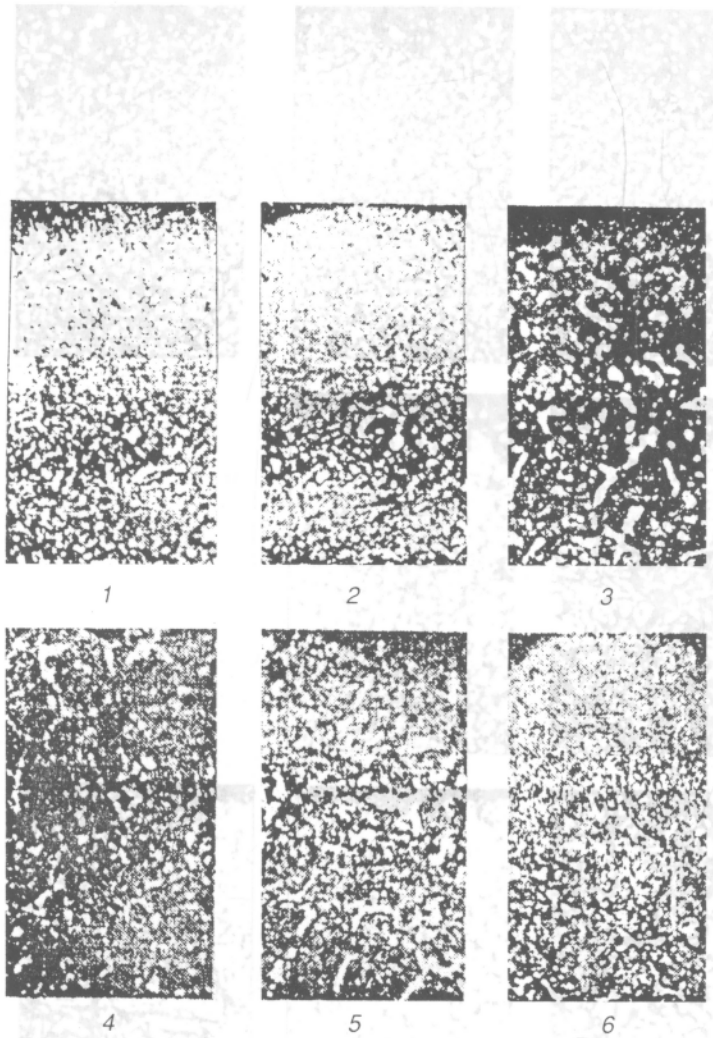
Hình 5.14. Cấp tổ chức tế vi. Lượng austenit dư trong lớp thấm cacbon thép 30CrMnTi sau khi tôi trực tiếp và ram thấp x 400 những chi tiết có tổ chức ứng với cấp 1–5 dùng được, còn từ cấp 6–8 phải nhiệt luyện lần thứ hai.

Trong chất thấm có chứa các muối cacbonat, độ hoạt của nó sẽ tăng lên do muối phân hủy tạo ra mêtan.

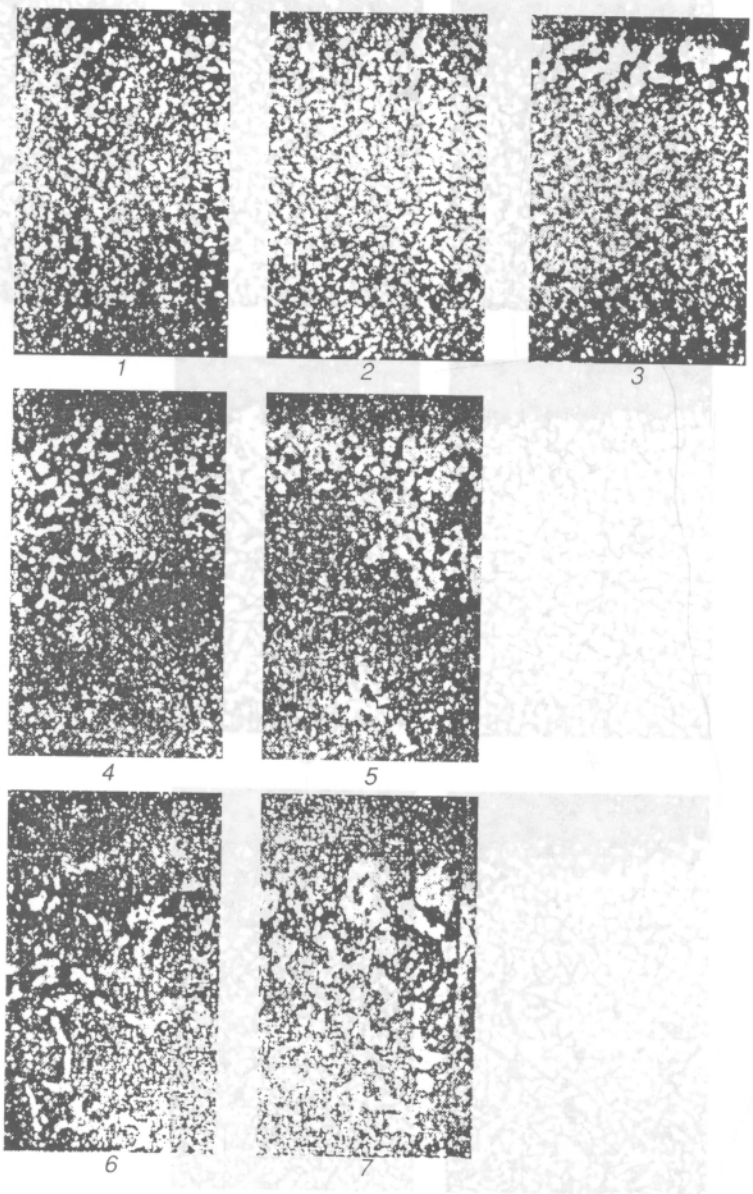
$$4CH_3COONa \rightarrow 2Na_2CO_3 + 3CH_4 + 2CO + C,$$

$$2\ (CH_3COO)_2Ba \rightarrow 2BaCO_3 + 3CH_4 + 2\ CO + C.$$

(Trong hai trường hợp trên sản phẩm trung gian là axeton CH_3COCH_3, điều này được xác định bởi phép phân tích thành phần khí trong hộp thấm).

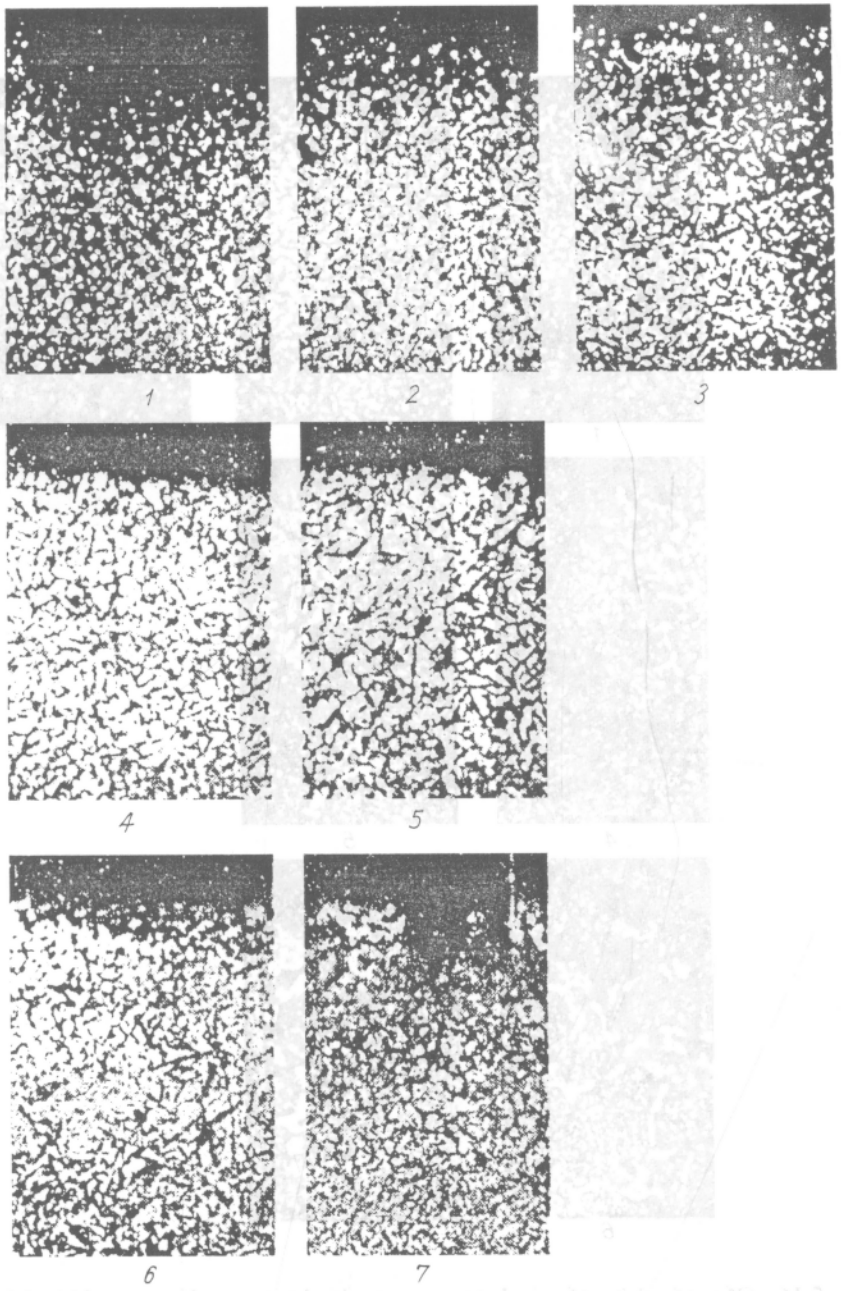


Hình 5.15. Cấp tổ chức tế vi. Lượng cacbit dư trong lớp thấm cacbon các chi tiết bằng thép 18CrMnTi sau khi tôi trực tiếp và ram thấp x 400. Chi tiết có tổ chức ứng với cấp 1–3 dùng được, còn với cấp 4–6 phải nhiệt luyện lần thứ hai.



Hình 5.16. Cấp tổ chức tế vi. Lượng austenit dư trong lớp sau khi thấm xtanua và tôi đẳng nhiệt trong dầu của thép 30CrMnTi chi tiết có tổ chức ứng với cấp 1–5 dùng được, còn ứng với cấp 6–7 cần phải nhiệt luyện lần thứ hai.

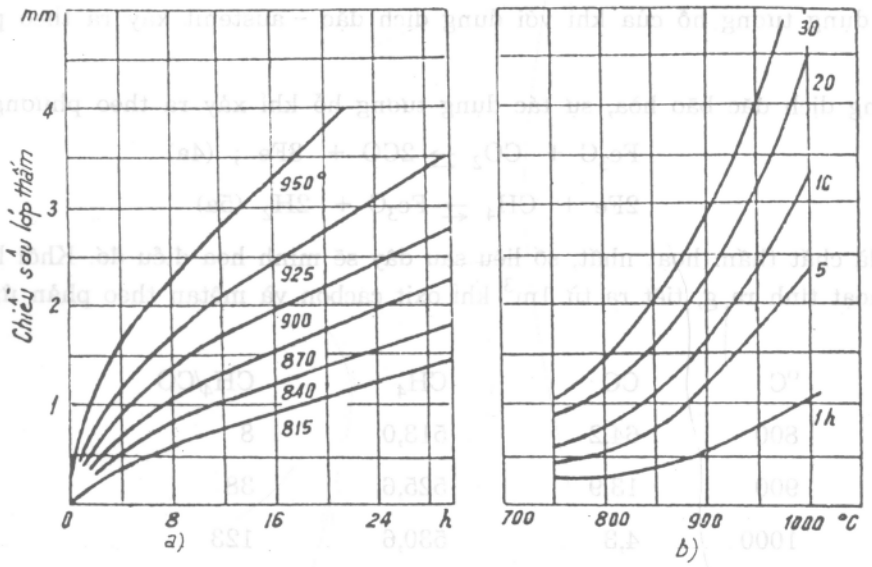
Hiện nay ở các nước tiên tiến thường dùng dòng điện TSC để thấm cacbon thể khí. Ở liên bang Nga, công nghệ thấm cacbon thể khí dùng điện tần số cao để nung nóng chi tiết là rất phổ biến. Do việc nâng cao hệ số khuếch tán của cacbon cùng với sự nâng cao nhiệt độ sẽ giảm thời gian của quá trình thấm đi rất nhiều, chất lượng sản phẩm tốt.



Hình 5.17. Cấp tổ chức tế vi. Lượng cacbit dư trong lớp thấm sau khi thấm xianua thể khí và tôi đẳng nhiệt trong dầu của thép 30CrMnTi, chi tiết có tổ chức ứng với cấp 1–5 dùng được, ứng với cấp 6–7 là phế chuẩn.

Thí dụ, chiều sâu lớp thấm từ 0,8–1,2 mm đối với thép 18CrMnTi có thể đạt được sau 45–65 phút. Thành phần trung bình của chất thấm cacbon thể khí : 1,2–2,5% CO_2 ; 8–11% CO ; 22–30% H_2 ; 25–32% CH_4 + C_2H_6 ; < 0,3% O_2 còn lại là N_2 (thành phần này không phải là thành phần tốt nhất).

Thấm cacbon bánh răng được thực hiện trong một dãy thiết bị liên tục. Chiều dài



Hình 5.18. Sự phụ thuộc của chiều sâu lớp thấm cacbon vào :
a) thời gian của quá trình (sự phụ thuộc parabon) ; b) vào nhiệt độ.

của dãy thiết bị là 3,0 m rộng 1,25 m cao 2,8 m. Chế độ nhiệt luyện bánh răng như sau :

TC, 1050 - 1080° ; τ = 39 ph với chiều sâu δ = 0,8 - 1,2 mm ; bánh răng được chất vào lò theo nhịp điệu 2 phút/lần ; năng suất của dãy thiết bị 110 kg/h. Công suất là 57 kW. Tần số dòng điện 2000 Hz. Thế hiệu dòng điện khi chạy không và khi chất liệu là 680V, dòng điện máy phát 78A.

Vùng nung nóng và thấm cacbon có 2 mạch nung nóng. Công suất của vòng cảm ứng vùng nung nóng khoảng N_n = 0,45 PkW ; P - năng suất của dãy thiết bị kg/h ; thế hiệu dòng điện trên vòng cảm ứng vùng nung 250V ; điện dung tụ điện 140 μF ; số vòng của biến áp tự ngẫu 32 ; thời gian nung nóng chi tiết 6 phút. Công suất vùng thấm cacbon (khoảng chừng) $N_{TC} = 10^{-3}\pi DH$, KW ; D- Đường kính trong lớp lót lò của vùng thấm cacbon, cm ; H - chiều cao của vùng, cm, thế hiệu dòng điện trên vòng cảm ứng vùng thấm cacbon 220V ; điện dung của tụ 107 μF ; số vòng của biến áp tự ngẫu 19.

Sau thấm cacbon bánh răng được giữ ở nhiệt độ 870-820°C và tôi.

Người ta đã thiết kế các thiết bị kết hợp quá trình thấm cacbon với ủ đẳng nhiệt, những thiết bị hai buồng và cả những thiết bị để thấm cacbon thể khí các vòng ổ trục. Những thiết bị này được tự động hóa hoàn toàn.

Các phương pháp chế tạo chất thấm cacbon thể khí

Khi thấm cacbon, trên bề mặt chi tiết xảy ra các phản ứng sau

$$C_{(Fe\gamma)} + CO_2 \rightleftarrows 2CO \; ; \qquad (4)$$

$$CH_4 \rightleftarrows C_{(Fe\gamma)} + 2H_2 \qquad (5)$$

Sự tác dụng tương hỗ của khí với dung dịch đặc - austenit xảy ra theo phản ứng trên.

Khi dung dịch đặc bão hòa, sự tác dụng tương hỗ khí xảy ra theo phương trình.

$$Fe_3C + CO_2 \rightleftarrows 2CO + 3Fe \; ; \; (4a)$$

$$2Fe + CH_4 \rightleftarrows Fe_3C + 2H_2 \; (5a)$$

Mêtan là chất thấm hoạt nhất, số liệu sau đây sẽ minh họa điều đó. Khối lượng cực đại cacbon hoạt tính ra g, tiết ra từ $1m^3$ khí oxit cacbon và mêtan theo phản ứng (4) và (5) bằng :

°C	CO	CH_4	CH_4/CO
800	64,2	513,0	8
900	13,9	525,6	38
1000	4,3	530,6	123
1100	1,34	532,7	400

Cột cuối cùng của bảng chỉ rõ độ hoạt của 1 m^3 mêtan lớn hơn độ hoạt 1 m^3 oxit cacbon bao nhiêu lần. Khi nhiệt độ tăng lên độ hoạt của ôxit cacbon giảm xuống nhưng của mêtan thì ngược lại. Vì vậy, chất thấm cacbon chứa oxit cacbon và mêtan theo một tỷ lệ cần thiết là điều kiện thích hợp nhất của quá trình thấm cacbon.

Người ta tạo ra chất thấm cacbon thể khí theo một trong các phương pháp sau đây :

a) Từ sản phẩm dầu mỏ lỏng, đặc biệt là dầu hỏa, bằng cách nhiệt phân ở nhiệt độ khoảng 700–800°C không có không khí.

Thành phần khí phụ thuộc vào nhiệt độ nhiệt phân thay đổi trong một giới hạn rộng : 25 - 80% H_2 ; 50 - 10% CH_4 ; 25 - 5 CnHm ; CO, CO_2, N_2 và O_2 - trong giới hạn dưới 3% mỗi loại và phụ thuộc vào lượng không khí hút vào khoảng không làm việc của thiết bị nhiệt phân. Khi nhiệt độ tăng lên lượng chứa H_2 tăng lên và lượng chứa cacbua hiđrô nặng CnHm giảm xuống ; ngoài khí, trong quá trình nhiệt phân còn tạo ra mồ hóng và nhựa đường. Trong thành phần khí nhiệt phân có cacbua hiđrô nặng và mêtan. Những khí này sẽ tiết một khối lượng lớn mồ hóng và chất có nhựa (chất cốc hóa) trong múp của lò thấm cacbon. Do vậy, khí nhiệt phân có thể dùng để thấm cacbon thể khí trong những lò nhỏ, lượng tiêu hao khí ít và sự tuần hoàn của khí trong múp lò phải mạnh (lò giếng có buồng làm việc quay, v.v...)

b) Từ dầu hỏa, bằng cách nhiệt phân nó và cracking khí nhiệt phân tiếp theo ở 900 - 940°C trong hỗn hợp với hơi nước.

Sơ đồ sản xuất chất thấm cacbon thể khí theo phương pháp trên như sau :

1. Nhiệt phân dầu hỏa ở 740 - 760°C, thành phần khí (KN_pD) ; 20 - 25% H_2 ; 55 - 40% CH_4. 25 - 20 CnHm còn lại là CO.CO_2, O_2 và N_2 : tổng số dưới 6,0% và phụ thuộc vào lượng không khí bị hút vào ống nhiệt phân (khoảng không làm việc).

2. Dùng nước, sau đó dùng dầu để tách nhựa và một phần sản phẩm cacbon hydro nặng khỏi khi nhiệt phân.

3. Sau khi làm sạch, người ta đem cracking một phần (khoảng 25%) khí nhiệt phân trong hỗn hợp với hơi nước ở 900 - 940°C.

Thành phần khí cracking (KCrD) : 60 - 70% H_2 ; 15 - 6% CH_4 ; ≤ 1,5% CnHm ; 16 - 26% CO, còn lại tổng cộng CO_2, O_2 và N_2 khoảng dưới 8%.

4. Làm sạch khí cracking bằng nước và làm khô bằng dung dịch 10% canxi clorua trong nước.

Đem trộn khí cracking với khí nhiệt phân theo tỷ lệ 60 : 40 và cho vào lò thấm cacbon.

c) Benzen C_6H_6 hoặc benzen nhiệt phân đưa vào múp lò thấm cacbon bằng cách nhỏ từng giọt hoặc hóa hơi nó trước trong một buồng riêng.

Benzen nhiệt phân dùng làm chất thấm cacbon thể khí chủ yếu trong lò giếng, khi có sự tuần hoàn khí quyển trong múp của lò.

Khi dùng benzen nhiệt phân để thấm cacbon thể khí cần đảm bảo các yêu cầu sau.

Nhận dạng :	*Thể lỏng không màu và trong suốt.*
Trọng lượng riêng, kg/l	0,853
Nhiệt độ bắt đầu chưng cất, °C	84
Thành phần phân đoạn, % :	
Được chưng cất ở dưới 100°C	42
" dưới 140°C	89
" dưới 175°C	98
Nhiệt độ kết thúc quá trình	
Chưng cất °C :	190–200
Độ bay hơi	Không còn dư
Phản ứng	Trung hòa
Tạp chất cơ học	Không có

d) Có thể nhận từ benzen hoặc benzen nhiệt phân bằng cách cho bay hơi trước trong hỗn hợp với nước. Hơi nước là chất loãng để ngăn ngừa mồ hóng và nhựa đường tiết ra trong múp của lò.

đ) Ở nhiều nhà máy người ta thấm cacbon thể khí bằng cách đưa trực tiếp cacbua hiđro lỏng và sản phẩm dầu mỏ, đặc biệt là dầu tổng hợp (sản phẩm tổng hợp của oxit cacbon và dầu hỏa thắp sáng vào múp của lò).

Dầu hỏa thắp sáng phải thỏa mãn những yêu cầu sau :

Trọng lượng riêng, kg/l	0,820–0,860
Nhiệt độ sôi, °C (trong giới hạn)	155–170 đến 330
Sản phẩm thu được khi chưng cất ở 200°C, %	7–15
Sản phẩm thu được khi chưng cất ở 250°C	60–80
Sản phẩm thu được khi chưng cất ở 300°C %	90–98
Tạp chất (lưu huỳnh), %	≤ 0,04
còn lại, %	≤ 0,05

Dùng cacbua hiđro ở dạng nguyên chất sẽ đưa đến hiện tượng tiết ra mồ hóng và cốc rất nhiều, làm cản trở quá trình thấm cacbon. Do vậy, phải qui định chặt chẽ việc đưa cacbua hiđro vào lò.

Khi cho khí pha loãng là amoniac với khối lượng 20 – 25% khối lượng khí tạo ra vào lò là có hiệu quả tốt hơn.

Trong lò Ц90 và Ц105 khi nung nóng lượng tiêu thụ dầu tổng hợp 50 giọt 1 phút và khi ở nhiệt độ làm việc 120 – 140 giọt trong một phút là lượng tiêu thụ quy định hợp lý nhất. Trong lò liên tục lượng tiêu thụ hợp lý nhất là 1,6 – 1,8l/h.

Bảng 5.13. Tiêu hao chất thấm cacbon gần đúng trong lò giếng

Kiểu lò	Tiêu hao dầu hỏa hay benzen nhiệt phân, giọt/ph		Tiêu hao chất thấm C thể khí, m^3/h	
	Khi nung và làm nguội	Khi giữ nhiệt	Khi nung và làm nguội	Khi giữ nhiệt
Ц25	25-35	40-60	-	-
Ц35	25-35	50-80	-	-
Ц60	35-45	60-90	0,3-0,5	0,9-1,2
Ц75	35-45	60-90	0,3-0,5	0,9-1,2
Ц90	50-75	120-150	0,4-0,6	1,2-1,6
Ц150	50-75	120-150	0,4-0,6	1,2-1,6
Ц205	60-80	150-170	-	-
D = 0,78 m, H = 2,6 m	80-90	170-200	-	-
D = 1,8 m, H = 1,5 m	60	260-280	-	-

* Tiêu hao dầu hỏa 170 – 200 giọt/ph tương ứng khoảng 0,7 – 0,8l/h.

e) Tạo ra khí thấm cacbon bằng cách đốt một phần khí cacbua hiđro–khí thiên nhiên, khí hóa lỏng, khí thắp sáng, v.v... với hệ số tiêu hao không khí là 0,25 (khí quyển thu nhiệt) và pha thêm khí mới với khối lượng cần thiết để tạo ra nồng độ cacbon cần thiết trên lớp bề mặt.

Lượng khí mới trộn thêm phụ thuộc vào độ ẩm của khí thu nhiệt và có thể điều chỉnh tự động. Trong trường hợp này thực hiện điều chỉnh tự động theo sơ đồ sau :

Phân tách khí từ lò thấm cacbon và làm sạch ;

Tạp khí vào máy phát, máy chiết áp có bộ phận điều chỉnh bằng khí nén, đóng hoặc mở phần tử của máy phát phụ thuộc vào độ ẩm của khí – bộ phận điều chỉnh bằng khí nén của máy chiết áp tác dụng lên cơ cấu hoàn chỉnh kiểu màng rung, cơ cấu này điều chỉnh việc đưa khí mới vào lò.

g) Bằng cách đốt cháy một phần khí cacbua hiđro bất kỳ với hệ số tiêu hao không khí 0,5–0,6, sau đó trộn thêm khí mới vào lò với lượng từ 5–10%.

h) Thấm cacbon bằng khí lò ga (không có sunfua) hỗn hợp với cacbua hiđro như benzen, khí thiên nhiên, khí thắp sáng, khí hóa lỏng.

Đối với các chi tiết thấm cacbon người ta áp dụng các chế độ nhiệt luyện sau :

1. TC – $T_I(T_h)$ – T_{II}, trong nước – R_t, dùng cho những chi tiết làm bằng thép cacbon và hợp kim thấp. Kết quả nhận được cơ tính cao, tổ chức tế vi đạt yêu cầu và mặt gãy dạng thớ. Nhược điểm của chế độ này là qui trình phức tạp, chi tiết bị biến dạng nhiều và thoát cacbon lớp bề mặt.

Trong trường hợp này có thể áp dụng chế độ sau ;

$$TC - T_h - T - R_t ;$$

$$TC - T_1 - T_2 - R_t ;$$

$$TC - (T_{ntt}) - T_2 - R_t$$

(T_{ntt} – tôi trực tiếp có nghỉ sau khi thấm cacbon).

2. TC –T_d – R_t, chế độ này dùng cho các chi tiết bằng thép hợp kim có austenit quá nguội rất ổn định và hạt di truyền nhỏ. Nhiệt độ tôi phải cao hơn Ac_3 của lõi một ít, để tránh ferit còn lại trong tổ chức của lớp thấm cacbon.

3. *TC* (T_{ntt}), đ – R, chế độ này dùng cho những chi tiết bằng thép 18CrMnTi, 30CrMnTi, 15Cr, 20CrNiTiA nhiệt độ nghỉ tốt nhất đối với thép 18CrMnTi là 850°C và đối với thép 30CrMnTi là 800°C, đối với thép 20CrNi là 825°C và đối với thép 15CrNiTiA 770–800°C.

4. *TC* (U_{dn} 600 – 650°) – T – R_t.

Ủ đẳng nhiệt sau khi thấm cacbon cho các chi tiết, khi thấm cacbon xong cần gia công cơ khí (chốt lỗ, cà răng, v.v...)

5. *TC* – T_{pc} – R_t
6. *TC* – $(T_{ntt})_{pc}$ – R_t

} Để giảm bớt sự biến dạng

Nồng độ cacbon trong lớp thấm từ 0,8 - 1,0%. Các thép 18CrMnTi 30CrMnTi, 20CrMnBo áp dụng chế độ 5. Các chi tiết, bằng thép 18Cr2Ni4WA và 20Cr2Ni4A tôi phân cấp ở 790 - 810°C trong dầu nóng hoặc muối nóng chảy ở 160 - 180°C.

7. *TC* - R_c - T - R_t cũng giống chế độ 4. Ram ở 650 - 670°C trong vòng 6 - 10 giờ. Độ cứng HRC từ 22 - 28 đảm bảo thuận lợi cho quá trình gia công cắt gọt (thép 18Cr2Ni4A có HRC 40 - 45, trường hợp này ứng dụng ram 2 lần). Thí dụ bánh răng của đầu máy điezen sản xuất từ thép 12Cr2Ni4A áp dụng chế độ nhiệt luyện sau :

TC 890 - 930° ; δ = 0,8 - 0,8 - 2,5 mm, R_c 620 - 660°, kk, độ cứng > HB 302 ; gia công cơ khí ; T780 - 810°, d ; R_t 150 - 200° HRC 56-62 và HRC 35 - 45 (lõi).

Lượng austenit dư lớn trong lớp thấm sẽ làm giảm độ cứng, giảm độ chống mài mòn, giảm giới hạn mỏi, giảm giới hạn bền uốn, giảm độ mỏi va đập và tăng khuynh hướng tạo ra sự nhấp nhô. Để giảm bớt lượng austenit dư ta dùng chế độ nhiệt luyện trên và ram ở 600 - 640°C. Nhiệt độ tôi sau khi ram là 800 - 820°C đối với thép 18Cr2Ni4WA và 780-820°C đối với thép 20Cr2Ni4A. Ram cao sẽ làm cho crom, vonfram tiết bớt ra khỏi austenit và tạo ra cacbit do đó làm giảm độ thấm tôi. Để ngăn ngừa hiện tượng có hại này, người ta tiến hành thường hóa trước khi ram và chọn nhiệt độ ram là 300 - 350°C hoặc ở nhiệt độ cao (xem chế độ 8).

8. *TC* - T_I - R_c - T_t chế độ này dùng cho các chi tiết quan trọng làm bằng thép hợp kim cao. Thí dụ : bánh răng ghép của đầu máy điezen làm bằng thép 12CrNi3A ứng dụng chế độ nhiệt luyện sau : TC 890 - 930° ; δ = 0,8 - 1,2 mm ; T_I 880 - 900°, d ; R_c 600 - 650° ; gia công cơ khí ; T_{II} 780 - 880°, d ; R 200 - 220°, HRC 55 - 60 và HB 260 - 330 (lõi).

Người ta thường tiến hành gia công lạnh để giảm bớt lượng austenit dư ;

9. *TC* - *T* - G_{Cl} - R_t thép Cr17Ni2 là thép không gỉ thường dùng chế độ trên. TC950 - 1000° ; T 1000° ; G_{Cl} - 70° ; R 160° (hoặc 500°C), HRC 58 hoặc lớn hơn. Trong khoảng 5 giờ có thể thấm được một lớp 1,0 - 1,2 mm ở 950°C và thấm cacbon trong 5 giờ ở 1000°C, tạo ra trên bề mặt lớn hơn 2%C.

Thép 01Cr13 và 00Cr17 cũng ứng dụng chế độ trên nhưng không gia công lạnh : TC950° ; T 1000°, d ; R 200° (hoặc 550°), HRC 55 - 60.

10. *TC* (T_{nti}) - G_{Cl} - R_t. Gia công lạnh tiến hành ở nhiệt độ từ - 80°C đến - 100°C. Ngoài ra có thể áp dụng các chế độ sau :

TC - R_c - T_{pc} - R_t ;

TC - (U_{dn}) - T_{pc} - R_t ;

TC - T_h - T_I - R_c - T_{II} - R_t ;

TC(T_{nti}) - T_{II} - R_t ; TC(T_{nti}) - T_{pc} - R_t.

Thấm cacbon thể lỏng (TC_l) thực hiện bằng cách nung chi tiết trong muối nóng chảy chứa NaCN hoặc SiC.

Bảng 5.14. **Chế độ thấm cacbon thể khí trong lò giếng và lò liên tục**

Kiểu lò	Trọng lượng mẻ liệu, t	Chất thấm	Lượng chất thấm tiêu hao, giọt/ph		Thời gian, h		Chiều sâu lớp thấm, mm
			Nung nóng	Giữ nhiệt	Nung nóng	Giữ nhiệt	
Ц35		Dầu đinh tử 3	30-40	60-70	-	2	0,5-0,6
						6-7	1,3-1,6
Ц105	0,6-1,0	Dầu hỏa	-	120-200	3	10-12	1,2-1,5
	0,6-0,5	Dầu đinh tử 3	-	90	4	7	1,3-1,6
		Benzen	60	260-280	4	8	1,5-2,0
D = 1,8 m	1,5-4,0	nhiệt phân		trong 1 ngày đêm thứ nhất,	8	12	1,0-1,2
H = 1,5 m thấm cacbon những chi tiết kích thước lớn				230-250 trong 1 ngày đêm thứ hai, v.v... giảm đi 30 giọt 1 phút sau 1 ngày đêm.		36 60 84	3,0-3,4 3,8-5,2 6,0-6,4
				60 - ủ khuếch tán ở cuối quá trình trong khoảng 12–18 giờ		108 132 144	7,0-7,4 7,8-8,2 8,4-9,0
Lò liên tục có múp (chiều dài múp 8,5 m tiết diện 0,79 x 0,42 m)	Năng suất 200-250 kg/h	Khí thiên nhiên hoặc hỗn hợp khí nhiệt phân và khí cracking dầu hỏa hoặc dầu		3–4 m^3/h 2 m^3 khí nhiệt phân + 3 m^3 khí cracking 2 - 2,5l/h		6-7 7-9 9-11 11-13	0,5-0,8 0,8-1,0 1,0-1,2 1,2-1,5

Thấm cacbon thể lỏng có đặc điểm là : quá trình thấm nhanh, chi tiết được nung đều, có thể tôi trực tiếp không bị oxi hóa và thoát cacbon.

Các bể muối SiC thường được ứng dụng để thấm cacbon thể lỏng các loại bulông và những chi tiết nhỏ khác. Thành phần bể muối gồm 75–80% Na_2CO_3, 15–20% NaCl và 10% SiC, nhiệt độ thấm 840–860°C.

Bảng 5.15. **Các phương pháp cách ly bề mặt chi tiết khỏi bị thấm cacbon**

Phương pháp cách ly	Chiều dày lớp phủ mm	Chú thích
Mạ đồng (xốp mịn)*	0,01-0,05**	Là phương pháp tốt và được dùng rộng rãi. Sau khi thấm cacbon người ta loại bỏ lớp đồng bằng nhiều phương pháp như : điện phân hóa học, cơ học.
Sơn bằng : Chất sơn gồm : 50% đá tan $[(OH)_2Mg_3Si_4O_{01}]$ + 50% thủy tinh lỏng (chi tiết sơn được sấy khô 6 giờ trong tủ sấy hoặc 1 ngày đêm ngoài không khí).	2-3	Phương pháp này kém bền vì lớp sơn có thể có vết nứt.
Sơn bằng hỗn hợp 4 - 5 phần $CuCl_2$ 1 - 2 phần chì đỏ trộn trong sơn dầu bạch tùng (colophan).	2-3	-như trên-
Sơn bằng 2 phần đá tan 1 phần nước, 1 phần đất sét trắng trộn thêm nước thủy tinh thành bột nhão.	2-3	-như trên-
Nút các lỗ bằng nút đồng.	-	Phương pháp rất tốt
Để lại trên chi tiết một lượng dư và bỏ đi sau khi thấm cacbon.	Chiều dày lượng dư lớn hơn chiều dày lớp thấm cacbon từ 1,5 - 2 lần.	Phương pháp này tốt nhưng đắt.

* Độ xốp được kiểm tra bằng dung dịch có thành phần 10 g/l kali ferixianua $K_3Fe_4(CN)_6$ và 20 g/l natri clorua. Dùng bút lông hoặc giấy lọc thấm dung dịch lên bề mặt đã mạ đồng của chi tiết. Giữ khoảng từ 2-3 phút, quan sát sẽ thấy các điểm xanh xuất hiện. Trên 2 cm^2 cho phép không được quá 1 điểm xanh.

** Chiều dày lớp phụ thuộc vào phương pháp và thời gian của quá trình thấm cacbon. Thí dụ, cần 1 lớp thấm cacbon 1 mm bằng phương pháp thấm cacbon thể rắn, yêu cầu lớp đồng dày 0,01-0,015 mm và bằng phương pháp thấm cacbon thể khí, yêu cầu lớp đồng dày 0,025 - 0,05 mm.

Chế độ thấm cacbon thể lỏng tốt nhất, đối với các chi tiết bằng thép kết cấu trong lò muối có NaCN như sau :

Nhiệt độ của quá trình, ^oC	850–950
Chiều sâu của lớp thấm, mm	0,5–2,0
Thời gian của quá trình, h	1,0–6,0
Lượng chứa cacbon trên lớp bề mặt, %	0,8–1,0

Lượng chứa nitơ trong lớp bề mặt, %	0,2
Chiều sâu thấm nitơ cực đại, mm	0,10-0,25

Như vậy, trong lớp thấm cả về nồng độ lẫn chiều sâu, lượng chứa cacbon chiếm ưu thế.

Độ cứng đạt được sau khi thấm cacbon thể lỏng và tôi tiếp theo là HRC 60 - 62.

Độ hoạt của natri xianua của chất chứa xianua phụ thuộc vào thành phần tử "trung tính" của hợp kim.

Trong bể muối có thêm $BaCl_2$, $CaCl_2$ và $BaCO_3$ thì độ hoạt sẽ nâng cao.

Na_2CO_3, NaCl và oxit Na_2O làm giảm độ hoạt của bể. (Có thể cho một lượng nhất định nào đó NaCl để tăng tính chảy lỏng, hạ thấp nhiệt độ chảy và làm giảm bớt khả năng dính muối vào bề mặt chi tiết).

Thành phần tốt nhất (lúc đầu) của bể thấm cacbon đảm bảo độ hoạt lớn nhất là 6 - 10% NaCN, 80 - 84% $BaCl_2$, 10% NaCl.

Để giữ độ hoạt của bể, cứ sau 6 giờ làm việc người ta lại định kỳ cho vào 3,5 - 5,0 kg $BaCl_2$ (sấy khô) ứng với 1 kg NaCN cho vào lò.

Thời gian nấu chảy muối đến nhiệt độ làm việc trong bể có dung tích 500 - 800 kg là 10 - 15 giờ.

Trọng lượng riêng của hỗn hợp trong trạng thái nóng chảy là 2,0 - 2,5 kg/l.

Cứ 6 giờ một lần người ta kiểm tra độ hoạt động của bể. Khi chiều sâu lớp thấm cacbon dưới 0,8 mm lượng chứa NaCN là 6 - 8% khi thấm sâu hơn là 3 - 5%.

Khi thấm cacbon thể lỏng nên nung trước chi tiết trong bể muối có thành phần cùng tinh gồm NaCl + KCl, hoặc NaCl + Na_2CO_3. Hoặc NaCl + NaCH cho thêm 3 - 5% xianua.

Bảng 5.16. **Đặc tính lớp thấm cacbon thể lỏng của thép C20 (Lượng chứa trong bể 5 - NaCN, t = 840°C, τ = 3h)**

Chiều sâu tính từ bề mặt, mm	Lượng chứa, %	
	Cacbon	Nitơ
1,125	0,82	0,19
0,25	0,80	0,14
0,37	0,64	0,06
0,50	0,48	0,03
0,63	0,40	0,01

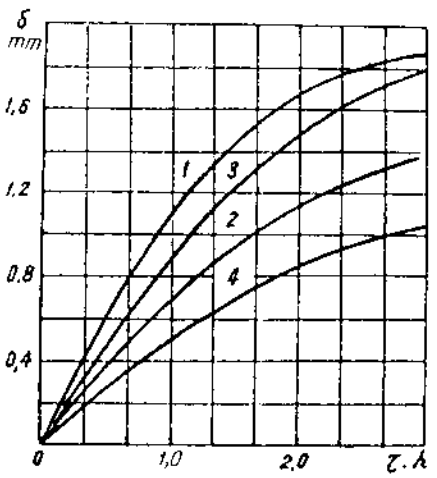
Chiều sau lớp thấm cacbon ở 920 – 950°C trong bể muối có lượng chứa NaCN thấp có giới hạn chỉ ra ở bảng 5.18.

Thép 20 thấm ở 930°C sau 6 giờ tại chiều sâu lớp thấm dưới 0,6 mm có nồng độ cacbon cao hơn 0,8, tại chiều sâu 0,6 – 1,1 mm có nồng độ cacbon 0, 8 – 0,6%, tại chiều sâu 1,1 – 1,6 mm có nồng độ cacbon 0,6 – 0,4%. Nồng độ nitơ tại chiều sâu của lớp thấm 0,1 – 0,2 mm cao hơn 0,4%, tại chiều sâu 0,2 mm là 0,2 – 0,3%, tại chiều sâu 0,4 mm là 0,5 – 0,1%.

Để thấm cacbon thể lỏng ở 900 – 920°C và tôi tiếp theo ở 780 – 830°C người ta dùng bể có 10% NaCN, 30% NaCl và 60% $BaCl_2$:

Chiều sâu của lớp thấm σ khi thấm cacbon thể lỏng :

τ giờ	0,5	1,5	2	2,5	3	3,5
σ mm	0,45	0,75	0,85	0,97	1,1	1,2



Hình 5.19. Sự phụ thuộc giữa chiều sâu lớp thấm và thời gian của quá trình thấm cacbon thể lỏng bằng điện phân. 1. Thép 20Cr, chiều sâu toàn bộ của lớp thấm ; 2. cũng thép 20Cr, chiều sâu tính đến chỗ xuất hiện ferit ; 3. thép C20, chiều sâu toàn bộ của thép ; 4. thép C20, chiều sâu tính đến chỗ xuất hiện ferit.

Quá trình thấm cacbon thể lỏng bằng điện phân rất có hiệu quả. Hình 5.19, đường cong biểu diễn sự phụ thuộc chiều sâu lớp thấm và thời gian của quá trình. Khi thấm cacbon ở 930°C và thành phần bể thấm : 70% $BaCl_2$, 25% NaCl, 5% muối xianua lỏng có nồng độ 1,5% NaCN và mật độ dòng điện là 3 – 4 A/dm^2 (chi tiết được nung là anôt).

***Bảng 5.17.* Điều kiện pha trộn các muối khác nhau với muối xianua, ứng dụng khi thấm cacbon thể lỏng**

Cho phép pha trộn*	Muối	Kết quả pha trộn
	NaOH	Phân ly NaCN
Không cho phép	$NaNO_3$, KNO_3, $NaNO_2$, KNO_2	Nổ, làm muối bắn ra ngoài bể ** (khi NaCN ≥ 5%)
Cho phép	NaCl, KCl, $BaCl_2$, Na_2CO_3	Muối xianua được hòa tan

* Nhất thiết tránh nước rơi vào bể muối nóng chảy.

** Khi tôi đẳng nhiệt, người ta chuyển chi tiết qua bể trung tính gồm hỗn hợp muối clorua và cacbonat NaCl, KCl, $BaCl_2$, $NaCO_3$ v.v...

Bảng 5.18. **Thành phần qui định của bể muối thấm cacbon thể lỏng**

Tên gọi thành phần *	Thành phần ban đầu trước khi nóng chảy, %	Thành phần làm việc trong quá trình sử dụng, %
Natri xianua NaCN	6-10	3-8
Bari clorua $BaCl_2$	80-84	≥ 40
Natri clorua NaCl	10	≤ 30
Bari cacbonat $BaCO_3$	-	≤ 40
Natri cacbonat Na_2CO_3	-	không có
Kiềm NaOH	-	≤ 4

* 95% CaCN với lượng tạp chất cho phép không lớn hơn 2% NaOH, 4% H_2O, 8% Na_2CO_3, 0,5% (NaCl, Na_2SO_4) không có CaO, $BaCl_2$. Loại một là loại có 4% H_2O.
NaCl loại một là loại không có tạp chất cơ học ; Grafit để phủ bề mặt bể muối lỏng lánh như bạc, không có nước với lượng tạp chất cho phép không quá 2% tro ; 0,5% S ; 0,1% Fe và 3% H_2O.

Bảng 5.19. **Thời gian của quá trình thấm cacbon thể lỏng phụ thuộc vào chiều sâu lớp thấm**

Chiều sâu lớp thấm, mm	Thời gian quá trình, h	Chiều sâu lớp thấm, mm	Thời gian quá trình, h
0,4-0,7	1-2	1,2-1,6	4-6,5
0,6-0,9	1,5-3	1,4-1,8	5-8
0,8-1,2	2-1	1,5-1,9	6-9
1,0-1,4	3-5	1,6-2,0	7-10

5.2.2. THẤM XIANUA

Thấm xianua là quá trình hóa nhiệt luyện để làm bão hòa đồng thời cả cacbon và nitơ trên bề mặt chi tiết nhằm nâng cao cơ tính và tính chống mài mòn.

Người ta thấm xianua bằng cách nung chi tiết thép trong những môi trường chứa nitơ và cacbon hoạt tính. Nhiệt độ thấm là nhiệt độ đảm bảo cho sự hấp thu và khuếch tán cực đại của cacbon hoặc nitơ. Thời gian giữ ở nhiệt độ thấm phụ thuộc vào chiều sâu yêu cầu. Sau khi thấm tiến hành tôi hoặc làm nguội ngoài không khí.

Nhiệt độ thấm cao thì quá trình thấm cacbon chiếm ưu thế, ngược lại ở nhiệt độ thấp quá trình thấm nitơ là chủ yếu.

Thấm xianua được chia :

theo điều kiện nung nóng :

thấm xianua ở nhiệt độ cao TCN

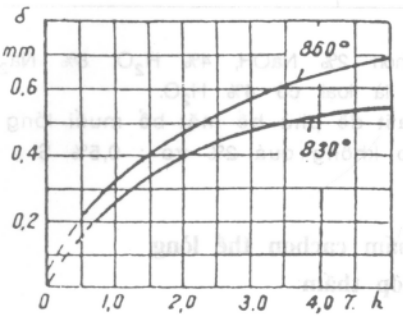
thấm xianua ở nhiệt độ thấp TCN_t

theo tác dụng của các yếu tố bên ngoài :

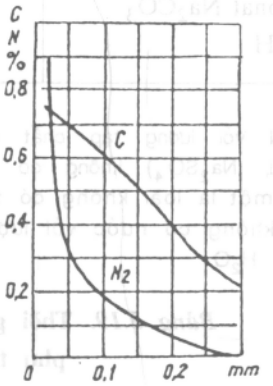
thấm xianua thể lỏng TCN_l

thấm xianua thể khí TCN_k

thấm xianua thể rắn TCN_r



Hình 5.20. Sự phụ thuộc của chiều sâu lớp thấm xianua của thép C15 vào thời gian quá trình ; bể thấm có 50% NaCN



Hình 5.21. Nồng độ của cacbon và nitơ theo chiều sâu lớp thấm. (bể có 36–40% NaCN. t^o = 850°C, τ = 2h

Thấm xianua lỏng nhiệt độ cao TCN_{lc} tiến hành trong 2 loại bể : bể có chứa natri xianua hoặc kali xianua (NaCN, KCN) và bể có chứa canxi xianua $Ca(CN)_2$.

a) Bể chứa NaCN (hoặc KCN)

Trước khi thấm chi tiết cần sấy khô cẩn thận để tránh bắn muối lỏng ra ngoài. Để tránh hiện tượng bể cạn quá nhanh, nhiệt độ thấm không cao quá 850°C.

Trong thực tế, nhiệt độ dùng trong khoảng 750 – 850°C. Nhiệt độ chọn phụ thuộc vào số hiệu thép, vào chiều sâu lớp thấm yêu cầu và hình dáng chi tiết thấm xianua.

Chiều sâu lớp thấm phụ thuộc vào thời gian của quá trình theo hàm số parabôn (hình 5.20). Sự phân bố nồng độ cacbon và nitơ biểu diễn theo hình 5.21.

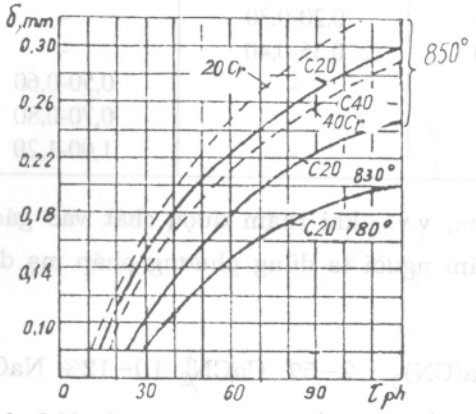
Tổ chức ở lớp bề mặt gồm pha cacbit nitrit Fe_2 (NC) và Fe_4 (NC) dạng ε và γ' trong vùng chuyển tiếp gồm matenxit và trustit–mactenxit. Để tiến hành quá trình thấm xitanua cần phải oxi hóa bể muối liên tục.

Khi thấm xianua trong những nồi kín, không thổi không khí hoặc những chất khi oxi hóa khác thì quá trình xảy ra rất chậm và hiệu quả rất kém.

Để duy trì hoạt tính bể muối, người ta dùng natri xianua kỹ thuật có 85% NaCN ; 2% NaCNO ; 10% Na_2CO_3 và 1% NaCl, (loại có nồng độ NaCN cao) hoặc 40 - 50% NaCN ; 25 - 30% NaCl ; 15 - 20% Na_2CO_3 (loại nồng độ trung bình).

Lượng chứa nhỏ nhất của nhóm CN trong bể thấm khi làm việc phải duy trì ở mức 12 - 14% hoặc tính chuyển sang muối là : 22 - 26% NaCN hoặc 30 - 35% KCN.

Nồng độ NaCN hoặc KCN trong khi bể muối làm việc sẽ giảm đi, ngoài ra mức muối lỏng trong nồi cũng giảm xuống do mất mát bởi chi tiết mang ra ngoài hoặc do bay hơi. Để bù lại người ta pha thêm muối xianua sao cho nồng độ trong bể tốt nhất đạt 25% NaCN hoặc 35% KCN.



Hình 5.22. Sự phụ thuộc chiều sâu lớp thấm xianua vào thời gian nung nóng (bể có 20% NaCN)

Khi thấm xianua các chi tiết làm bằng thép cacbon thấp và trung bình với chiều sâu 0,05–0,25 mm, người ta dùng bể muối có thành phần 20–25% NaCN (natri xianua nồng độ cao 90–95%); 40–25% NaCl, 40 - 50% Na_2CO_3 (hình 5.22).

Bể muối có 2 loại : loại nung nóng bên ngoài có dung tích 130 - 150 kg muối và loại điện cực (sáu cực) kích thước 1200 x 650 x 520 mm, dung tích 600 - 700 kg muối (lượng tiêu hao muối của bể 130 - 150 kg là 1,3 - 1,5 kg/h NaCN và 0,8 - 1,0 kg/h NaCl). Để kiểm tra quá trình, dùng mẫu kiểm tra đường kính 6 mm, l = 50 - 60 mm làm bằng thépC10 hoặcC20 và thường dùng 1 - 2 mẫu chất vào lò cùng chi tiết. Người ta còn dùng cả phương pháp thống kê để kiểm tra.

Bảng 5.20. **Chiều sâu lớp thấm xianua phụ thuộc vào thành phần bể muối**

Tên thành phần	Thành phần bể, %				
	Với NaCN		Với hỗn hợp M*	Với NaCN và $BaCl_2$	
	Trước khi nóng chảy	Làm việc	Trước khi nóng chảy	Trước khi nóng chảy	Làm việc
NaCN	50	20-25	-	10	8-15
Hỗn hợp M :	-	-	9	-	-
NaCl	50	25-50	36	40	30-55
Na_2CO_3	-	25-50	-	-	10
$BaCl_2$	-	-	-	50	15
$BaCo_3$	-	-	-	-	35-50
$CaCl_2$	-	-	55	-	-

* Hỗn hợp xianua M chứa 21,7% $Ca(CN)_2$; 22,8% NaCN ; 3,5% $CaCN_2$; 26,1% $CaCl_2$; 14% NaCl ; 1,9% CaC_2 ; 2,5% C ; 0,8% CaF_2.

Bảng 5.21. **Thấm xianua bằng cách nung nóng bể và chi tiết bằng dòng điện tần số cao**

Nhiệt độ	Thời gian quá trình h và ph	Chiều sâu lớp thấm xianua, mm		
		NaCN	Hỗn hợp M	NaCN và $BaCl_2$
800	0-30	0,15-0,20	0,15-0,25	-
	1-00	0,20-0,25	0,25-0,30	-
	1-20	-	-	0,25-0,30
870	0-30	0,20-0,25	0,20-0,30	-
	1-00	0,25-0,30	0,35-0,40	-
900	1-00	-	-	0,50-0,60
	2-00	-	-	0,70-0,80
	4-00	-	-	1,00-1,20

Các chi tiết nhỏ như bulông, êcu, vòng đệm, v.v... khi thấm được chất vào gáo và cho vào bể. Để bảo vệ những chỗ không cần thấm người ta dùng phương pháp mạ đồng.

b) bể chứa $Ca(CN)_2$.

Hỗn hợp xianua hoạt bao gồm 30–35% $Ca(CN)_2$; 2–5% $Ca(CN)_2$ 10–12% NaCN ; 30–35% NaCl ; 14–16% CaO ; 4–5%C.

Bể làm việc gồm phần trung tính (50–56% $CaCl_2$, đã khử nước, 33–36% NaCl) và phần hoạt tính hỗn hợp xianua 7–10%, cứ sau 2,0–2,5 giờ làm việc người ta lại cho thêm vào bể 2–4% hỗn hợp xianua.

Người ta đã dùng phương pháp nung nóng bể và chi tiết bằng dòng điện tần số cao để tạo ra lớp thấm xianua dày từ 0,2–0,1 mm bảng 5.21.

Thấm xianua lỏng ở nhiệt độ thấp (TNC_{l-t}) nhằm mục đích nâng cao tính chất cắt gọt của các dụng cụ làm bằng thép gió và thép hợp kim cao.

Dụng cụ thấm xianua được tiến hành sau khi nhiệt luyện cuối cùng và gia công cơ khí.

Đối với thép 90Cr4W9V2 nhiệt độ thấm xianua nằm trong khoảng 550–560°C.

Chiều sâu lớp thấm xianua phụ thuộc vào lượng chứa NaCN trong bể.

Những bể chứa lớn hơn 30% NaCN thì thời gian qui định của quá trình đối với những loại dụng cụ khác nhau cho trong bảng 5.24.

Ngoài các bể muối loại trên người ta còn dùng các bể muối có chứa $K_4Fe(CN)_6$ để thấm xianua nhiệt độ thấp và cao.

Thấm xianua thể khí (TCN_k) là quá trình hoàn thiện nhất việc bão hòa đồng thời cacbon và nitơ vào thép.

a) Thấm xianua thể khí ở nhiệt độ cao ứng dụng cho các chi tiết làm bằng thép kết

cấu, nhằm nâng cao độ cứng bề mặt, khả năng chống mài mòn và giới hạn mỏi. Thấm xianua thể khí ở nhiệt độ cao 700–750°C hoặc 800–880°C đối với các chi tiết máy và dụng cụ, người ta dùng hỗn hợp gồm 70–80% khí thấm cacbon và 20–30% amoniac.

Có thể dùng khí nhiệt phân dầu hỏa, khí nhiệt phân dầu mazut, khí thiên nhiên pha thêm khí cracking dầu hỏa hoặc mazut và có thể dùng khí thắp sáng để làm khí thấm cacbon.

Thấm xianua thể khí thường dùng cho những chi tiết làm bằng thép hợp kim cacbon trung bình loại 40Cr, 35Mn v.v... Lượng chứa cacbon trong thép càng ít thì chiều sâu lớp thấm xianua càng lớn. mặt khác chiều sâu lớp thấm còn phụ thuộc cả vào mức độ chịu tải của chi tiết và tiết diện của nó. Sau khi thấm xianua tiến hành tôi ngay từ nhiệt độ thấm, tổ chức tế vi ở lớp bề mặt bao gồm austenit nitơ hoặc mactenxit nitơ, ở vùng phía dưới gồm mactenxit trustit–mactenxit.

Thấm xianua thể khí các chi tiết máy so với thấm cacbon có hiệu quả hơn.

Người ta có thể dùng hỗn hợp khí thấm và khí thiên nhiên để làm chất thấm xianua thể khí ; 24–25m^3/h khí thấm ; 3,5–4,0 m^3 khí thành phố cộng thêm 2,5–3,0 m^3 amoniac (10–15% khối lượng tổng cộng của hỗn hợp khí).

Quá trình tiến hành ở nhiệt độ 840°C trong 6h40ph để nhận được chiều sâu lớp thấm xianua 0,6–0,8 mm với nồng độ cacbon trong lớp bề mặt 0,9–1,0% và nitơ khoảng 0,3%.

Bảng 5.22. **Thành phần bể thấm xianua ở nhiệt độ cao**

Thành phần bể, %			Nhiệt độ nóng chảy
NaCN	Na_2CO_3	NaCl	
20	40	40	580-610
25	15-20	55-60	
30	20-25	45-59	
40	30	30	

Bảng 5.23. **Thành phần bể thấm xianua các dụng cụ ở nhiệt độ thấp (lượng chứa muối, %)**

Loại bể	Phần hoạt tính	Phần trung tính		Độ cứng HV của dụng cụ bằng thép 90Cr4W9V2 sau khi thấm
		Na_2CO_3	NaCl	
1	50-55	25-30	15-20	950-1100
2	25-35	45	25	
3	85-90	10-15	-	1000-1100

Bảng 5.24. **Chiều sâu lớp thấm xianua thép gió phụ thuộc vào thời gian giữ nhiệt khi thấm xianua ở nhiệt độ thấp**

Thời gian giữ ph	Chiều sâu lớp thấm mm khi lượng chứa trong bể NaCN		
	90%	50%	30%
5	0,008	0,006	0,006
15	0,020	0,018	0,015
30	0,035	0,030	0,030
45	0,037	0,035	0,035
60	0,045	0,043	0,040
120	9,055	0,055	0,052
360	0,080	0,075	0,072

Bảng 5.25. **Thành phần bể thấm xianua thể lỏng trên cơ sở muối $K_4Fe(CN)_6$**

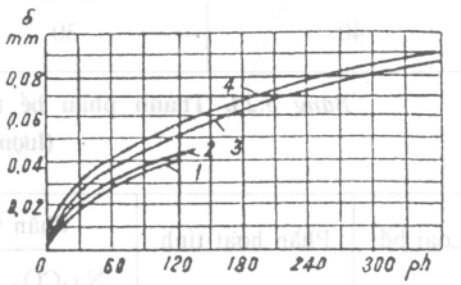
Thành phần bể, %				Nhiệt độ chảy	Công dụng
$K_4Fe(CN)_6.3H_2O$	NaCl	$BaCl_2$	KOH		
30-50	70-50	-	-	-	Để thấm xianua nhiệt độ cao
30-50	-	70-50	-	-	
90	-	-	10	500	Để thấm xianua nhiệt độ thấp
80	-	-	20	490	

Để chi tiết nguội đến 800–820°C và tôi phân cấp trong môi trường kiềm (63%KOH + 37% NaOH) ở 180–200°C. Có thể dùng dầu với nhiệt độ sôi cao để khắc phục những khó khăn khi rửa do môi trường kiềm gây ra.

Sau khi tôi và rửa trong dung dịch xút, chi tiết được ram ở 180°C trong 1 giờ.

Tổ chức của lớp gồm : mactenxit cabonnitơ với 10% austenit. Độ cứng bề mặt răng HRC 58–62.

b) Thấm xianua thể khí ở nhiệt độ thấp dùng cho các dụng cụ chế tạo bằng thép gió (dao phay, dao tiện, bàn ren, mũi khoét, mũi doa, mũi khoan, tuốt, tarô v.v...) nhằm mục đích nâng cao khả năng cắt gọt và độ bền của dụng cụ.



Hình 5.23. Sự phụ thuộc chiều sâu lớp thấm xianua vào thời gian quá trình ở 560°C đối với thép 80Cr4W18V. Lượng chứa NaCN trong bể : 1.10% ; 2. 18% ; 3. 50% ; 4. 90%

Trước khi thấm xianua dụng cụ phải nhiệt luyện va gia công cơ khí. Chiều sâu lớp thấm khoảng từ 0,2-0,4 mm (hình 5.23). Độ cứng bề mặt của dụng cụ thấm trong giới hạn HV 980-1150 (HRC 66-70). Trước khi thấm phải tẩy sạch dầu, gỉ và muối trên mặt chi tiết.

Nhiệt độ thấm xianua dụng cụ lấy trùng với nhiệt độ ram hoặc thấp hơn từ 15-10°C ; thí dụ thép gió 90Cr4W9V2 thấm xianua ở 550-560°C. Thời gian của quá trình thấm phụ thuộc vào đường kính hoặc chiều dày của dụng cụ, dao động trong khoảng 45 phút đến 2,5 giờ.

Bảng 5.26. **Thành phần hỗn hợp để thấm xianua thể khí**

Tên gọi khí thấm cacbon	Lượng khí chứa trong hỗn hợp,%	
	Khi thấm cacbon	Amoniac
Khí nhiệt phân dầu hỏa KN_pD	65-75	25-35
Khí lò sinh khí (than đá)	85-90	10-15
Khí thắp	70-75	25-30
Khí thiên nhiên	60-70	30-40
Khí thiên nhiên	25	25
Khí aracking cacbua hiđro KCrC	50	
Khí thiên nhiên	35	25
Sản phẩm đốt cháy từng phần SC-06	40	
KCrC	75	25
Khí thiên nhiên	35	5
KCrC	60	
Benzen nhiệt phân*	50-60 giọt trong 1 phút	0,5-1,0 l/ph

* Thành phần khí trong buồng làm việc của lò ở 900°C là 10-15% CH_4 ; 50-60% H_2 ; 58% CO ; 1,0% CO_2.

Thấm xianua thể rắn (TCN_r) dùng cho các dụng cụ cắt gọt sau khi đã nhiệt luyện cuối cùng và gia công cơ khí.

Chất thấm là hỗn hợp theo trọng lượng : 60-70% than gỗ sấy khô (độ hạt 1-5 mm) ; 10 - 30% Na_2CO_3 dạng bột khô và 20-40% $K_4Fe(CN)_6$ hoặc $K_3Fe(CN)_6$ ở dạng bột(*) sấy trước ở 100-200°C.

(*) Muối Kali có thể thay bằng muối natri $Na_4Fe(CN)_6$ hoặc $Na_3Fe(CN)_6$.

Bảng 5.27. **Thời gian thấm xianua các dụng cụ làm bằng thép 80Cr4W18V và 90Cr4W9V2**

Dụng cụ	Đường kính hoặc chiều dày, mm	Thấm xianua thể lỏng, ph		Thấm xianua thể khí, h	Thấm xianua thể rắn, h
		Bể nồng độ trung bình	Bể nồng độ cao		
Phay ren và phay vô tận	25-35 35-50 50-75	10-12 10-14 14-17 16-20	8 9 10 11-13	1,0 1,25 1,5 2,0	1,5 2,0 2,5 3,0
Tuốt	10-15 15-20 20-30 30	12 14 15-18 20-25	8 9 11-12 14-16	1,0 1,25 1,50 2,00	1,5 2,0 2,5 3,0
Khoan và khoét	10-15 15-20 20-30 30	10 12 15 17-18	12-15 15-18 18-20 20-25	1,0 1,25 2,00 2,50	2,0-2,5 2,5-3,0 3,0-3,5 3,5-4,0
Tarô	10-15 15-20 20-30 Cao hơn 30	7 8 9-10 10-15	9-12 12-15 15-18 18-20	1,0 1,25 1,5 2,0	1,5-2,0 2,0-2,5 2,5 3,0
Doa	10-15 15-20 20-30	9-10 11-12 13-15	12-15 15-18 18-20	1,0 1,25 1,50	1,5-2,0 2,0 2,5
Phay trụ và phay nén	Dưới 50 65-75 Cao hơn 75	11-12 13-14 15-17	15-18 18-22 22-25	1,5 1,75 2,0	2,5-3,0 3,0,-3,5 3,5-4,0
Phay rãnh then	4-6 6-10 Cao hơn 10	8 10-10 12-15	10-12 12-18 18-22	0,75 1,00 1,25	1,5 2,0 2,0-2,5

Bảng 5.28. **Thành phần bột nhão thấm xianua thép kết cấu**

Tên các nguyên	Lượng chứa, % (trọng lượng)				
	Keo-1	Keo-2	Bột nhão-3	Bột nhão-4	Bột nhão-5
Bồ hóng hoặc cốc than bùn ít lưu huỳnh	30-60	30-60	35	45	40
$BaCO_3$	-	-	15	20	15
$NaCO_3$ và K_2CO_3	20-40	20-40	20	20	20

Tiếp bảng 1.28

Tên các nguyên	Lượng chứa, % (trọng lượng)				
	Keo-1	Keo-2	Bột nhão-3	Bột nhão-4	Bột nhão-5
$K_4Fe(CN)_6$	5-10	5-10	15	15	20
Natri hoặc Kali oxalat	-	5-10	-	-	-
Hỗn hợp M*	5-10	5-10	-	-	-
Niken foocmat hoặc coban oxalat	-	5-10	-	-	-
Fero Crom	-	-	15	-	-
Cát	-	-	-	-	5

* Xem chú thích ở bảng 5.20

***Bảng 2.29.* Lượng tiêu hao gần đúng của chất thấm khi thấm xianua thể khí**

Kiểu lò	Lượng tiêu hao	
	Chất thấm cacbon	Amoniac,l/ph
Ц25	Dầu hỏa 60 - 70 giọt/ph	6,5
Ц90	Khí thiên nhiên 4 l/ph	1,0
Ц205	Benzen nhiệt phân 160-180 giọt/ph	6,0
Lò múp liên tục ; tiết diện múp :	Benzen nhiệt phân hoặc dầu hỏa	
790 x 420 mm ; dài 8,5 m	2,5 - 2,7 l/h	7-8
Như trên	Dầu hỏa 1,7 - 2,5 l/h	7-10

Dụng cụ thấm được xếp vào hộp : đáy hộp rải một lớp chất thấm xianua 20 – 30 mm ; khoảng cách giữa các dụng cụ và thành hộp 20 – 30 mm ; khoảng cách giữa các dụng cụ 15 – 20 mm.

Nhiệt độ thấm tiến hành thấp hơn nhiệt độ ram từ 10 – 15°C. Chẳng hạn dụng cụ bằng thép 80Cr4W18V và 90Cr4W9V2 thấm ở nhiệt độ 550 – 560°C, thời gian quá trình cho trong bảng 5.27.

Sau khi giữ ở nhiệt độ thấm người ta làm nguội chi tiết đến 100 – 200°C cùng với hộp để ở ngoài lò.

Độ cứng của dụng cụ thấm xianua HV 1000 – 1100 đối với thép 90Cr4W9V2

Trong thực tế, người ta ứng dụng thấm xianua bằng cả bột nhão.

Đối với thép kết cấu, bột nhão tạo ra trên cơ sở dung dịch 15% mật kỹ thuật, hoặc hồ văn phòng để tạo trạng thái đặc như sơn.

Đắp bột lên chi tiết dày khoảng 3 – 4 mm khi chiều sâu lớp thấm 1,0 – 1,5 mm, chi tiết chất trong hộp thấm cacbon rỗng có rắc cát.

Quá trình tiến hành ở 920°C. Thời gian giữ tùy yêu cầu (thí dụ đối với bột keo 2, thời gian 1,5 – 2,0 giờ khi σ = 1,3 mm).

Đối với thép dụng cụ và thép gió dùng bột nhão có thành phần 50% bột than gỗ, 25% $NaCO_3$ và 25% $K_4Fe(CN)_6$ trộn vào dung dịch 15% mật trong nước. Đắp lên dụng cụ một lớp bột 6 – 8 mm. Sau khi sấy khô bột, đem xếp dụng cụ vào hộp sắt và rắc phoi gang bảo vệ.

Thời gian thấm xianua dụng cụ làm bằng thép cacbon hoặc hợp kim ở nhiệt độ ram khoảng 2 giờ.

Dụng cụ bằng thép cacbon hoặc thép hợp kim được nung đến 780 – 820°C trong khoảng 2 – 3 giờ. Tôi và sau đó ram thấp.

Muốn thấm xianua với lớp thấm mỏng có thể dùng phương pháp thấm xianua thể rắn và nung bằng dòng điện tần số cao. Bột nhão có thể dùng muối vàng $K_4Fe(CN)_6$ đập nhỏ hòa tan trong keo.

Đắp một lớp mỏng bột nhão 3 – 4 mm trên mặt chi tiết, trên cùng rắc bột muối vàng sấy khô ở 60 – 70°C, trong vòng 40 – 60 phút. Nung nóng cảm ứng chi tiết ở 860°C, tiến hành trong vòng 60 – 70 phút. Kết quả tạo ra chiều sâu lớp thấm xianua khoảng 0,04 – 0,07 mm, độ cứng bề mặt HRC 59 – 62.

5.2.3. THẤM NITƠ

Thấm nitơ (TN) là một quá trình hóa nhiệt luyện nhằm bão hòa bề mặt chi tiết bằng nitơ ở một chiều sâu nhất định.

Thấm nitơ được tiến hành ở nhiệt độ khoảng 480 – 700°C, trong môi trường amoniac NH_3*. Quá trình thấm có thể chỉ giữ ở một nhiệt độ hoặc giữ ở nhiều nhiệt độ tùy theo yêu cầu chiều sâu lớp thấm. Sau khi thấm, làm nguội tiếp theo với tốc độ bất kỳ.

Thấm nitơ là nguyên công cuối cùng và ứng dụng nó với mục đích nâng cao độ chống mài mòn và giới hạn mỏi của chi tiết máy.

Nitơ tác dụng với các kim loại tạo ra nitrit, tác dụng với sắt tạo ra pha xen kẽ.

Thí dụ, trên hình 5.24 trình bày sự phân bố các pha theo chiều sâu kể từ bề mặt của chi tiết, khi nhiệt độ thấp hơn 591°C : $\varepsilon - \gamma - \alpha$; cao hơn 591°C : $\varepsilon - \gamma' - \gamma - \alpha$; tổ chức này nhận được cả khi làm nguội nhanh. Lúc này phần pha γ (bão hòa ít nitơ) cản trở chuyển biến mactenxit.

Khi nhiệt độ thấm nitơ thấp hơn 590°C và làm nguội chậm, tổ chức nhận được là $(\gamma + \varepsilon) - \gamma' - (\alpha + \gamma_{du}) - \alpha$; khi nhiệt độ cao hơn 590°C là $(\gamma' + \varepsilon) - \gamma' - \underbrace{(\alpha + \gamma')}_{\text{cùng tích}} - \alpha - \gamma'$ dư

Khi thấm nitơ thép cacbon pha ε và γ' có đặc tính của pha cacbit nitrit. Sự khuếch tán nitơ tuân theo qui luật đã chỉ ra ở trên.

* Amoniac lỏng tổng hợp có 2 loại
Loại 1 : 99,8% NH_3 + 0,2% H_2O ;
Loại 2 : 99,0% NH_3 + 1,0% H_2O.

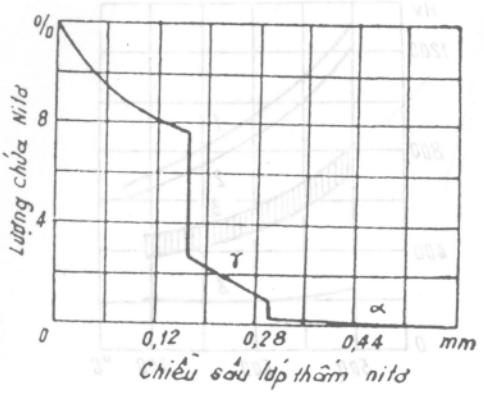
$$D_N = Ae^{-\frac{Q}{RT}} \text{ và } \delta = \sqrt{2p\tau} \qquad \text{(Hình 5.25)}$$

Khi lượng chứa cacbon trong thép tăng lên thì hệ số khuếch tán của nitơ giảm xuống.

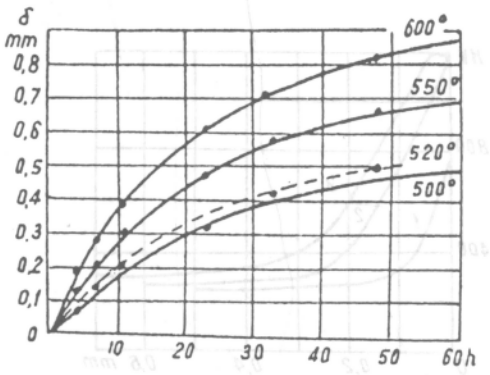
Cacbon ngăn cản sự khuếch tán của nitơ trong pha ε và α. Các nguyên tố hợp kim thuộc nhóm kim loại chuyển tiếp (vonfram, molipđen, crom, mangan, niken) và cả silic nữa đều làm giảm chiều sâu lớp thấm nitơ khá mạnh.

Ngược lại nhôm làm tăng nồng độ nitơ, tăng chiều sâu lớp thấm và nâng cao độ cứng của nó.

Các thép chứa nhôm, molipđen, vanadi khi thấm nitơ sẽ có hiệu quả độ cứng lớn nhất (hình 5.26 và 5.27).



Hình 5.24. Sự thay đổi nồng độ nitơ theo chiều sâu lớp thấm



Hình 5.25. Sự phụ thuộc của chiều sâu lớp thấm vào thời gian quá trình.

Thấm nitơ chia ra :

theo điều kiện nung nóng và giữ nhiệt có :

thấm nitơ đẳng nhiệt TN_{dn} và thấm nitơ nhiều cấp TN_{nc} ;

theo điều kiện tác dụng của môi trường bên ngoài có :

thấm nitơ thể khí TN_k ;

thấm nitơ thể lỏng TN_l

theo công dụng có :

thấm nitơ tăng bền - TN_b

thấm nitơ chống ăn mòn - TN_{cam}

Thấm nitơ thể khí (TN_k) thực hiện trong các lò múp rất kín hoặc những lò có NH_3 mà sự phân ly nó đạt tới khoảng 65%(αNH_3 = 15 - 65%, bình thường 15 - 30%). Áp lực của amoniac trong múp 80 - 120 mm cột nước.

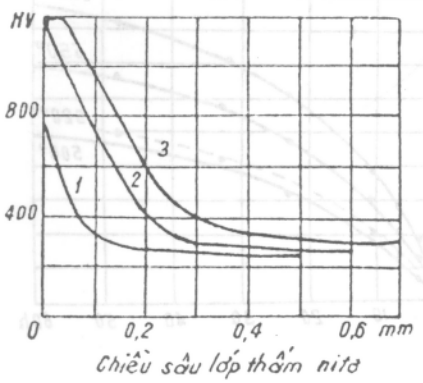
Thấm nitơ thể lỏng (TN_l) tiến hành trong những bể muối có cho amoniac đi qua.

Để tránh sự ăn mòn chi tiết người ta cho dòng điện một chiều với mật độ 0,1–0,25 A/dm^2 đi qua bể muối (chi tiết là anôt–grafit là katôt).

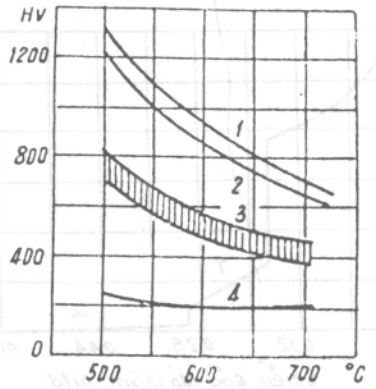
Thấm nitơ đẳng nhiệt (TN_{dn}) là quá trình thấm chỉ giữ nhiệt ở một nhiệt độ thích hợp nhất trong khoảng 480 – 560°C, nhằm đạt được kết quả tốt (độ cứng cao HV 1050 – 1150 và không có pha ε giòn).

Thấm nitơ nhiều cấp (TN_{nc}) là quá trình thấm tiến hành giữ nhiệt ở nhiều nhiệt độ. Thấm nitơ nhiều cấp có tác dụng nâng cao hiệu quả của quá trình thấm (nâng cao chiều sâu lớp thấm và giảm bớt thời gian của quá trình).

Thấm nitơ tăng bền (TN_b), nhằm mục đích nâng cao độ chống mài mòn và giới hạn mỏi của chi tiết. Khi thấm theo cách này độ cứng cũng tăng lên rất mạnh (HV 700 – 1150) do tạo ra các nitrit và pha xen kẽ nitrit.



Hình 5.26. Sự thay đổi độ cứng theo chiều sâu lớp thấm nitơ của thép 3.8CrMoAlA ở nhiệt độ thấm 500°C trong khoảng :
1. 6h ; 2. 24h ; 3. 48h.



Hình 5.27. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến độ cứng bề mặt của thép thấm nitơ :
1. 38MoCrAlA ; 2. 38CrWVAl ;
3. thép hợp kim kết cấu 40Cr, 18Cr2Ni4VA, v.v... ;
4. thép cacbon :C30,C40,C45

Thấm nitơ chống ăn mòn (TN_{cam}) nhằm thay thế và trong nhiều trường hợp có ưu điểm hơn hẳn phương pháp mạ điện bảo vệ thép, gang khỏi ăn mòn.

Những chế độ thấm nitơ mới :

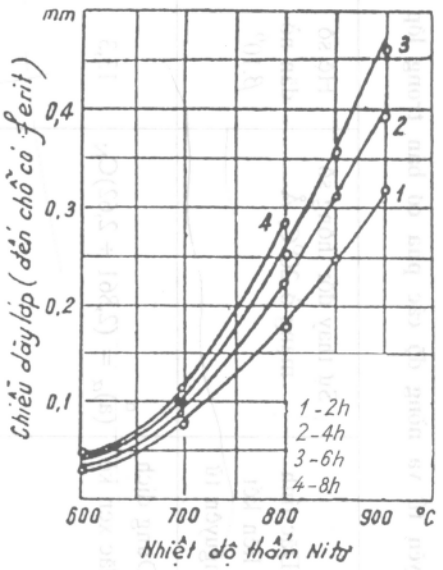
1. Để giảm bớt sự biến dạng của chi tiết và loại bỏ hiện tượng giòn ram thuận nghịch ta dùng quá trình thấm nitơ ở nhiệt độ thấp 380–420°C.

Bề mặt chi tiết được bôi một lớp dung dịch anhiđrit crom CrO_3 bão hòa nước và đem nung nóng chi tiết trong lò. Trong khoảng không làm việc của lò, ferosilic dạng bột (75% Si) chứa trong các phễu lưới sẽ thúc đẩy sự phân ly amoniac ở nhiệt độ thấp.

Khi phân ly amoniac từ 20 - 25% ở 380°C sau 60 - 80 giờ và ở 420°C sau 24 - 36 giờ, nhận được chiều sâu khoảng 0,20 - 0,25 mm với độ cứng HRC 45 - 50.

2. Để nâng cao tính chống ăn mòn của thép cacbon và thép hợp kim thấp, có thể áp dụng quá trình thấm nitơ trong thời gian ngắn, kết hợp với tôi.

Thấm nitơ các thép ít cacbon ở 600- 850°C và tôi tiếp theo trong nước hoặc dầu có thể nhận được chiều sâu lớp thấm khá lớn và độ cứng HV 900 - 1150. Sau khi tôi chi tiết được ram ở 200 - 250°C hoặc gia công lạnh ở −70° hoặc −80°C. Độ cứng lớn nhất sau khi thấm nitơ và tôi sẽ nhận được ở một chiều sâu nhất định nào đó kể từ bề mặt.



Hình 5.28

3. Người ta dùng quá trình thấm nitơ nung nóng bằng dòng điện tần số cao để rút ngắn thời gian quá trình.

Thí dụ, thấm nitơ ở 500 - 550°C trong vòng 3 giờ. Cho phép tạo ra lớp có chiều sâu 0,2 - 0,23 mm với độ cứng HV > 1000, ở 600 - 700°C lớp thấm có thể sâu 0,27 - 0,35 mm và độ cứng HV 720 - 930.

Số hiệu thép 38CrMoAlA được ứng dụng rộng rãi nhất trong quá trình thấm nitơ.

Ngoài ra còn dùng các thép sau khi thấm nitơ :

a) Thép có lượng chứa nhôm thấp và không có molipđen 38CrWVAl ; cả những thép không chứa nhôm và molipđen (bảng 5.31).

b) Thép không gỉ và thép bền nóng 10Cr18Ni9Ti, 10Cr13, 40Cr14Ni14W2Mo v.v... với mục đích nâng cao độ cứng và tính chống mài mòn (khi đó tính chống ăn mòn giảm xuống và cả tính chống tạo màng oxit cũng giảm).

c) Thép dụng cụ khuôn dập 100Cr12Mo, 100Cr12V, 100Cr12V2 ; 50CrMnMo, 50CrNiMo, 40Cr2Si ; 40CrWSi ; 30CrW8, 40Cr8W2 với mục đích nâng cao độ cứng và chống mài mòn.

d) Thép kết cấu 30CrNi3, 37CrNi3A, 18Cr2Ni4WA, 38CrNiMoVA, 40Cr2MnMo, v.v. với mục đích nâng cao giới hạn mỏi.

e) Thép kết cấu cacbon và hợp kim thấp.

Với mục đích nâng cao tính chống ăn mòn trong khí quyển, trong hơi nước và trong nước.

Gang cũng có thể chịu thấm nitơ.

Bảng 5.30. **Đặc tính về mạng tinh thể nguyên tử và nồng độ các pha cơ bản trong lớp thấm nitơ**

Tên pha *	Tỷ lệ hóa học	Giới hạn thay đổi nồng độ nitơ C_N, %	Kiểu mạng	Đặc tính liên kết nguyên tử	Sự thay đổi thông số mạng ở 20°C, Å	Hệ số dãn nở $\beta.10^6$	Giá trị thể tích riêng các pha V_c
Pha α - dung dịch đặc của nitơ trong Feα		0,42 (ở 591°C) 0,015 (ở 20°C)	Lập phương thể tâm	Dung dịch đặc xen kẽ	$\overset{o}{(a)}_\alpha = (2,861 \div 2,62)C_N$	13,3	$0,12715 + 0,222CN + + 5,071 . 10^{-6}$
Pha γ - hợp chất hóa học có thành phần thay đổi	Fe_4N (với 5,9%N_2)	5,50-5,98 (ở 591°C)	Lập phương diện tâm	Dung dịch đặc xen kẽ (pha xen kẽ)	$\overset{o}{(a)}_\gamma = (3,59 \div 4,05)C_N$	7,9	$0,11813 + 0,274CN + + 2,79t . 10^{-6}$
Pha ε - hợp chất hóa học có thành phần thay đổi	Fe_2N (với 11,2% N_2)	8,0-11,2 và cao hơn	Lục giác dày đặc	Dung dịch đặc của sắt trong Fe_2N	$\overset{o}{(a)}_\varepsilon = (2,51 \div 2,4)\ C_N$ $\overset{o}{(c)}_\varepsilon = (4,21 \div 2,0)C_N$	22,2	$0,11052 + 0,388CN + + 7,36t . 10^{6}$

* *Ở* nhiệt độ cao hơn 591°C pha γ được tạo ra, đó là dung dịch đặc của nitơ trong sắt γ ; tại nhiệt độ 951°C và ở nồng độ nitơ 2,35% pha γ sẽ tạo ra cùng tích $\alpha + \gamma'$.

Bảng 5.31. **Hệ số khuếch tán của nitơ trong các pha khi thấm nitơ thép**

Pha	D = f (T), cm^2/s	Hệ số A	Nhiệt khuếch tán cal/g.ng tử
ε	$D_\varepsilon = 2{,}70\, e^{-\frac{35250}{RT}}$	0,277	35250
γ	$D_\gamma = 0{,}335 . 10^{-2} e^{-\frac{34660}{RT}}$	$0{,}335 . 10^{-2}$	34660
α	$D\alpha = 4{,}67 . 10^{-4} e^{-\frac{17950}{RT}}$	$4{,}67 . 10^{-4}$	17950

Bảng 5.32. **Thang độ giòn của lớp thấm nitơ**

Nhóm	Dạng vết ấn theo Vichke	Kết luận	Chú thích
I		Không giòn	Trong tất cả các trường hợp đều cho phép
II		Giòn vừa	
III		Giòn	Không cho phép trên các bề mặt mài
IV		Rất giòn	Trong tất cả các trường hợp không cho phép

Bảng 5.33. **Chế độ thấm nitơ TN_b***

Chế độ thấm nitơ	Loại	Cấp 1			Cấp 2			Cấp 3			Chiều sâu lớp thấm δ, mm	Độ cứng bề mặt HV
		t^oC	αNH_3 %	τ, giờ	t^oC	αNH_3 %	τ, giờ	t^oC	αNH_3 %	τ, giờ		
TN_{dn} - đẳng nhiệt **	I	480-520	15-25	Dưới 80	-	-	-	-	-	-	0,5-0,7	1050-1150
	II	540-560	30-50	35-65	-	-	-	-	-	-	0,5-0,6	950-1000
TN_{2C} - 2 cấp ***	I	500-510	25	18-20	550-570	35-55	20-24	-	-	-	0,5-0,7	900-1000
	II	540	30	10	570	30	8	-	-	-	0,35-0,45	900-1000
TN_{3C} - 3 cấp		500-520	20-35	15-18	600-620	50-70	18-20	550-570	35-50	4-5	0,5-0,8	950-1050

* Với mục đích làm giảm độ dòn của lớp thấm nitơ, sau khi thấm người ta tiến hành quá trình khử thấm nitơ ở 560-580°C trong 2–5 giờ dưới một dòng amonitac đã phân ly hoặc trong không khí.

** Chế độ thấm nitơ các ống hình trụ.

*** Chế độ thấm nitơ bánh răng.

Bảng 5.34. **Thép thấm nitơ có nhôm và molipden**

Số hiệu thép	Thành phần hóa học, %					Cơ tính				
	C	Cr	Ni	W	V	σ_{bk}, MPa	σ_{ch}, MPa	δ %	Ψ%	a_k, kJ/m^2
38Cr2Ni2WVA	0,27-0,34	1,60-200	1,40-1,80	1,00-1,40	0,18-0,28	1000	850	12	55	1200
30Cr2Ni2WA	0,27-0,34	1,60-2,00	1,40-1,80	1,20-1,60	-	1050	850	13	55	1000
30Cr3W2	0,27-0,34	2,80-3,20	0,50	0,80-1,20	-	1000	850	15	50	1000

Chú thích : Độ cứng HV sau khi thấm nitơ đối với các thép này là 900–950.

Bảng 5.35. **Chế độ thấm nitơ vài số hiệu thép**

Số hiệu thép	Chế độ thấm			Độ cứng bề mặt, HV	Chiều sâu lớp thấm, mm
	Nhiệt độ, °C	Thời gian, giờ	Mức độ phân ly NH_3,%		
10Cr18Ni9 (10Cr18Ni9Ti)	560	48-60	40-50	900-1200	0,15-0,25
40Cr14Ni14W2Mo	575	48-60	40-50	900-1000	0,10-0,20
10Cr13	520	48-60	15-25	900-1000	0,25-0,35
50CrMoNi(50CrSiMnMo)	520	24	15-25	700-750	0,3
		24	15-25	1000	0,25
30CrW8 (30Cr2W8)	520	40-50	15-25	900-1000	0,40-0,50
40Cr8W2	520	40-50	20-35	900-1100	0,30-0,35
40Cr2Si (40CrWSi)	520	40-50	20-35	700-750	0,45-0,55
100Cr12Mo (100Cr12V)	520	40-50	20-35	1100-1200	0,25-0,35
70Cr3	520	40-50	20-35	700-750	0,45-0,55

Chú thích :

1. Trước khi thấm nitơ bề mặt thép không gỉ hoặc thép chịu nóng được phun cát hoặc cho ăn mòn nhẹ, bằng dung dịch 3% axit H_2SO_4 ở 50–90°C hoặc dung dịch 20% axit fotforic ở 20°C. Nhúng chi tiết vào bể chứa 60% NaCN và 40% KCN cho kết quả rất tốt.
2. Nếu là 100Cr12Mo (100Cr12V) thì buộc phải tôi ở nhiệt độ cao trước khi thấm nitơ để nâng cao độ cứng của lõi đạt HRC 60–61, sau khi thấm nitơ phải gia công lạnh ở nhiệt độ −60 đến −70°C hoặc ram 2–3 lần ở 540–550°C.

Phương pháp bảo vệ cục bộ khi thấm nitơ

Phương pháp bảo vệ	Chiều dày lớp phủ, mm
Mạ thiếc (thường thấm fôtfo tiếp theo) Mạ niken Mạ kẽm Mạ kim loại kép chì-kẽm, đồng-kẽm, đồng-chì, niken-chì.	0,01-0,02 0,05-0,06 0,04-0,05 Kim loại thứ nhất 0,005 kim loại thứ hai 0,015
Sơn : 3 phần bột thiếc, 1 phần bột chì và 1 phần crom nghiền nhỏ và trộn bằng kẽm clorua Bụi chì thiếc (60 : 40) pha loãng bằng hỗn hợp 5 phần dầu thực vật, 2 phần mỡ lợn, 2 phần bột nhựa và 1 phần kẽm clorua	1 - 2
Bôi 2 lần nước thủy tinh lên bề mặt chi tiết và sấy khô tiếp theo ở 100-120°C	1 - 2

Kiểm tra lớp thấm nitơ

Khi kiểm tra phải xác định :

Độ cứng : dùng dụng cụ có mũi dâm kim cương tải trọng 1−10 kG hoặc tải trọng 15,30 và 60 kG.

Chiều sâu :

a) theo mặt gãy của mẫu kiểm tra ;

b) theo tổ chức thô đại khi tẩm thực bằng thuốc tẩm thực : dung dịch 4% axit picric trong cồn hoặc hỗn hợp của dung dịch axit nitric 4% và axit picric 4% (10 : 2) trong cồn.

c) theo tổ chức tế vi (dùng thuốc tẩm thực vật trên) ;

d) theo đường cong thay đổi độ cứng từ mặt vào tâm.

Độ dòn : căn cứ vào đặc tính của vết ấn bằng mũi ấn kim cương (xem hình 5.29).

Độ xốp : (khi thấm nitơ, chống ăn mòn) kiểm tra bằng tẩm thực (ăn mòn nhẹ).

Thuốc tẩm thực : 10g NaCl + 6g $K_3Fe(CN)_6$ hòa vào nước cất ở 60°C, pha thêm 2,5g thạch. Dùng bút lông phết thuốc lên một mặt của giấy lọc không tro và sấy khô. Trước khi thử giấy được bôi ướt bằng nước cất và đặt vào mặt cần thử của chi tiết. Sau 2−3 phút đem giấy lọc rửa bằng nước lạnh và sấy khô. Các lỗ hổng trong lớp thấm nitơ thể hiện bằng những điểm xanh trên giấy lọc (phản ứng giữa sắt và kali feroxianua).

5.2.4. THẤM LƯU HUỲNH

Thấm lưu huỳnh (TS) là quá trình hóa nhiệt luyện các chi tiết bằng thép, gang – bão hòa lớp bề mặt bằng lưu huỳnh nhằm cải thiện tính chống mài mòn và tránh tạo vết xước trên các bề mặt làm việc của chi tiết và dụng cụ. Người ta thấm lưu huỳnh trong những môi trường chứa hợp chất lưu huỳnh. Thí dụ, sắt sunfua FeS., kali sunfoxianua, hiposunfit $Na_2S_2O_3$, phèn, nhôm kali KAl (SO_4) $12H_2O$. Chi tiết được nung môi trường thấm, giữ nhiệt và làm nguội ngoài không khí. Thấm lưu huỳnh là quá trình nhiệt luyện cuối cùng. Những chi tiết được thấm lưu huỳnh sau khi tôi và ram có khả năng chống lại sự tạo thành vết xước rất tốt.

Theo điều kiện nung nóng thấm lưu huỳnh chia ra :

Thấm lưu huỳnh ở nhiệt độ trung bình TS_{tb} thực hiện ở nhiệt độ 560 – 570°C, thấm lưu huỳnh ở nhiệt độ thấp TS_t thực hiện ở 170 – 200°C. Thời gian giữ ở nhiệt độ thấm 2,5 – 3,0 giờ sẽ tạo được chiều sâu 0,3 mm.

Quá trình thấm thực hiện bằng những cách sau :

a) chi tiết được khử dầu mỡ cẩn thận và rửa bằng nước nóng.

Bảng 5.36. **Thành phần bể thấm lưu huỳnh**

Tên gọi thành phần bể	Bể						
	Nhiệt độ trung bình ở 540–560°C, 560–570°C				Nhiệt độ thấp ở 170–200°C		Điện phân ở 96–98°C
	1	2	3	4	1	2	3
Muối vàng $K_4F_e(CN)_6$	90-95	3,4	-	-	-	-	-
Natri hoặc kali hiđroxit Na(OH) ; KOH	5-10	-	-	32	-	-	-
Pirit FeS_2	3-5	-	-	-	-	-	-
Natri clorua NaCl	-	17	-	30	-	-	-
Bari clorua $BaCl_2$	-	25	-	-	-	-	-
Canxi clorua $CaCl_2$	-	38	-	-	-	-	-
Natri sunfat Na_2SO_4	-	3,4	51	18	-	-	-
Sắt sunfua FeS	-	13,2	-	-	-	-	-
Kali clorua KCl	-	-	41,5	-	-	-	-
Hiposunfit $Na_2S_2O_3$	-	-	5,5	20	-	70-75	15
Kali sunfoxianua KCNS	-	-	2	-	90	25-30	85
Phèn nhôm kali $KAl(SO_4)_2.12H_2O$	-	-	-	-	10	-	-

b) chi tiết được nung trước lên 150 – 200°C và chất vào bể thấm. Bề mặt chi tiết cần thấm lưu huỳnh không được tiếp xúc nhau với thành bể, và với đồ gá.

Thành phần của môi trường rắn để thấm lưu huỳnh ở 540 – 560°C gồm 90% sắt sunfua FeS ; 3% amôn clorua ; 3% grafit.

c) sau khi thấm lưu huỳnh, người ta dùng nước nóng có nhiệt độ 80°C để rửa sạch muối.

d) để tăng thêm tính chống ăn mòn của chi tiết, người ta giữ trong dầu ở 110 – 120°C khoảng 5 – 10 phút và sau đó làm sạch bằng mạt cưa hoặc bằng cách chùi.

Trong công nghiệp người ta còn ứng dụng quá trình bão hòa đồng thời lưu huỳnh, cacbon và nitơ là quá trình thấm lưu huỳnh cacbon nitơ (TSCN).

Thấm lưu huỳnh cacbon nitơ các chi tiết bằng thép và gang được thực hiện trong các bể muối ở nhiệt độ 550 – 580°C trong vòng 1 – 3 giờ. Chi tiết sau khi thấm lưu huỳnh cacbon nitơ được để nguội ngoài không khí đến 100 – 200°C, rửa bằng nước nóng và nhúng vào dầu ở 120 – 130°C.

Bảng 5.37. **Thành phần bể thấm lưu huỳnh cacbon nitơ**

Các muối cho vào bể	Thành phần bể %		
	1	2	3
NaCN	50	-	95
$K_4Fe(CN)_6$	-	75	-
$Na_2S_2O_3$	5	12	-
Na_2SO_4	25	-	-
$(NH_4)_2SO_4$	-	-	5
KCl	20	-	-
NaOH	-	13	-

Quá trình được áp dụng cho các chi tiết làm việc trong điều kiện ma sát nửa khô hoặc nửa ướt khi có tải trọng động yếu và phụ thuộc vào đặc tính bôi trơn.

Thành phần 1 được dùng để thấm lưu huỳnh cacbon nitơ các supap hút và xả của động cơ thành phần 2 để thấm các chi tiết máy bơm, máy hơi nước và các chi tiết máy (để thay cho đồng thanh), với những dung cụ bằng thép 80Cr4W18V như khoan, tarô, hay dĩa, v.v... dùng thành phần 3.

Ở Tiệp Khắc, thấm lưu huỳnh–nitơ–cabon được áp dụng khá rộng rãi (thành phần bể thấm 94% NaCN, 6% Na_2SO_3) và ở Pháp (thành phần 34% NaCN, 7% Na_2SO_3, 27% KCl, 16% $NaCO_3$, 16% K_2CO_3) dùng cho các chi tiết diezen và tuocbin.

5.2.5. GIA CÔNG BẰNG HƠI NƯỚC

Gia công bằng hơi nước (G_{hn}) là quá trình nhiệt luyện nhằm tạo màng oxit bảo vệ trên bề mặt chi tiết.

Ở một số nhà máy những dụng cụ bằng thép gió cũng được gia công bằng hơi nước.

Thực chất của phương pháp gia công bằng hơi nước là tạo ra màng oxit sít chặt trên mặt chi tiết nhằm chống lại quá trình oxi hóa tiếp tục ở nhiệt độ thường. Màng oxit sắt từ Fe_3O_4 – (manhetit) sít chặt nhất, nó có kiểu mạng lập phương loại Spinen ; Fe_3O_4 tạo ra ở nhiệt độ thấp hơn 570°C. Cao hơn nhiệt độ này, sẽ tạo ra FeO có mạng lập phương loại NaCl ; FeO xốp và không có tác dụng bảo vệ.

Ngoài ra ở những nhiệt độ bất kỳ còn tạo ra loại Fe_2O_3 – (hematit) có mang hình thoi dạng ngọc kim cương.

Tính chất bảo vệ của loại này kém hơn manhetit.

Khả năng nhiệt động học để tạo ra Fe_3O_4 ở dưới 570°C cao hơn so với Fe_2O_3, vì vậy trước hết ở nhiệt độ này sẽ tạo ra Fe_3O_4 và chỉ trong thời gian dài cùng với Fe_3O_4 mới tạo ra Fe_2O_3.

Khi hơi nước tác dụng với sắt oxit tạo ra theo phản ứng sau :

$$\frac{3}{4}\,Fe + H_2O \rightarrow \frac{1}{4}\,FeO + H_2 \text{ (dưới 570°C)}$$

$$Fe + H_2O \rightarrow FeO + H_2 \text{ (cao hơn 570°C)}$$

$$\frac{4}{3}\,Fe + 2H_2O \rightarrow \frac{2}{3}\,Fe_2O_3 + 2H_2 \text{ (cao hơn 20°C)}$$

Như vậy để tạo ra màng bảo vệ tốt Fe_3O_4 thì gia công ở t^o thấp hơn 570°C và giữ một thời gian hợp lý nhất.

Nên áp dụng chế độ sau đây : nung chi tiết trong khí quyển của lò đến 350–370°C khoảng 20–30 phút, giữ ở nhiệt độ này trong khí quyển hơi nước 30 phút ; nung nóng đến 540–550°C và giữ trong khí quyển hơi nước ở nhiệt độ này khoảng 30–60 phút và làm nguội tiếp theo ngoài không khí. Màng oxit Fe_3O_4 với chiều dày 1–4 μm được tạo ra sẽ nâng cao khả năng chống ăn mòn và tính chất cắt gọt, vì nó làm tác dụng dính (nhiệt độ dính) của dao và phôi lên 100–150°C. Gia công hơi nước không làm giảm độ sạch của bề mặt mà còn gây ảnh hưởng tốt là nâng cao độ bền vững của dụng cụ. Kết quả thực nghiệm cho ta số liệu sau :

Với thép 90Cr4W9V2 khi giữ 30 phút trong khí quyển hơi nước 400°C, tạo ra màng oxit dày ≈ 0,1 μm ; 450°C dày ≈ 0,5 μm ; 500°C ≈ 1,0 μm ; 550°C ≈ 2,2 μm ; 600°C đối với 80Cr4W18V ≈ 4 μm và ≈ 5,7 μm đối với 90Cr4W9V2. Với thép 90Cr4W9V2 chiều dày màng oxit khi giữ ở 550°C phụ thuộc vào thời gian : 30 phút ≈ 2,8 μm ; 60 phút ≈ 5,1 μm ; 90 phút ≈ 7,4 μm ; 120 phút ≈ 8,8 μm, 180 phút ≈ 9,5 μm. Gia công bằng hơi nước thường áp dụng những dụng cụ đã gọt và mài bóng như một quá trình nhiệt luyện cuối cùng.

6. ĐẶC TÍNH CỦA QUÁ TRÌNH THẤM KIM LOẠI

Bảng 5.38

Quá trình	Nhiệt độ, ^{o}C	Thành phần hỗn hợp đem dùng	Chiều sâu lớp thấm δ mm phụ thuộc thời gian quá trình τ, h	Chú thích
1	2	3	4	5
Thấm nhôm (*)				
Thấm nhôm thể rắn khi chi tiết được nung trong lò quay	900−950	49% Al (bột) 49% Al_2O_3 ; 2% NH_4Cl ; cho N_2 hoặc H_2 vào để tránh oxi hóa.	δ = 0,1−1,0 mm khi τ = 2−12h	
Thấm nhôm thể rắn khi xếp chi tiết vào hộp	1050−1080	35−50% Al (bột) 65−50% đất sét trắng dạng bột đã thiêu kết. khi dùng lại chỉ thêm 5−10% Al bột.	δ = 0,6−1,65 mm khi τ = 6−15 h (sau khi đã nung đến nhiệt độ thấm). Nồng độ Al trên bề mặt ~24%.	Khuếch tán nhôm vào kim loại. Ngoài ra còn tráng một lớp mỏng lên bề mặt. Hệ số khuếch tán của Al vào Fe : $D_{900^{o}} = 0{,}33.10^{-7}$cm/s.
Cũng như trên	975−1000^{o}C giữ trước ở 750^{o}C làm nguội cùng lò đến 500−400^{o}C	37−47% Fe ; 2−4%. Cu ; 0,5−0,25%NH_4Cl, còn lại là nhôm. Hỗn hợp dạng bột hạt ~0,5 mm. Khi dùng lại cho thêm 10−30% chất mới.	δ = 0,1−0,8 mm khi τ = 5−6h khi ủ khuếch tán ở 900^{o}C giữ nhiệt 3h.	Khe hở giữa các chi tiết 25−40 mm, cách thành và đáy hộp 30−40 mm, cách nắp 50−60 mm. Hộp có nắp kép và rắc cát giữa 2 thành. Độ bền của chi tiết ở 850−950^{o}C được bảo đảm.
Thấm nhôm thể khí.	600^{o}C ở một đầu và 900−1000^{o}C ở đầu kia của buồng làm việc	a) 45% Al (bột) ; 45% Al_2O_3 ; 10% NH_4Cl ; còn lại là sắt. b) 55% Al ; 3,4% Cu, còn lại Fe, dòng hỗn hợp khí H_2 + $AlCl_3$ được thổi tới các chi tiết **.	Khi t = 900^{o}C và τ = 120 ph, δ = 0,08 mm ; t = 1000^{o}C và τ = 120 ph ; δ = 0,15 mm ; t = 1050^{o}C, τ = 120 ph , HV 340−390.	

(*) Công nghệ thấm nhôm thép austenit không khác với thấm nhôm thép cacbon : chiều sâu lớp thấm không nhỏ hơn 0,10 mm ; nồng độ cực đại của nhôm từ 28 - 30% (dung dịch đặc không có cacbon). Thấm nhôm chủ yếu bằng thể rắn và thể khí dùng cho các chi tiết, thiết bị dùng gồm có : ghi lò bằng gang, ống nồi hơi và ống thổi, hộp thấm cacbon, vỏ cặp nhiệt, dây đốt, v.v. .

(**) Thấm nhôm sắt bằng clorua một AlCl tiến hành theo phản ứng sau : Hơi nhôm clorua một tạo ra do tác dụng giữa hơi $AlCl_3$ với nhôm nóng chảy trong môi trường hidro sạch

$$\frac{2}{3}\ AlCl_3 + \frac{3}{4}\ Al \rightarrow 2AlCl.$$

- Ở nhiệt độ 950 - 1000°C quá trình thấm nhôm xảy ra với sự tạo lớp chất giữa các kim loại

$$2AlCl + \frac{4}{9}\ Fe_{\alpha,\gamma} = \frac{2}{3}\ AlCl_3 + \frac{4}{9}\ Fe\ Al_3$$

- Độ cứng của lớp bề mặt đạt tới 12500 MPa ; khi nhiệt độ thấm cao hơn, tạo ra lớp cứng bé hơn.

Tiếp bảng 5.38

1	2	3	4	5
Thấm nhôm trong nhôm lỏng	750−800°C	92−94% Al ; 6−8% Fe	δ = 1,0 mm khi giữ trong kim loại lỏng từ 45−60 ph. Ủ tiếp theo ở 110−1150°C trong khoảng 1,5h.	Trên mặt chi tiết tạo ra hợp chất dòn $FeAl_3$ (hợp chất phân hủy ủ lâu). Nối thép có độ bền thấp.
Thấm nhôm trong muối nóng chảy bằng điện phân.	700−800°C	75% $AlCl_3$; 25% NaCl hoặc 50% $AlCl_3$ 50% NaCl.	−	Anot là bể nhôm katot là chi tiết thép, mật độ dòng điện một chiều 0,5−1,0 A/dm^2
Thấm nhôm bằng cách tráng lên một lớp nhôm lỏng	−	Bọc lên một lớp nhôm	δ = 0,25−0,5 mm ủ tiếp theo ở 950−1000°C	
Thấm Crom				
Thấm crom thể rắn	1050−1150°C (925−1050°C)	a) 50−55% fero crom (50−75% Cr ; 4% C) ; 45−50% Al_2O_3 ; 2% NH_4Cl b) 65−70% ferocrom ; 30−35% Silicagen (≥ 80% SiO_2 ; 2−3% NH_4Cl). c) 60−65% ferocrom, 30−36% đất sét trắng ; 5% HCl.	Chiều sâu lớp 0,1−0,3 mm τ = 6−15 h ở 980°C τ = 1 ; δ = 0,03 τ = 2 ; d = 0,05 τ = 4 ; δ = 0,08 τ = 6 ; δ = 0,10	Nồng độ 50−60% Cr trên chiều sâu 0,1 mm D_{1150}^{o} = 0,06 x 10^{-7} cm^2/s ; D_{1200}^{o} = 0,16 . 10^{-7} cm^2/s.

Tiếp bảng 5.38

1	2	3	4	5
Thấm crom thể khí	950°C (950−1050°C)	Cho vào hơi $CrCl_2$. Hơi $CrCl_2$ tạo ra khi cho khí H_2 và HCl sấy khô qua ferocrom ở 950°C.	δ = 0,06−0,10 mm τ = 3−5 h	
Thấm crom thể lỏng	950−1000°C	Hợp kim lỏng chứa NaCl, $CrCl_2$ và fero−crom : 89% $BaCl_2$ + 20% $CaCl_2$ + lượng bổ thêm 10−15% $CrCl_2$	−	Có thể tôi trực tiếp chi tiết từ bể.
Thấm silic				
Thấm silic thể rắn có khí Clo đi qua.	1100−1200°C	a) Clo đi qua buồng làm việc đã chất đầy bột kim cương hoặc ferosilic + 2% NH_4Cl cùng chi tiết. b) Clo đi qua buồng làm việc chất đầy 70−90% ferosilic, thí dụ ferosilic 75% ; samôt 20%. NH_4Cl15% đưa vào để rút ngắn quá trình.	δ = 0,5−0,7 mm t = 2−4 h, các thép được thấm silic phải có lượng chứa C ≤ 0,5%.	Silic khuếch tán trong Fe_γ, pha α được tạo ra trong một thời hạn $D_{1150^\circ} = 1{,}25 \cdot 10^{-7}$ cm^2/s nồng độ cực đại của silic 12−15%; độ cứng của lớp thấm HB 200−250. Lớp thấm chống ăn mòn tốt trong nước biển, axit nitric, sunfuric, clohidric; chống oxi hóa đến 980°C.
Thấm silic thể khí	925-1050°C	Cũng như trường hợp thứ nhất nhưng chi tiết được xếp trong buồng làm việc riêng, tại đó thổi qua một dòng khí Clo nhẹ, $SiCl_4$ tạo ra do Clo tác dụng với SiC.	t = 1100°C τ = 1, δ = 0,80 ; τ = 2, δ = 1,50 ; τ = 3, δ = 2,00 ; t = 980° τ = 1, δ = 0,3 ; τ = 3, δ = 0,7 ; τ = 5, δ = 0,9	
Thấm crom và silic				
Trong môi trường khí $CrCl_2$ và $SiCl_4$	1000−1150°C	Cho vào khí clo HCl + H_2 hoặc chỉ H_2 qua hỗn hợp ferosilic ferocrom với tỉ lệ 1 : 1 ; tạo ra hỗn hợp chứa $CrCl_2$ và $SiCl_4$.	Thí dụ thép 30 chiều sâu lớp thấm khi giữ 8h và dùng H_2 : δ = 0,07-0,10 ; HCl +H_2 : δ = 0,20−0,25 ; Cl_2 : δ = 0,50.	Hỗn hợp HCl+H_2 dễ nổ, lớp thấm crom silic có độ đai cao hơn lớp thấm silic.

Tiếp bảng 5.38

1	2	3	4	5
		Thấm crom nhôm		
Trong môi trường khí chứa $CrCl_2$ và $AlCl_3$	950−980°C	a) Cho H_2 qua buồng làm việc chứa 40% Al ; 45% Al_2O_3, 10% NH_4Cl ở 600−659°C tạo khí $AlCl_3$. b) Cho hỗn hợp H_2+HCl qua buồng làm việc chứa ferocrom có samot ở 950-1000°C tạo ra khí $CrCl_2$.	Thí dụ với thép cacbon thấp khi giữ 8h ở 980°C chiều sâu lớp thấm 0,3−0,4 mm khi giữ 3h ở 1000°C−0,17 mm ; ở 1050°C−0,38 mm ; ở 1100°C−0,78 mm	Thấm crom nhôm các chi tiết tiến hành trong những buồng riêng. bền chống oxi hóa ở 1100−1200 °C
		Thấm Bo		
Thấm Bo trong bột rắn	900−1000°C	Bột Bo (feroBo) trộn thêm 30−40% oxit nhôm Al_2O_3 và 1−2% NH_4Cl.	τ = 20−40h ; δ = 0,2−0,5	−
Thấm Bo bằng điện phân	900-950°C	Hàn the nóng chảy ($Na_2B_4O_7.10H_2O$) là katot, mật độ dòng điện 0,1−0,2 A/cm^2	τ = 2−6h δ = 0,1−0,3	−
Thấm Bo thể lỏng	900−950°C	Muối clorua nóng chảy. a) 78% $BaCl_2$+22%. NaCl + 10% (trọng lượng) Bocacbua hoặc 20% feroBo. b) 60−70% hàn the + 40−40% Bocacbua.	τ = 1−3h δ = 0,15−0,2	−
Thấm Bo thể khí	800−850°C	Buồng khí B_2H_6 pha loãng khí hiđro (1 : 25 hoặc 1 : 15, nên dùng 1 : 20)	τ = 3−6h δ = 0,05−0,2 mm	−

Chương 6. PHÂN LOẠI THÉP VÀ KÝ HIỆU

6.1. PHÂN LOẠI THÉP CACBON

Thép càng ít tạp chất có hại (P,S) và các khí (H, O, N) có độ dẻo, độ dai càng cao tức có cơ tính tổng hợp cao, chất lượng càng cao. Các phương pháp luyện thép có khả năng loại trừ tạp chất có hại ở các mức cao thấp khác nhau do đó tạo cho thép chất lượng tốt, xấu khác nhau. Hiện nay trên thế giới cũng như ở nước ta chỉ còn tồn tại hai phương pháp chính là lò điện hồ quang và lò thổi oxy từ đỉnh (lò L–D), ngoài ra còn các phương pháp làm sạch tạp chất ngoài lò.

Phân loại theo độ sạch tạp chất từ thấp đến cao

– *Chất lượng thường,* lượng P, S chỉ được khử đến mức 0,050% (hay cao hơn một chút) cho mỗi nguyên tố. Phương pháp luyện thép L–D thường chỉ đạt được cấp chất lượng này mặc dầu nó cho năng suất rất cao và giá thành thép rẻ. Cấp chất lượng này thường chỉ áp dụng cho nhóm thép có yêu cầu không cao như đa số thép xây dựng thông dụng.

– *Chất lượng tốt*, lượng P, S được khử đến mức 0,040% cho mỗi nguyên tố. Phương pháp luyện thép bằng lò điện hồ quang dễ dàng đạt được cấp chất lượng này, thường áp dụng cho các nhóm thép dùng trong chế tạo máy thông dụng.

– *Chất lượng cao*, lượng P, S được khử khá cẩn thận, đến mức 0,030% cho mỗi nguyên tố. Với các biện pháp kỹ thuật dùng chất khử mạnh, tuyển chọn nguyên liệu vào... vẫn có thể đạt được bằng phương pháp luyện thép trong lò điện hồ quang.

– *Chất lượng rất cao*, lượng P, S được khử ở mức triệt để nhất : 0,020% cho mỗi nguyên tố. Thép sau khi luyện ở lò điện hồ quang được tinh luyện tiếp tục : khử tạp chất ở ngoài lò bằng điện xỉ.

Ngoài ra để giảm tối đa lượng khí chứa trong thép người ta phải áp dụng đúc rót thép trong chân không.

Các thép cacbon có ba cấp chất lượng : thường, tốt và cao. Các thép hợp kim không có chất lượng thường, chỉ có các cấp : tốt, cao và rất cao. Riêng thép làm ổ lăn phải đạt cấp chất lượng rất cao.

Phân loại theo phương pháp khử oxi

Theo mức độ khử oxi có triệt để hay không người ta chia ra hai loại thép sôi và thép lặng.

– *Thép sôi* là loại không được khử oxi triệt để*, tức chỉ bằng chất khử không mạnh là fero mangan, nên trong thép lỏng vẫn còn FeO.

– do không được khử bằng fero silic nên chứa rất ít silic thường là ≤ 0,05–0,07%, nên ferit của thép rất mềm và dẻo, rất dễ dập nguội;

– không cho phép dùng thép sôi để chế tạo các vật đúc định hình vì các rỗ khí làm giảm mật độ, tập trung ứng suất gây ảnh hưởng rất xấu đến cơ tính;

– không cho phép dùng thép sôi để làm các kết cấu hàn chảy, do trong thép vẫn còn oxi (FeO) nên khi chảy lỏng phản ứng tạo CO lại xảy ra, mối hàn chứa nhiều bọt khí;

– không cho phép dùng thép sôi để làm chi tiết thấm cacbon do không được khử oxi triệt để nên thuộc loại thép bản chất hạt lớn.

Thép lặng là loại được khử oxi triệt để bằng cả fero mangan lẫn fero silic là chất khử mạnh và nhôm, nên trong thép lỏng không xảy ra phản ứng trên, mặt thép lỏng luôn "phẳng lặng" (nên có tên là thép lặng). Các đặc điểm của thép lặng là :

– do được khử bằng fero silic nên chứa một lượng nhất định silic, thường trong khoảng 0,15–0,35%, nên ferit của thép cứng và bền hơn, khó dập nguội hơn;

– trong tổ chức không có rỗ khí nên có cấu trúc sít chặt hơn, có cơ tính cao hơn thép sôi, các vật đúc bằng thép phải được chế tạo bằng thép lặng, tuy nhiên lõm co trong thép lặng khá hơn (phần này phải cắt bỏ đi làm giảm hiệu quả kinh tế);

– trong các kết cấu hàn chảy chỉ được phép dùng thép lặng;

– các chi tiết thấm cacbon chỉ được làm bằng thép lặng.

Do các đặc tính trội hơn thép sôi được sử dụng rộng rãi hơn.

Nằm trung gian giữa hai thép trên là *thép nửa lặng*, nó chỉ được khử oxi bằng fero mangan và nhôm. Tính chất của nó nằm trung gian giữa thép sôi và thép lặng có khuynh hướng thay thế cho thép sôi.

Thép hợp kim chỉ có loại thép lặng, song thép cacbon có thể có cả ba loại : sôi, lặng và nửa lặng.

Phân loại thép theo phương pháp tạo hình dáng và kích thước

Thép đúc – thép đúc hình.

Thép rèn – rèn tự do và dập.

Thép cán – cán hình dáng khác nhau – thanh, bản, tấm, đáy, hình dáng đặc biệt, v.v...

Phân loại theo công dụng

Thép kết cấu, chia theo dấu hiệu :

a) Thành phần hóa học đối với thép cacbon và thép hợp kim.

b) Theo công nghệ đối với thép thấm cacbon (< 0,25% C)**, thép hóa tốt (0,35–0,60% C), thép dễ cắt (tự động) với lượng lưu huỳnh và fotfo tăng cao.

Theo công dụng, người ta phân thành thép chế tạo chi tiết máy thép xây dựng, thép đóng tàu thủy, thép vành đai, thép trục đầu máy và toa xe, thép đinh tán, thép ổ bi, thép lò xo v.v...

Thép dụng cụ phân thành thép dụng cụ cacbon, thép dụng cụ hợp kim (dụng cụ cắt gọt và đo lường, khuôn dập nguội, khuôn dập nóng và dụng cụ cắt chống oxi hóa và thép bền nóng, hợp kim điện trở lớn, thép có tính chất vật lý đặc biệt.

Bảng 6.1. **Phân loại thép theo thành phần hóa học**

Loại thép	Lượng chứa các nguyên tố hợp kim
Thép cacbon :	
cacbon thấp	⩽ 0,25
cacbon trung bình	0,25 - 0,60
cacbon cao	0,60 - 2,00
thép kết cấu	Mn dưới 0,8 khi C dưới 0,75
	Mn "1,2" C ~ 0,75
	Mn " 1,8 : C dưới 0,55
thép dụng cụ	Mn " 0,4 " C ⩾ 0,6
	Mn " 0,6 " C ⩾ 0,6
Thép hợp kim :	
hợp kim thấp	Lượng nguyên tố hợp kim trung bình (trừ C) ⩽ 2,5
hợp kim trung bình	2,5 - 10,0
hợp kim cao	lớn hơn 10

Bảng 6.2. **Phân loại thép theo tổ chức**

Loại thép	Đặc tính tóm tắt	Thí dụ loại thép theo thành phần hóa học
Ở trạng thái cân bằng (sau khi nguội chậm)		
Thép trước cùng tích	Ferit dư (trước cùng tích) trong tổ chức	Thép cacbon, hợp kim thấp ⩽ 0,80% C.
Thép sau cùng tích	Cacbit dư (cacbit thứ hai tiết ra từ austenit) trong tổ chức	Thép cacbon cao 0,80-2% C thép hợp kim trung bình và hợp kim cao

* Chú ý là vỏ bọc khí nằm trong thỏi đúc, không tiếp xúc với khí nếu không lưu kho quá lâu sẽ chưa bị oxi hóa nên các nguyên tử sắt dễ khuếch tán, hàn kín lại khi cán nóng.

Tiếp bảng 6.2

Thép ledeburit	Cacbit thứ nhất trong tổ chức	Thép hợp kim cao, thép gió
Thép ferit Thép nửa ferit	Pha α ổn định $\alpha \rightleftarrows \gamma$ từng phần	Thép hợp kim cao, chứa các nguyên tố "thu hẹp" khu γ : Cr, W, Mo, V, Ti, Si, Al, v.v. ..
Thép austenit Thép nửa austenit	Pha γ ổn định $\gamma \rightleftarrows \alpha$ từng phần	Thép hợp kim cao, chứa các nguyên tố "mở rộng" khu γ : Mn, Ni, Co
*Ở trạng thái tôi (sau khi làm nguội ngoài không khí**)*		
Thép peclit	Khi làm nguội xảy ra sự phân hóa của austenit thành hỗn hợp peclit-ferit trong vùng austenit kém ổn định nhất.	Thép cacbon, thép hợp kim thấp và trung bình.
Thép mactenxit	Khi làm nguội xảy ra sự quá nguội của austenit đến nhiệt độ chuyển biến mactenxit (đến điểm M_d).	Thép kết cấu hợp kim cao, thép dụng cụ hợp kim, thép gió.
Thép austenit	Nhiệt độ bắt đầu chuyển biến mactenxit M_d dưới không độ.	Thép ổn định nóng, thép ổn định nhiệt v.v...
Thép cacbit***	Cacbit ở trong tổ chức	Thép chứa các nguyên tố tạo thành cacbit, thí dụ Cr, W, Mo, Ti v.v...

TIÊU CHUẨN THÉP CACBON

Tiêu chuẩn Việt Nam

TCVN 1765–75 quy định các số hiệu thép kết cấu cacbon chất lượng thường để làm các kết cấu xây dựng, được sử dụng ở trạng thái cung cấp, không qua nhiệt luyện. Do yêu cầu chất lượng không cao nên lượng P, S cho phép khá lớn : P là 0,040–0,070%, S là 0,050–0,060%. Thép được ký hiệu bằng CT (với ý nghĩa C – cacbon, T – thép) với các chữ ở sau cùng : s chỉ thép sôi, n chỉ thép nửa lặng, nếu không có chữ gì là thép lặng.

Trong nhóm thép này lại quy định có ba phân nhóm A, B và C, trong đó phân nhóm thứ nhất A là chủ yếu. Phân nhóm A phân loại các số hiệu theo giới hạn bền kéo tối thiểu đạt được tính theo đơn vị kG/mm^2. Cách ký hiệu theo σ_b (min) như vậy khá

** Khi thay đổi tốc độ nguội các loại thép đã qui định theo tổ chức trở nên qui ước. Như vậy, khi tăng tốc độ nguội trong thép loại peclit có thể được tổ chức mactenxit và ngược lại, khi tốc độ nguội chậm trong thép loại mactenxit có thể được tổ chức peclit.

*** Thép loại cacbit có thể có tổ chức peclit, mactenxit, austenit.

tiện cho việc tính toán sơ bộ sức bền cũng như tiết diện thép. Ví dụ CT 38, CT 38n, CT38s là ba số hiệu cùng có $\sigma_b \geq 38$ kG/mm^2 hay 380MPa song với ba phương pháp khử oxi khác nhau : lặng, nửa lặng và sôi nên các chỉ tiêu cơ khí khác có khác nhau đôi chút. Tiêu chuẩn cũng quy định tỉ mỉ và chặt chẽ các chỉ tiêu khác như σ_b, δ, Ψ, a_K (xem bảng 6.3). Các phân nhóm B và C về cơ bản giữ nguyên ký hiệu như ở phân nhóm A song ở đầu ký hiệu tương ứng có thêm chữ B và C. Phân nhóm B không quy định cơ tính song lại quy định thành phần hóa học (phải tra bảng), còn phân nhóm C lại quy định cả hai : cơ tính lẫn thành phần hóa học, ví dụ : mác CCT 38 có cơ tính của CT38 còn thành phần của BCT 38.

TCVN 1766–75 quy định các số hiệu thép kết cấu cacbon chất lượng tốt để chế tạo máy, do vậy phải được bảo đảm cả thành phần hóa học lẫn cơ tính các số hiệu được ký hiệu bằng chữ C và số phần vạn cacbon trung bình. Ví dụ : C40 là số hiệu có khoảng 0,40% C (0,38–0,45%) và các tạp chất trong giới hạn đã trình bày. Do chất lượng tốt nên lượng P và S là $\leq$ 0,040% cho mỗi nguyên tố, các số hiệu cơ chất lượng cao (P, S $\leq$ 0,030% cho mỗi nguyên tố) ở cuối ký hiệu có chữ A, ví dụ C40A.

TCVN 1822–76 quy định các số hiệu thép dụng cụ cacbon bằng CD (C là cacbon, D là dụng cụ) với số tiếp theo chỉ lượng cacbon trung bình tính theo phần vạn. Ví dụ, CD80 và CD80A là hai số hiệu cùng có khoảng 0,80% C (0,75-0,84%) song với chất lượng tốt và cao.

Tiêu chuẩn các nước

ГОСТ quy định các thép kết cấu cacbon chất lượng thường bằng CT với các số từ 0, 1 đến 6 chỉ cấp độ bền (số càng to độ bền càng cao). Cũng có các phân nhóm theo thứ tự A, B lần lượt tương ứng với các phân nhóm A, B, C của TCVN. Về thép kết cấu cacbon chất lượng tốt ГОСТ quy định các số hiệu ký hiệu theo số phần vạn cacbon trung bình, như số hiệu 40 có khoảng 0,40% C như số hiệu C40 của TCVN. Về thép cacbon dụng cụ ГОСТ quy định các số hiệu bằng Y với số tiếp theo chỉ lượng cacbon theo phần nghìn cacbon trung bình như Y12 có khoảng 1,20% C. Tuy có một số khác biệt nhỏ về cơ bản TCVN về thép cacbon vẫn theo các nguyên tắc cơ bản của ГОСТ, nên có sự trùng hợp hoàn toàn giữa hai tiêu chuẩn này.

Hoa Kỳ sử dụng nhiều tiêu chuẩn cho thép cacbon ASTM được dùng cho thép xây dựng AISI và SAE cho các thép chế tạo máy và dụng cụ*.

JIS quy định các thép kết cấu chất lượng thường bằng SS hay SM với số tiếp theo chỉ giới hạn bền kéo tối thiểu tính theo đơn vị MPa, các thép kết cấu cacbon chất lượng tốt bằng SxxC trong đó xx là số chỉ lượng cacbon trung bình theo phần vạn, các thép

* ASTM (American Society for Testing and Materials) chỉ thép cán thông dụng. AISI (American Iron and Steel Institute) chỉ thép dụng cụ. SAE (Society of Automotive Engineers) cũng chỉ thép dụng cụ bắt đầu số 9, hai số tiếp chỉ $\sigma_{0,2}$ min (ksi). JIS (Japanese Industrial Standards) là ký hiệu thép của Nhật Bản : SS - chỉ thép cán thường. SM chỉ thép cán kết cấu hàn. SMA – thép chống ăn mòn. SB chỉ thép tấm làm nồi hơi. SK – thép dụng cụ. Thép hợp kim bắt đầu chữ S. ASCM–A là Al, C là Crom, M là Molipden.

cacbon dụng cụ bằng SK với các số thứ tự từ 1 đến 7.

6.2. PHÂN LOẠI THÉP HỢP KIM

Đối với thép hợp kim có nhiều cách phân loại hơn và mỗi loại cũng cho biết một đặc trưng cần biết để sử dụng tốt hơn.

Theo tổ chức cân bằng

Theo tổ chức cân bằng (ở trạng thái ủ), với lượng cacbon tăng dần có thể lần lượt được các thép với tổ chức sau :

- thép trước cùng tích : peclit + ferit tự do,
- thép cùng tích : peclit,
- thép sau cùng tích : peclit + cacbit tự do,
- thép ledeburit (cacbit) : có ledeburit.

Riêng trường hợp thép được hợp kim hóa cao chủ yếu bằng một trong hai nguyên tố Cr, Mn hay Cr–Ni sẽ có :

- thép ferit : loại có Cr rất cao (> 17%) và thường rất ít cacbon,
- thép austenit : loại có Mn cao (> 13%) và thường có cacbon cao, loại có Cr (> 18%) + Ni (> 8%).

Theo tổ chức thường hóa

Tổ chức sau khi thường hóa của các thép với lượng hợp kim tăng dần có peclit, mactenxit, austenit.

Theo tổ chức thường hóa các mẫu nhỏ Φ25, theo lượng nguyên tố hợp kim tăng lên sẽ có các thép sau đây :

- thép loại peclit : loại hợp kim thấp, đường cong chữ "C" sát trục tung, nguội trong không khí được hỗn hợp ferit–xementit tức peclit, xoobit, truxtit ; phần lớn thép thuộc loại này,
- thép loại mactenxit : loại hợp hóa trung bình (> 4–6%) và cao, đường cong chữ "C" dịch sang phải khá mạnh, nguội trong không khí cũng được mactenxit.
- thép loại austenit : loại có chứa Ni (> 8%) hoặc Mn (> 13%), cao, chúng mở rộng khu vực γ và hạ thấp điểm M_d (< 0°C) nên làm nguội trong không khí (chỉ đến nhiệt độ thường, cao hơn M_d) cũng không có chuyển biến gì, giữ nguyên tổ chức austenit.

Theo nguyên tố hợp kim

Dựa vào tên nguyên tố hợp kim chính đưa vào để gọi, như :

– Thép chỉ có một nguyên tố hợp kim chính như Cr, Mn được lần lượt gọi là thép crom, thép mangan, chúng là các thép hợp kim (hóa) đơn giản.

- Thép có hai hay nhiều nguyên tố hợp kim như Cr–Ni, Cr–Ni–Mo được lần lượt gọi là thép crom–niken, thép crom–niken–molipđen, chúng là các thép hợp kim (hóa) phức tạp.

Theo tổng lượng nguyên tố hợp kim

Theo tổng lượng của các nguyên tố hợp kim có trong thép từ thấp đến cao, người ta chia ra :

- Thép hợp kim thấp : loại có tổng lượng < 2,5% (thường là thép peclit).

- Thép hợp kim trung bình : loại có tổng lượng từ 2,5 đến 10% (thường là thép loại từ peclit đến mactenxit).

- Thép hợp kim cao : loại có tổng lượng > 10% (thường là loại mactenxit hay austenit.

Trong cách này dùng theo cách phân loại trên đã quen thuộc ở nước ta, theo ГОСТ. Tuy nhiên các nước trên thế giới quan niệm hợp kim hóa cao thấp không giống nhau. Trung Quốc cũng có ba loại như trên song ranh giới giữa thấp và trung bình là 5% chứ không phải là 2,5%. Các nước Tây Âu chỉ phân biệt hai loại thấp và cao, trong đó hợp kim thấp là loại không chứa nguyên tố hợp kim nào nhiều hơn 5%, còn hợp kim cao là loại có ít nhất một nguyên tố nhiều hơn 5%.

Theo công dụng

Theo công dụng người ta chia thép hợp kim ra làm ba nhóm :

- thép hợp kim kết cấu,
- thép hợp kim dụng cụ,
- thép hợp kim đặc biệt,

Trong đó hai nhóm đầu cũng có trong loại thép cacbon, còn nhóm thứ ba thì không có. Đây là nhóm với tính chất vật lý - hóa học đặc biệt, thường chứa tổng lượng hợp kim cao và rất cao (> 20%).

Thép austenit, ferit bao giờ cũng là loại thép đặc biệt, chúng có hợp kim cao hoặc rất cao, đắt và khó gia công cắt. Thép mactenxit là loại thép rất dễ tôi song rất khó gia công cắt phôi ở trạng thái cung cấp. Thép ledeburit thuộc nhóm hợp kim cao - cacbon cao, rất cứng để làm dụng cụ. Thép Cr–Ni là thép kết cấu quý vì có độ thấm tôi cao và độ dai tốt...

TIÊU CHUẨN THÉP HỢP KIM

Tiêu chuẩn Việt Nam

TCVN 1755–75 đã quy định nguyên tắc ký hiệu thép hợp kim theo trật tự như sau :

- số chỉ hàm lượng cacbon trung bình theo phần vạn, nếu ≥ 1% thì có thể không cần biểu thị,

- các nguyên tố hợp kim theo ký hiệu hóa học và ngay sau đó là hàm lượng theo phần trăm trung bình (thường đã được quy tròn thành số nguyên) xếp theo trật tự từ cao đến thấp, khi lượng chứa của nguyên tố khoảng 1% thì không cần biểu thị (bằng số).

Ví dụ : - thép có 0,36–0,44% C, 0,80–1,00% Cr sẽ được ký hiệu là 40Cr, thép có 0,09–0,16% C, 0,60–0,90% Cr, 2,75–3,75% Ni sẽ được ký hiệu là 12CrNi3,

- thép có 1,25–1,50% C, 0,40–0,70% Cr, 4,5–5,5% W sẽ được ký hiệu là 140CrW5 hay đơn giản chỉ là CrW5,

- thép có 0,85–0,95% C, 1,20–1,60% Si, 0,95–1,25% Cr sẽ được ký hiệu là 90CrSi.

Như vậy trên nguyên tắc rất dễ hiểu này có thể ký hiệu mọi thép theo thành phần của chúng mà không có những trùng lặp quan trọng. Nguyên tắc này được sử dụng để ký hiệu các thép khi cần thiết phải rút gọn.

TCVN chưa ký hiệu hết các thép hợp kim thường dùng.

Tiêu chuẩn Nga

ГОСТ ký hiệu thép hợp kim theo trật tự sau đây :

- số chỉ hàm lượng cacbon trung bình theo phần vạn (nếu là thép kết cấu) và phần nghìn (nếu là thép dụng cụ, loại có cacbon cao), khi ≥ 1,00% không biểu thị.

- các nguyên tố hợp kim theo chữ cái Nga (thường là chữ đầu theo tên gọi, nếu trùng phải lấy chữ khác) như sau :

theo chữ cái đầu tiên có : X cho crom, H cho niken, B cho vonfram, M cho molipđen, T cho titan, K cho coban ;

theo chữ cái sau có Г cho mangan, C cho silic, Ф cho vanađi, Д cho đồng, Ю cho nhôm, P cho bo,

- thành phần của từng nguyên tố được biểu thị theo phần trăm đặt ngay sau mỗi chữ cái tương ứng, khi lượng chứa < 1,5% không biểu thị.

- các thép chuyên dùng như thép gió, ổ lăn, kỹ thuật điện... có quy ước riêng.

Theo đó bốn ký hiệu thép trên của TCVN sẽ tương ứng với ГОСТ như sau : 40Cr là 40X, 12CrNi3 là 12XH3, 140CrW5 hay CrW5 là XB5, nhưng 90CrSi là 9XC. Qua đó thấy có những sai khác nhỏ cách ký hiệu thép của TCVN về cơ bản là của ГОСТ, rất dễ viết chuyển đổi cho nhau.

Tiêu chuẩn Hoa Kỳ

Đối với thép hợp kim kết cấu. Hoa Kỳ thường sử dụng AISI và SAE, chúng có cách biểu thị giống nhau bằng bốn số xxxx nên được viết là AISI/SAE xxxx, trong đó hai số cuối biểu thị lượng cacbon theo phần vạn trung bình. Sau đây là một số quy ước :

thép cacbon	10xx,
thép cacbon có mangan nâng cao	15xx,
thép dễ cắt (2 loại)	11xx, 12xx,
thép mangan	13xx,
thép niken (2 loại)	23xx, 25xx,
thép niken–crom (4 loại)	31xx, 32xx, 33xx, 34xx,
thép molipđen (2 loại)	40xx, 44xx,
thép crom–molipđen	41xx,
thép niken–crom–molipđen (11 loại)	43xx, 43BVxx, 47xx, 81xx, 86xx,
	87xx, 93xx, 94xx, 97xx, 98xx,
thép niken–molipđen (2loại)	46xx, 48xx,
thép crom (2 loại)	50xx, 51xx,
thép crom với khoảng 1,00%C	50xxx, 51xxx, 52xxx,
thép crom–vanađi	61xx,
thép vonfram–crom	72xx,
thép silic–mangan	92xx,
thép bo	xxBxx,

Đối với thép dụng cụ, Hoa Kỳ thường sử dụng AISI với ký hiệu gồm một chữ cái chỉ nhóm thép và số thứ tự. Sau đây các chữ cái (thường lấy theo chữ cái đầu tiên chỉ nhóm thép) đó :

W cho thép tôi nước (water),

O cho thép tôi dầu (oil),

S cho thép dụng cụ chịu va đập (shock),

T cho thép gió vonfram (tungsten),

M cho thép gió molipđen–vonfram,

H cho thép làm dụng cụ biến dạng nóng (hot),

C cho thép làm dụng cụ biến dạng nguội (cold),

A cho thép làm dụng cụ biến dạng nguội, tự tôi, trong không khí (air),

Đối với thép không gỉ và bền nóng, Hoa Kỳ dùng AISI với ký hiệu là nhóm ba số xxx, trong đó : 2xx và 3xx là thép austenit, 4xx là thép ferit,

4xx và 5xx là thép mactenxit.

Tiêu chuẩn Nhật Bản

JIS cũng ký hiệu thép hợp kim bắt đầu bằng chữ S song tiếp theo có những chữ cái biểu thị loại thép hợp kim và cuối cùng là ba số (xxx, trong đó hai số cuối chỉ phần vạn cacbon trung bình) hay một hoặc hai số theo thứ tự) :

SCrxxx–thép kết cấu crom, SNCxxx–thép kết cấu niken–crom,
SMnxxx–thép mangan, SCMxxx–thép kết cấu crom–molipđen,
SACMxxx–thépnhôm–crom–molipđen,
SNCMxxx–thép kết cấu niken–crom–molipđen,
SUJx–thép ổ lăn, SUMx–thép dễ cắt,
SUPx–thép đàn hồi, SUSxxx–thép không gỉ, (xxx lấy theo AISI)
SUHx–thép bền nóng, SKx–thép dụng cụ cacbon,
SKHx–thép gió, SKSx, SKDx, SKTx–thép dụng cụ hợp kim.

Tiêu chuẩn Pháp, Đức AFNOR (Association Francaise de NOR–malisation) và DIN (Deutsche Institut for Normalisterung) chúng có nét giống nhau, ví dụ thép 0,35%C AFNOR ký hiệu là C35 hay XC35 (chính xác % hóa học) còn DIN ký hiệu C35 hay

Bảng 6.3. **Cơ tính của các thép cacbon chất lượng thường TCVN 1765-75)**

Số hiệu thép	σ_b, * kG/mm^2	$\sigma_{0,2}$, min, MPa		Độ dãn dài δ_S min%, cho độ dày mm					Uốn gập cho độ dày, mm	
		≤20	20-40	40-100	>100	≤20	20-40	>40	≤20	>20
CT31	>31	-	-	-	-	23	22	20	d=2a	
CT33s	310-400	-	-	-	-	35	34	32	d=0	đường
CT33n, CT33	320-420	-	-	-	-	34	33	31	d=0	kính
CT34s	330-420	220	210	20	19	33	32	30	d=0	gối
CT34n, CT34	340-440	230	220	21	20	32	31	29	d=0	uốn
CT38s	370-470	240	230	22	20	27	26	24	d=0,5a	tăng
CT38n, CT38	380-490	250	240	23	21	26	25	23	d=0,5a	lên
CT38Mn	380-500	250	240	23	21	26	25	23	d=0,5a	theo
CT42s	410-520	260	250	24	23	25	24	22	d=2a	độ
CT42n, CT42	420-540	270	260	25	24	24	23	21	d=2a	dày
CT51n, CT51	510-640	290	280	27	26	20	19	17	d=3a	của
CT52nMn	460-600	290	280	27	26	20	19	17	d=3a	mẫu
CT61n, CT61	≤610	320	310	30	30	15	14	12	d=3a	

Ghi chú : a– độ dày của mẫu, d– đường kính gối uốn

CK35 (xem phụ lục 1)

MỘT SỐ SỐ HIỆU THÉP CỦA CÁC NƯỚC

* Phân nhóm A quy định các số hiệu bằng CTxx, trong đó xx là số chỉ giới hạn bền tối thiểu theo kG/mm^2 gồm bảy số hiệu chính từ CT31 đến CT61, nó chỉ được bảo đảm về mặt cơ tính mà không bảo đảm về thành phần hóa học. Ví dụ CT38 có $\sigma_b \geq 38$

kG/mm^2 hay 380MPa

TCVN 3104–79 quy định các thép cũng như yêu cầu kỹ thuật cho thép kết cấu hợp kim thấp mà thực chất cũng là kim loại HSLA với hai nhóm :

- dùng làm kết cấu kim loại như
  + loại ~ 1% Mn (14Mn, 15MnV, 19Mn),
  + loại ~ 2%Mn (09Mn2, 14Mn2, 18Mn2),
  + loại ~ 1%Mn + 0,6%Si (12MnSi, 16MnSi, 17MnSi),
  + loại ~ 1%Mn + 0,6%Si + 0,6% Cr (14CrMnSi),
  + loại ~ 1,50%Mn + 0,60 hay 1,00%Si (09Mn2Si, 10Mn2Si1),
  + loại ~ 0,80%Cr + 0,80%Si + 0,60%Ni + 0,40% + 0,40%Cu (10CrSiNiCu, 15CrSiNiCu)
- dùng làm cốt bêtông

TCVN 1651–85 chia các thép làm cốt bêtông ra làm bốn cấp : CI, CII, CII và CIV :

Cấp C I là cấp chịu lực thấp nhất dùng thép tròn với số hiệu CT38,

Cấp C II dùng thép có đốt với số hiệu CT51,

Các cấp C III, C IV là các cấp chịu lực cao hơn dùng thép HSLA với các số hiệu 35MnSi, 18Mn2Si, 25Mn2Si, 20CrMn2Zr của TCVN 3104–79.

Thép làm cốt bêtông của Hoa Kỳ được dùng theo ASTM.

Loại tròn trơn : $\sigma_b \geq 485MPa$, $\sigma_{0,2} \geq 385MPa$.

Loại có đốt : $\sigma_b \geq 550MPa$, $\sigma_{0,2} \geq 485MPa$.

Bảng 6.4. **Thành phần hóa học (%) của một số hiệu thép thấm cacbon.** *

Tiêu chuẩn	Số hiệu thép	C, ~	Mn, ~	Cr, ~	Ni, ~	Mo, ~	P, max	S, max	khác, max
Thép cacbon									
TCVN	C10	0,10	0,50	-	-	-	0,035	0,040	-
TCVN	C15	0,15	0,50	-	-	-	0,040	0,040	-
TCVN	C20	0,20	0,50	-	-	-	0,040	0,040	-
ГОСТ	15	0,15	0,50	-	-	-	0,040	0,040	-
ГОСТ	20	0,20	0,50	-	-	-	0,040	0,040	-
AISI/SAE	1015	0,15	0,45	-	-	-	0,040	0,050	-
AISI/SAE	1020	0,20	0,45	-	-	-	0,040	0,050	-
JIS	S15C	0,15	0,45	-	-	-	0,030	0,035	-
JIS	S20C	0,20	0,45	-	-	-	0,030	0,035	-

Tiếp bảng 6.4

Tiêu chuẩn	Số hiệu thép	C, ~	Mn, ~	Cr, ~	Ni, ~	Mo, ~	P, max	S, max	khác, max
Thép crom									
ГОСТ	15Х	0,15	0,60	0,90	-	-	0,035	0,035	-
ГОСТ	20Х	0,20	0,70	0,90	-	-	0,035	0,035	-
ГОСТ	15ХФ	0,15	0,60	1,00	-	-	0,035	0,035	V0,10
AISI/SAE	5015	0,15	0,40	0,40	-	-	0,035	0,040	-
AISI/SAE	5115	0,15	0,80	0,80	-	-	0,030	0,030	-
AISI/SAE	4118	0,18	0,80	0,50	-	0,10	0,030	0,035	-
JIS	SCr415	0,15	0,75	1,10	-	-	0,030	0,030	-
JIS	SCM415	0,15	0,75	1,10	-	0,25	0,030	0,030	-
Thép crom-niken và crom-niken-molipđen									
ГОСТ	20ХН	0,20	0,60	0,65	1,30	-	0,035	0,035	-
ГОСТ	12ХН3А	0,12	0,50	0,80	3,00	-	0,025	0,025	-
ГОСТ	20Х2Н4А	0,20	0,50	1,50	3,50	-	0,025	0,025	-
ГОСТ	20ХН2М	0,20	0,60	0,50	1,90	0,25	0,035	0,035	-
ГОСТ	18Х2Н4МА	0,18	0,45	1,50	4,30	0,35	0,025	0,025	-
AISI/SAE	4320	0,20	0,60	0,50	1,90	0,25	0,035	0,040	-
AISI/SAE	4720	0,20	0,65	0,50	1,10	0,20	0,035	0,040	-
AISI/SAE	8115	0,15	0,80	0,45	0,35	0,12	0,035	0,040	-
AISI/SAE	8615	0,15	0,80	0,55	0,60	0,20	0,035	0,040	-
AISI/SAE	8822	0,22	0,90	0,50	0,60	0,35	0,035	0,040	-
AISI/SAE	9310	0,10	0,55	1,30	3,40	0,12	0,025	0,025	-
AISI/SAE	94B17	0,17	0,90	0,45	0,55	0,12	0,035	0,040	B0,003
JIS	SNC415	0,15	0,50	0,45	2,40	-	0,030	0,030	-
JIS	SNC815	0,15	0,50	0,90	3,10	-	0,030	0,030	-
JIS	SNCM415	0,15	0,50	0,45	2,40	0,30	0,030	0,030	-
JIS	SNCM815	0,15	0,50	0,90	3,10	0,30	0,030	0,030	-
Thép crom-mangan-titan và crom-mangan-molipđen									
ГОСТ	18ХГТ	0,18	1,00	1,20	-	-	0,035	0,035	Ti 0,1
ГОСТ	25ХГМ	0,25	1,00	1,2	-	0,30	0,035	0,035	-

* Tôi + ram thấp sau khi thấm.

Tức là có độ bền cao hơn cấp CI và CII của TCVN.

Bảng 6.5. **Thành phần hóa học (%) của một số hiệu thép hóa tốt**

Tiêu chuẩn	Số hiệu thép	C, ~	Mn, ~	Cr, ~	Ni, ~	Mo, ~	P, max	S, max	khác, max
Thép cacbon									
TCVN	C40	0,40	0,70	-	-	-	0,040	0,040	–
TCVN	C45	0,45	0,70	-	-	-	0,040	0,040	–
TCVN	C40Mn	0,40	0,90	-	-	-	0,040	0,040	–
ГОСТ	40	0,40	0,70	-	-	-	0,035	0,040	–
ГОСТ	45	0,45	0,70	-	-	-	0,035	0,040	–
ГОСТ	58	0,58	≤0,20	-	-	-	0,035	0,040	Si≤0,15
ГОСТ	40Mn	0,40	0,90	-	-	-	0,035	0,035	–
AISI/SAEA	1040	0,40	0,80	-	-	-	0,040	0,050	–
ISI/SAE	1045	0,45	0,80	-	-	-	0,040	0,050	–
ЛS	S45C	0,45	0,80				0,030	0,035	–
Thép crom									
ГОСТ	40X	0,40	0,70	1,00	-	-	0,035	0,035	-
ГОСТ	40XФA	0,40	0,70	1,00	-	-	0,025	0,025	V0,15
SAE	50B40	0,40	0,90	0,50	-	-	0,035	0,040	B0,0005 -0,003
AISI/SAE	5140	0,40	0,80	0,80	-	-	0,035	0,040	-
ЛS	SCr440	0,40	0,80	1,10	-	-	0,030	0,030	-
Thép crom-molipđen									
ГОСТ	38XMA	0,38	0,60	1,20	-	0,25	0,025	0,025	-
AISI/SAE	4140	0,40	0,90	1,00	-	0,20	0,035	0,040	-
ЛS	SCM440	0,40	0,80	1,10	-	0,25	0,030	0,030	-
Thép cron-mangan và crom-mangan-silic									
ГОСТ	40XГ	0,40	1,0	1,2	-	-	0,035	0,035	Si 0,8
ГОСТ	30XГC	0,30	0,9	1,0	-	-	0,035	0,035	
Thép crom-niken và crom-niken-molipđen									
ГОСТ	40XH	0,40	0,70	0,60	1,30	0,20	0,035	0,035	-
ГОСТ	40XHM hay 40XH2MA	0,40	0,70	0,80	1,50	-	0,025	0,025	-
ГОСТ	30XH3A	0,30	0,50	0,80	3,00	0,25	0,025	0,025	-
ГОСТ	38X2H2MA	0,38	0,40	1,60	1,60	-	0,025	0,025	-
ГОСТ	38XH3MФA	0,38	0,40	1,40	3,40	0,40	0,025	0,025	-
AISI/SAE	4340	0,40	0,70	0,80	1,90	0,25	0,035	0,040	-
AISI/SAE	8640	0,40	0,90	0,50	0,60	0,20	0,035	0,040	B0,0005
AISI/SAE	94B30	0,30	0,90	0,40	0,45	0,12	0,035	0,040	-0,003

Theo JIS 3112 có hai loại thép tròn trơn : SR235 và SR295, bốn loại thép có đốt : SD295, SD345, SD390, SD490 ; trong đó số chỉ $\sigma_{0,2}$ tối thiểu theo MPa.

Tiếp bảng 6.5

Tiêu chuẩn	Số hiệu thép	C, ~	Mn, ~	Cr, ~	Ni, ~	Mo, ~	P, max	S, max	khác, max
JIS	SNC631	0,31	0,60	1,00	3,00	-	0,030	0,030	-
JIS	SNC836	0,36	0,60	1,00	3,50	-	0,030	0,030	-
JIS	SNCM439	0,39	0,80	1,00	2,00	0,25	0,030	0,030	-
Thép thấm nitơ									
ГОСТ	38X2MЮA	0,38	0,50	1,60	-	0,20	0,025	0,025	Al1,00
SAE	7140	0,42	0,55	1,60	-	0,38	0,035	0,040	Al1,00
JIS	SACM645	0,45	0,55	1,60	-	0,25	0,030	0,030	Al1,00

***Bảng 6.6.* Thành phần hóa học % của các số hiệu thép gió thường gặp**

Tiêu chuẩn	Số hiệu thép	C	W	Mo	Cr	V	Co	Ký hiệu theo TCVN
ГОСТ	P18	0,73-0,80	17,0-18,5	1,00	3,80-4,40	1,00-1,40	0,50	
AISI	T1	0,65-0,80	17,25-18,25	-	3,75-4,00	0,90-1,30	-	80W18Cr4V
JIS	SKH2	0,73-0,83	17,0-19,0	-	3,80-4,50	0,80-1,20	-	
ГОСТ	P6M5	0,80-0,88	5,50-6,50	5,00-5,50	3,80-4,40	1,70-2,10	-	
AISI	M2	0,78-0,88	5,50-6,75	4,50-5,50	3,75-4,50	1,75-2,20	-	85W6Mo5Cr4V
JIS	SKH51	0,80-0,90	5,50-6,70	4,50-5,50	3,80-4,50	1,60-2,20	-	
ГОСТ	P18K5Ф2	0,85-0,95	17,5-19,0	1,00	3,80-4,40	1,80-2,40	5,00-6,00	
AISI	T4	0,70-0,80	17,5-19,0	0,40-1,00	3,75-4,50	0,80-1,20	4,25-5,75	85W18Co5Cr4V
JIS	SKH3	0,73-0,83	17,0-19,0	-	3,80-4,50	0,80-1,20	4,50-5,50	

Tiếp bảng 6.6

Tiêu chuẩn	Số hiệu thép	C	W	Mo	Cr	V	Co	Ký hiệu theo TCVN
ГОСТ	Р12Ф4К5	1,40-1,50	12,0-13,0	1,00	3,80-4,40	3,30-4,10	5,00-6,00	
AISI	T15	1,50-1,60	11,75-13,0	1,00	3,75-5,00	4,50-5,25	4,75-5,25	150W12Co5V5Cr4
JIS	SKH10	1,45-1,60	11,5-13,50	-	3,80-4,50	4,20-5,20	4,20-5,20	

TCVN chưa quy định các số hiệu thép gió. Bảng 5.4 giới thiệu bốn trong số các loại thép gió thường gặp của Nga, Mỹ và Nhật.

Thép gió với năng suất thường là loại có tính cứng nóng đến 615–620°C, loại không chứa coban và có < 2% vanadi, gồm các ký hiệu như 80W18Cr4V (P18, T1, SKH2) và 85W6Mo5Cr4V (P6M5, M2, SKH51). Hiện nay loại ký hiệu sau được ưa chuộng vì chứa ít vonfram hơn, rẻ hơn với tính cắt tương đương loại ký hiệu đầu (loại

***Bảng 6.7.* Thành phần hóa học % của các thép làm khuôn dập thường gặp**

Tiêu chuẩn	Số hiệu thép	C	W	Mo	Cr	V	Mn	Tương đương với ГОСТ
TCVN	100CrWMn	0,90-1,05	1,20-1,60	-	0,90-1,20	-	0,80-1,10	ХВГ
AISI	O7	1,10-1,30	1,00-2,00	0,30	0,35-0,85	0,40	1,00	
JIS	SKS31	0,95-1,05	1,00-1,50	-	0,80-1,20	-	0,90-1,20	
TCVN	210Cr12	2,00-2,20	-	-	11,5-13,0	-	0,15-0,40	Х12
TCVN	160Cr12Mo	1,45-1,65	-	0,40-0,60	11,0-12,5	0,15-0,30	0,15-0,40	Х12МФ
TCVN	130Cr12V1	1,20-1,45	-	-	11,0-12,5	0,70-0,90	0,15-0,40	Х12Ф1
AISI	D2	1,40-1,60	Co1,00	0,70-1,20	11,0-13,0	1,10	0,60	

Tiếp bảng 6.7

Tiêu chuẩn	Số hiệu thép	C	W	Mo	Cr	V	Mn	Tương đương với ГОСТ
AISI	D3	2,00-2,35	1,00	-	11,0-13,5	1,00	0,60	
AISI	D4	2,05-2,40	-	0,70-1,20	11,0-13,0	1,00	0,60	
AISI	D5	1,40-1,60	Co2,5-3,5	0,70-1,20	11,0-13,0	1,00	0,60	Х12МК3
AISI	D7	2,15-2,50	-	0,70-1,20	11,5-13,5	3,80-4,40	0,60	
JIS	SKD1	1,80-2,40	-	-	12,0-15,0	0,30	0,60	Х12Ф
JIS	SKD11	1,40-1,60	-	0,80-1,20	11,0-13,0	0,20-0.30	0,60	Х12М6Ф

cổ điển, mác thép gió đầu tiên), ở nhiều nước nó đã chiếm khoảng 50% lượng thép gió sử dụng.

***Bảng 6.8.* Thành phần hóa học (%) của các thép làm khuôn rèn và khuôn ép chảy thường gặp**

Tiêu chuẩn	Số hiệu thép	C	W	Mo	Cr	V	Si (Ni)	Tương đương với ГОСТ
TCVN	50CrNiMo	0,50-0,60	Mn0,50-0,80	0,15-0,30	0,50-0,80	-	(1,40-1,80)	5ХНМ
TCVN	50CrNiW	0,50-0,60	0,40-0,70	Mn0,50-0,80	0,50-0,80	-	(1,40-1,80)	5ХНВ
TCVN	50CrNiSiW	0,50-0,60	0,40-0,70	Si0,60-0,90	1,30-1,60	-	(0,80-1,20)	5ХНСВ
TCVN	50CrMnMo	0,50-0,60	Mn1,20-1,60	0,15-0,30	0,60-0,90	-	0,25-0,65	5ХГМ
TCVN	30CrW8V	0,30-0,40	7,50-9,00	Mn0,15-0,40	2,20-2,70	0,20-0,50	0,15-0,40	3Х2В8Ф
AISI	H21	0,26-0,36	8,50-10,0	Mn0,15-0,40	3,00-3,75	0,30-0,60	0,15-0,50	
JIS	SKD5	0,25-0,35	9,00-10,0	Mn0,60	2,00-3,00	0,30-0,50	0,35	
TCVN	40Cr5W2VSi	0,35-0,45	1,60-2,40	Mn0,15-0,40	4,50-5,50	0,60-1,00	0,80-1,20	4Х5В2ФС
AISI	H12	0,30-0,40	1,00-1,70	1,25-1,75	4,75-5,50	0,50	0,80-1,20	
AISI	H13	0,32-0,45	-	1,10-1,75	4,75-5,50	0,80-1,30	0,80-1,20	
JIS	SKD62	0,32-0,42	1,00-1,50	1,00-1,50	4,50-5,50	0,20-0,80	0,80-1,20	

Thép gió với năng suất cao là loại có tính cứng nóng cao hơn, khoảng 630–650°C,

Bảng 6.9. **Thành phần hóa học (%) của các số hiệu thép không gỉ chủ yếu**

Tiêu chuẩn	Số hiệu thép	C	Cr	Ni	Mn	ng.tố khác	Tương đương với ГОСТ
Họ mactenxit							
TCVN	12Cr13	0,09-0,15	12,0-14,0	-	0,60	-	12X13
TCVN	20Cr13	0,16-0,24	12,0-14,0	-	0,60	-	20X13
TCVN	30X13	0,25-0,34	12,0-14,0	-	0,60	-	30X13
TCVN	40Cr13	0,35-0,44	12,0-14,0	-	0,60	-	40X13
AISI	410	0,15	11,5-13,0	-	1,00	-	
AISI	420	>0,15	12,0-14,0	-	1,00	-	
JIS	SUS410	như AISI 410					
JIS	SUS420J1	0,16-0,25	12,0-14,0	-	1,00	-	
JIS	SUS420J2	0,26-0,40	12,0-14,0	-	1,00		
Họ ferit							
TCVN	08Cr13	0,08	11,0-13,0	-	0,60		08X13
TCVN	12Cr17	0,12	16,0-18,0	-	0,70		12X17
TCVN	15Cr25Ti	0,15	24,0-27,0	Ti0,5-0,8	0,80		15X25T
AISI	405	0,08	11,5-14,5	A10,1-0,3	1,00		
AISI	430	0,12	16,0-18,0	-	1,00		
AISI	446	0,15	23,0-27,0	N0,25	1,00		
JIS	405	như	AISI 405				
Họ austenit							
TCVN	12Cr18Ni9	0,12	17,0-19,0	8,0-10,0	2,00	-	12X118H9
TCVN	08Cr18Ni11	0,08	17,0-19,0	9,0-11,0	1,0-2,0	-	8X18H10
TCVN	08Cr18Ni10Ti	0,08	17,0-19,0	8,0-11,0	2,00	Ti0,5-0,8	08X18H10T
TCVN	12Cr18Ni9Ti	012	17,0-19,0	8,0-11,0	2,00	Ti0,5-0,8	12X18H9T
AISI	301	0,15	16,0-18,0	6,0-8,0	2,00	-	
AISI	304	0,08	18,0-20,0	8,0-10,5	2,00	-	
AISI	316	0,08	16,0-18,0	10,0-14,0	2,00	Mo2,0-3,0	
JIS	316L	0,03	như AISI 316				
AISI	347	0,08	17,0-19,0	9,0-13,0	2,00	(Ta+Nb)10.C_{min}	
JIS	có các số hiệu SUS 301, 304, 316... như của AISI và thành phần giống nhau						

Ghi chú : các số hiệu đều có chứa khoảng 1,00% Si.

có thể cắt với tốc độ ≥ 40 m/min hoặc có tính chống mài mòn cao, chúng chứa coban hoặc có > 2% vanađi, gồm các ký hiệu như 85W18Co5Cr4V (P18K5Ф2, T4, SKH3), 155W12Co5V5Cr4 (P12Ф4K5, T15, SKH10).

Bảng 6.10. **Thành phần hóa học % của các số hiệu thép làm xupap xả**

Tiêu chuẩn	Số hiệu thép	C	Cr	Mn	Si	Mo	Ni
Họ mactenxit							
ГОСТ	40X9C2	0,35-0,45	8,0-10,0	0,70	2,0-3,0-	-	
ГОСТ	40X10C2M	0,35-0,45	9,0-10,5	0,70	1,9-2,6	0,70-0,90	-
SAE	HNV-1	0,50-0,60	7,5-8,5	0,20-0,60	1,25-1,75	0,60-0,90	-
SAE	HNV-3	0,40-0,50	8,0-9,0	0,20-0,60	3,0-3,5	-	-
JIS	SUH1	0,40-0,50	7,5-9,5	0,60	3,0-3,5	-	-
JIS	SUH3	0,35-0,45	10,0-12,0	0,60	1,8-2,5	0,70-1,30	-
Họ austenit							
ГОСТ	45X14H14B2M	0,4-0,5	13,0-15,0	≤ 0,7	≤ 0,8	0,25-0,4	13,0-15,0
SAE	EV-9	0,40-0,50	13,0-15,0	0,70	0,80	0,25-0,40	13,0-15,0
		0,35-0,50	12,0-15,0	1,00	0,30-0,80	0,20-0,50	12,0-15,0 W1,5-3,0
JIS	SUH91	0,35-0,45	14,0-16,0	0,60	1,5-2,5	-	13,0-16,0 W2,0-3,0

Chương 7. NHIỆT LUYỆN GANG

Trong hợp kim sắt–cacbon, lượng chứa cacbon trong khoảng 2,14 ~ 6,67% gọi là gang. Gang chia thành hai loại là gang trắng và gang xám.

Đặc điểm của gang xám là mặt gãy gang có màu xám, lượng silic tương đối cao, trong đó phần lớn cacbon ở trạng thái tự do, tức là graphit .

Đặc điểm gang trắng là mặt gang màu trắng bạc, tất cả lượng chứa cacbon đều ở trạng thái liên kết, tức là ở trong cacbit sắt Fe_3C (xementit). Gang trắng đòn, có độ cứng cao (HB 600 ~ 700), rất khó cắt gọt, chỉ có thể đúc thành phôi, thành sản phẩm để nấu thép hay gia công thành gang dẻo.

Gang dẻo là loại gang nhận được thông qua một thời gian ủ khá dài từ gang trắng. Tính dai và tính chịu chấn động của nó cao hơn gang xám nhưng vẫn không rèn được. Gang dẻo chia làm hai loại, loại lõi đen và lõi trắng.

Gang dẻo đen nhận được khi đưa gang trắng ủ graphit hóa, làm cho xementit trong đó phân hủy thành cacbon ở trạng thái tự do. Màu sắc mặt gãy của nó tương đối đen, dẻo hơn gang dẻo lõi trắng. Dùng gang này để làm một số chi tiết trong ôtô, máy tải, máy nâng, máy điện, máy bào, làm nông cụ và một số bộ phận phụ trong máy dệt.

Gang dẻo lõi trắng nhận được khi đem gang trắng nung trong môi trường oxi hóa, để cho phần lớn cacbon bị cháy, thu được gang dẻo peclit. Mặt gãy của nó có màu sáng, có độ cứng cao hơn gang dẻo lõi đen ; tính chống mài mòn và tính cắt gọt tốt. Dùng gang này để làm bánh hãm, vỏ cầu sau ôtô, vỏ hộp số, chốt vòng, gầu máy nâng, dụng cụ thợ nguội...

Đặc điểm của gang cứng nguội là lớp vỏ có độ cứng cao (HB 450 ~ 500) và tính chống mài nòn cao (phần trắng bên ngoài) ; phần lõi có tính dai (phần gang xám). Khi đúc khuôn kim loại, làm nguội ta nhận được gang này.

Gang biến tính là loại gang trước khi rót cho vào trong nước gang một ít chất biến tính để làm mịn hoặc thay đổi hình dạng graphit tiết ra trong gang hoặc làm giảm tổng số graphit. Chính vì vậy mà có độ bền tương đối cao, thí dụ gang cầu.

Đặc điểm chuyển biến tổ chức khi nhiệt luyện gang là chuyển biến của sự phân hủy xemenit. Khi nung dưới nhiệt độ tới hạn, xementit tự do và xementit trong peclit có thể cầu hóa và phân hủy thành graphit. Tốc độ nung càng chậm, thì sự chuyển hóa này càng mạnh. Nâng cao nhiệt độ nung, tốc độ phân hủy của xementit càng nhanh, khi ở nhiệt độ cao xementit sẽ phân hủy thành dạng tấm. Như vậy sẽ làm giảm độ bền, độ dẻo và độ dai của gang.

Mục đích chủ yếu của nhiệt luyện gang là :

1. Khử ứng suất dư bên trong tạo thành khi đúc ;

2. Hóa mềm gang và giảm độ cứng phần bị chai (bị biến trắng)

3. Làm tăng và thay đổi tổ chức nền kim loại và độ phân tán của nó trong gang (nền kim loại của gang và nền kim loại của thép cơ bản giống nhau).

4. Nâng cao cơ tính, tính chống mài mòn và khả năng chống ăn mòn.

Những quy trình và thao tác nhiệt luyện gang được trình bày ở các bảng sau.

7.1. ĐẶC ĐIỂM CHUNG CỦA CÁC LOẠI GANG

Đặc điểm về tổ chức tế vi quan trọng nhất chi phối các đặc điểm khác là *phần lớn hay toàn bộ cacbon trong các gang chế tạo máy ở dạng tự do hay graphit* (như vậy rất ít hay không có cacbon ở dạng liên kết hay cacbit). Tổ chức tế vi của gang được chia thành hai phần ; phần phi kim loại là graphit hay cacbon tự do và phần còn lại là nền kim loại với các tổ chức khác nhau :

- ferit khi toàn bộ C ở dạng tự do (nên không còn cacbon để kết hợp với Fe hay các kim loại để tạo thành xementit hay cacbit), không có cacbon liên kết.
- ferit–peclit hay peclit khi phần lớn C ở dạng tự do và rất ít (< 0,80%) ở dạng liên kết,

Các gang khác nhau chỉ là ở dạng của graphit .

+ gang xám : graphít có dạng *tấm* (phiến, lá...), là dạng tự nhiên khi đúc,
+ gang cầu : gafit có dạng quả cầu tròn, phải qua biến tính đặc biệt,
+ gang dẻo : graphit có dạng *cụm* (tụ tập thành đám), qua phân hóa từ xementit, tổ chức tế vi của các mẫu chưa tẩm thực có graphit không phản xạ ánh sáng nên chúng có màu tối nền kim loại chưa biết). Có thể xem gang chế tạo máy là thép (ferit, ferit–peclit, peclit) có lẫn graphit. Chính sự khác nhau của dạng graphit mà gang có cơ tính và công dụng khác nhau. Ngoài ra, muốn có được graphit với các dạng khác nhau, mỗi loại gang phải có những đặc điểm riêng về thành phần hóa học và cách chế tạo chúng. Trong gang cacbon có thể tồn tại ở cả hai dạng : tự do và liên kết, vậy điều kiện tạo thành chúng ra sao. Chúng ta đã rõ graphit là pha ổn định nhất, còn xementit kém ổn định hơn (giả ổn định), song sự tạo thành graphit lại khó khăn hơn so với xementit thành phần cacbon (%C) và cấu trúc của graphit sai khác quá nhiều với pha lỏng và austenit (như về % của Xê, G, γ và pha lỏng lần lượt là 6,67, 100, 2,14 và 3,0 – 4,0%C). Nhờ có ảnh hưởng của thành phần hóa học và chế độ làm nguội khi đúc, sự tạo thành graphit của gang có thể trở nên dễ dàng hơn.

Bản thân cacbon cũng là yếu tố thúc đẩy sự tạo thành graphit . Trong số các nguyên tố trong gang, nguyên tố có ảnh hưởng mạnh nhất đến sự tạo thành graphit (graphit hóa) là silic. Silic càng nhiều hay đúng hơn tổng lượng %(C + Si) càng cao sự graphit hóa càng mạnh, càng hoàn toàn, cacbon liên kết (xementit) càng ít, thậm chí không có. Vì vậy về cơ bản người ta coi gang là hợp kim ba cấu tử Fe–C–Si.

Trong các điều kiện khác như nhau, khi giảm % (C + Si) sự graphit hóa giảm dần.

- (C + Si) lớn, khoảng ≥ 6%, sự tạo thành grafit là mạnh nhất với nền ferit (không có cacbon liên kết),
- (C + Si) tương đối cao, khoảng 5,0 – 6,0% có nền ferit–peclit (0,1 – 0,50% C liên kết),
- (C + Si) vừa phải, khoảng 4,2 – 5,0%, có nền peclit (0,60 – 0,80%C liên kết),
- (C + Si) thấp, < 4,0 – 4,3%, có gang trắng (toàn bộ C của gang ở dạng liên kết).

Trong gang cũng có thể có các nguyên tố thúc đẩy tạo thành cacbit (còn gọi là gây hóa trắng gang) hay chống lại graphit hóa, chúng được đưa vào có chủ định, riêng các gang đều có khoảng 0,50% Mn (gây biến trắng, làm cứng gang, nó là tạp chất thường có của hợp kim Fe–C và với hàm lượng như vậy là có lợi cho cơ tính).

Yếu tố khác cũng ảnh hưởng đến graphit hóa là tốc độ làm nguội khi đúc, làm nguội chậm thúc đẩy tạo thành graphit , còn làm nguội nhanh thúc đẩy tạo thành cacbit, tạo ra gang trắng, gây biến trắng.

Như vậy lượng slic và tốc độ nguội ảnh hưởng lớn đến sự tạo thành graphit nói chung, còn dạng graphit khác nhau được tạo thành bằng các phương pháp khác nhau tức theo các đường đi khác nhau.

- Gang xám với graphit tấm là dạng tự nhiên được hình thành dễ dàng và đơn giản nhất : đúc thông thường.
- Gang cầu với graphit cầu là dạng thu gọn nhất được hình thành từ biến tính đặc biệt từ gang lỏng thông dụng (gang xám),
- Gang dẻo với graphit cụm (dạng đám) được hình thành qua hai bước : tạo ra xementit rồi ủ để phân hóa nó thành graphit cụm.

Từ tổ chức tế vi và cách chế tạo như thế, sự khác nhau về thành phần hóa học của các gang được trình bày ở bảng 7.1, trong đó thấy rõ gang dẻo được chế tạo từ gang trắng nên phải có tổng lượng (C + Si) thấp. Còn gang cầu được biến tính từ gang xám lỏng, graphit được tạo ngay khi đúc nên (C + Si) cao hơn).

Bảng 7.1. **Thành phần hóa học (%) của các loại gang**

Loại gang	C	Si	Mn	S	P
Trắng	3,3-3,6	0,4-1,2	0,25-0,80	0,06-0,20	0,05-0,20
Xám	3,0-3,7	1,2-2,5	0,25-1,00	0,02-0,25	0,05-1,00
Cầu	3,0-4,0	1,8-3,0	0,10-0,80	<0,03	<0,10
Dẻo	2,0-2,6	1,0-1,6	0,20-1,00	0,04-0,20	< 0,20

7.1.1. GANG XÁM

Gang xám là loại gang phổ biến nhất chúng có graphit tấm

Tuy dễ chế tạo, rẻ nhưng cơ tính kém.

- *Độ bền thấp*, giới hạn bền kéo < 350–400 MPa (thường trong khoảng 150–350 MPa), chỉ bằng nửa của thép thông dụng, 1/3 - 1/5 của thép hợp kim.

- *Độ dẻo và độ dai thấp* ($\delta \approx 0,5\%$, $a_k < 100$ kJ/m^2), có thể xem như vật liệu dòn.

Nguyên nhân cơ tính thấp của gang xám là do có tổ chức graphit tấm với độ bền rất thấp (có thể coi bằng không), có dạng bề mặt lớn, coi như vết nứt, rỗng chia cắt rất mạnh nền kim loại (thép) và sự tập trung ứng suất ở các đầu nhọn của tấm làm giảm rất mạnh độ bền kéo. Tuy nhiên cấu trúc này ít làm hại độ bền nén (giới hạn bền nén của gang xám không kém thép).

Tuy nhiên graphit nói chung và graphit tấm nói riêng cũng có những mặt có lợi.

+ graphit mềm (HB = 2) và dòn, làm gang có độ cứng thấp (<< gang trắng) và phoi dễ gẫy nên dễ gia công cắt,
+ graphit có tính bôi trơn nên làm tăng tính chống mài mòn, với cùng độ cứng như nhau (hay thấp hơn chút ít) gang có tính chống mài mòn cao hơn thép là vì lý do này,
+ graphit có khả năng làm tắt dao động nên gang xám thường được làm đế, bệ máy (và cũng là để tận dụng khả năng chịu nén tốt). Người ta nâng cao cơ tính chủ yếu là giới hạn bền kéo, trước hết làm giảm lượng graphit tức giảm số lượng vết nứt, rỗng. Muốn vậy phải làm *giảm lượng cacbon* (tổng) của gang (vì $C_{tổng} = C_{tự\ do} + C_{lk}$). Để nấu chảy gang cacbon thấp (<3%) do nhiệt độ chảy tăng phải dùng lò điện (thay cho lò đứng chạy than) hay pha thép vào gang.

- *Làm nhỏ mịn* (làm ngắn) graphit, tức giảm kích thước vết nứt rỗng. Muốn vậy phải biến tính gang lỏng bằng fero mangan, fero silic. Graphit trong gang được chia thành tấm cấp (theo ASTM) từ 1 đến 8, trong đó chiều dài trung bình (mm) của cấp 8 là < 0,015, cấp 1 là > 1 mm.

- *Tạo nền kim loại có độ bền cao hơn*. Có thể coi cơ tính của gang là sự kết hợp giữa cơ tính của nền kim loại và graphit, do đó nền có độ bền cao giúp gang có độ bền cao hơn và ngược lại. Như thấy ở bảng 7.2 lượng cacbon liên kết có ảnh hưởng tốt đến độ bền, độ cứng.

Bảng 7.2. **Cơ tính của các loại gang xám**

Nền kim loại	σ_{bk}, MPa	σ_{bn}, MPa	HB, MPa	δ, %
ferit	< 150	< 500	1500	~0,5
ferit-peclit	150 - 200	500 - 700	2000	~0,5
peclit	210 - 350	900 - 1200	2200 - 2500	~0,5

Sau khi đúc, gang xám tốt nhất là loại có graphit nhỏ mịn và nền kim loại peclit. Để làm tăng hơn nữa độ bền, độ cứng, gang xám được hợp kim hóa và tiến hành tôi + ram.

- *Hợp kim hóa* có tác dụng chủ yếu là hóa bền nền kim loại (tạo peclit phân tán nhỏ mịn dạng xoobit), nâng cao độ cứng, tính chống mài mòn, tính chịu nhiệt và hiệu quả đối với nhiệt luyện.

- *Tôi + ram*. Khi tôi + ram, graphit là pha ổn định nên không có biến đổi gì về tỷ lệ, hình dạng, kích thước và sự phân bố. Khi nung nóng (ở cao hơn 850°C) để tôi, nền kim loại chuyển biến như thép đứng riêng rẽ : ferit thành Fe_γ, ferit - peclit thành austenit ít cacbon, peclit thành austenit với 0,6 - 0,8%C, khi làm nguội nhanh austenit chuyển biến thành mactenxit (với độ cứng cao khác nhau) + graphit tấm và tùy thuộc vào nhiệt độ ram có mactenxit ram hay trustit ram hay xoocbit ram + graphit tấm.

Để ký hiệu gang xám đa số các nước đều đánh số các số hiệu gang theo giới hạn bền kéo tối thiểu theo kG/mm^2 (xx) hoặc MPa (xxx), riêng Mỹ theo ksi (xxx). TCVN 1659-75 quy định ký hiệu các số hiệu gang là GXxx-xx, trong đó hai nhóm số lần lượt chỉ *giới hạn bền kéo và giới hạn bền uốn tối thiểu tính theo kG/mm^2* giống như ГОСТ 1412-70 là СЧxx-xx. Nhưng theo ГОСТ 1412-85 các số hiệu gang xám gồm có СЧ10, СЧ15, СЧ25, СЧ30 và СЧ35.

- Các mác gang có độ bền thấp, $\sigma_b \leq 150$ MPa, với nền ferit + graphít tấm thô như : СЧ10, СЧ15 được dùng làm các vỏ, nắp không chịu lực (chỉ để che chắn).

- Các số hiệu gang có độ bền trung bình, $\sigma_b = 150 - 200$ MPa, với nền ferit-peclit tấm tương đối thô như СЧ20, СЧ25 được dùng làm các chi tiết chịu tải trọng nhẹ, ít chịu mài mòn như vỏ hộp giảm tốc, thân máy, bích, cacte, ống nước.

- Các số hiệu gang có độ bền tương đối cao, $\sigma_b = 200 - 300$ MPa, với nền peclit + graphit tấm nhỏ mịn qua biến tính như СЧ25, СЧ30 được dùng làm các chi tiết chịu tải trọng tương đối cao như bánh răng (bị động, tốc độ chậm), bánh đà, sơmi, xecmăng, thân máy quan trọng.

- Các số hiệu gang có độ bền cao, $\sigma_b \geq 300$ MPa, với nền peclit nhỏ mịn và graphit tấm rất nhỏ mịn qua biến tính cẩn thận như СЧ30, СЧ35 được dùng làm các chi tiết chịu tải cao, chịu mài mòn như bánh răng chữ V, trục chính, vỏ bơm thủy lực.

Ngoài ra còn có gang xám hợp kim, tùy theo yêu cầu sản xuất, người ta hợp kim hóa để nâng cao tính chống mài mòn và các tính chất vật lý khác. Đặc biệt trong sản xuất cơ khí hầu như không dùng gang trắng do quá cứng, không thể gia công cắt được, và dòn, song có sử dụng gang xám biến trắng (ở bề mặt) có tính chống mài mòn cao (với bề mặt có HB 400-600), như để làm bi, trục nghiền, trục xay sát. Muốn vậy khi đúc gang xám thay cho làm nguội thông thường người ta làm nguội nhanh những phần, bề mặt cần cứng (như đúc trong khuôn kim loại hay bằng cách đặt kim loại dẫn nhiệt nhanh trong phần khuôn cát tiếp giáp để tạo ra gang trắng).

Đôi khi dù không mong muốn, khi đúc vẫn nhận được gang xám biến trắng (do đúc trong khuôn kim loại, ly tâm, áp lực, ở các thành mỏng...). Để dễ gia công cắt phải đem

ủ ở 700 – 750°C, xementit bị phân hóa thành ferit và graphit nhờ đó độ cứng giảm đi. Nếu ủ ở 600 – 650°C chỉ có khả năng làm mất ứng suất bên trong do làm nguội trong không đều khi đúc gây ra.

7.1.2. GANG CẦU

Gang cầu là loại gang có độ bền cao nhất, graphit ở dạng cầu

Do graphit ở dạng thu gọn nhất (quả cầu tròn), ít chia cắt nền kim loại nhất, hầu như không có đầu nhọn để tập trung ứng suất, nên nó làm giảm rất ít cơ tính của nền, vì vậy gang cầu duy trì được 70–90% độ bền của nền kim loại (thép), tức không thua kém thép bao nhiêu và có thể thay thế nó.

Các đặc điểm về cơ tính của gang cầu là :

– Giới hạn bền kéo và giới hạn chảy khá cao (σ_b = 400 – 800MPa, $\sigma_{0,2}$ = 250 – 600 MPa), tức là tương đương với thép cacbon chế tạo máy.

– Độ dẻo và độ dai nhất định (δ = 2 – 15%, a_K = 300 – 600 kJ/m^2), tuy có kém thép song cao hơn gang xám rất nhiều.

Về phối liệu, gang cầu được chế tạo bằng cách biến tính gang xám (lỏng) nên về cơ bản thành phần của chúng giống nhau (C + Si cao) song cũng có nét khác biệt để làm cho biến tính tạo ra graphit cầu được thuận lợi :

– (C + Si) cao hơn (xem bảng 7.1).

– P, đặc biệt là S thấp hơn (< 0,03%) do S kết hợp với Mg thành MgS làm xấu cơ tính và tổn hao chất biến tính.

– Không có hay có rất ít nguyên tố cản trở cầu hóa như Ti, Al, Sn, Zn, Bi.

– Hợp kim hóa bằng Ni (< 2%), Mn (< 1%) để nâng cao hiệu quả của tôi + ram.

Về biến tính :

– Gang lỏng có nhiệt độ cao hơn bình thường khoảng 50–80°C (tức khoảng 1450°C).

– Biến tính (đặc biệt) cầu hóa : đưa Mg hay Ce (xêri) vào gang lỏng để phần còn lại trong thành phần gang phải trong giá trị nhỏ xác định (ví dụ đối với Mg là 0,04–0,08%).

– Biến tính graphit hóa bằng fero silic, silico canxi để chống biến trắng.

Để ký hiệu gang cấu đa số các nước đều đánh số các số hiệu gang cầu theo giới hạn bền kéo tối thiểu theo kG/mm^2 (xx) hay MPa (xxx), riêng Hoa Kỳ theo ksi (xxx), cũng có khi còn thêm chỉ tiêu cơ tính thứ hai là giới hạn chảy tối thiểu và nếu có chỉ tiêu thứ ba là độ dãn dài (δ %) tối thiểu thì thứ tự là σ_b – $\sigma_{0,2}$ – δ. TCVN 1659–75 có quy định ký hiệu gang cầu bằng GCxx–xx (trong đó các nhóm số lần lượt là giới hạn bền kéo và độ dãn dài) giống như của ГОСТ 7393–70 là ВЧxx–xx. Nhưng theo ГОСТ 7393–85 có các số hiệu ВЧ40, ВЧ50, ВЧ60, ВЧ70, ВЧ80.

Số hiệu gang cầu ferit BЧ40 với độ bền thấp, $\sigma_b \leqslant 400$MPa, độ dẻo khá cao (δ = 15%) ít được dùng.

Số hiệu gang cầu ferit - peclit BЧ50 với σ_b trong khoảng 450 - 500 MPa, có độ dẻo trung bình, δ = 5 - 10%, được dùng làm các chi tiết thông thường thay thép nói chung.

Mác gang cầu peclit BЧ60 với σ_b trong khoảng 550 - 600 MPa có độ dẻo nhất định, δ = 2%, được dùng làm trục khuỷu, trục cán.

Các số hiệu gang cầu BЧ70, BЧ80 với $\sigma_b \geqslant 600$ MPa là loại gang cầu tôi đẳng nhiệt ra bainit, được dùng làm các chi tiết quan trọng.

Chi tiết quan trọng điển hình làm bằng gang cầu là trục khuỷu. Là chi tiết có hình dạng phức tạp, chịu tải trọng lớn và va đập, chịu mài mòn khi làm bằng thép (ví dụ C45) phải dùng các phôi thép lớn qua rèn ép trên các máy ép lớn tạo ra phôi gia công với lượng dư lớn, tốn công cắt, nếu thay bằng gang cầu thiết bị sử dụng có phần đơn giản hơn tạo ra được vật đúc gần với thành phẩm hơn do đó chi phối gia công thấp hơn. Hơn nữa sau khi tôi bề mặt cổ trục khuỷu gang cầu có tính chống mài mòn cao hơn so với thép. Các hãng xe hơi nổi tiếng đã dùng gang cầu trong động cơ xe du lịch và xe tải nhỏ.

7.1.3. GANG DẺO

Do graphit ở dạng cụm (đám) *và lượng cacbon của gang rất thấp* nên gang dẻo có độ bền gần như gang cầu và hơn hẳn gang xám (σ_b = 300–600 MPa, $\sigma_{0,2}$ = 200–450 MPa), có độ dẻo cao như gang cầu (δ = 3–15%).

Về phối liệu. Gang dẻo được chế tạo bằng cách ủ từ gang trắng nên về cơ bản thành phần hóa học của chúng giống nhau : (C + Si) thấp, nhưng cũng có nét khác biệt để khi đúc vừa tạo ra gang hoàn toàn trắng và cũng để dễ graphít hóa khi ủ, vì vậy lấy C thấp còn Si lấy cao hơn (xem bảng 7.1).

Về lựa chọn sản phẩm. Sản phẩm đúc bằng gang dẻo phải có thành mỏng, không cho phép có thành nào dày quá 40 mm (thường chỉ cho phép dưới 20–30 mm) để bảo đảm nguội nhanh tạo ra gang hoàn toàn trắng.

Về ủ graphit hóa. Đây là giai đoạn dài nhất (2 - 3 ngày), chiếm tỷ lệ cao trong giá thành. Gang trắng được ủ trong khoảng 1000 - 700°C với sự graphit hóa của xementit như sau :

- trên A_1 $\quad Fe_3C \rightarrow Fe_\gamma\ (C) + C_{graphit\ cụm}$,
- dưới A_1 $\quad Fe_3C \rightarrow Fe_\alpha + C_{graphit\ cụm}$.

Để ký hiệu gang dẻo đa số các nước thường đánh đánh số các số hiệu gang dẻo theo giới hạn bền kéo tối thiểu và độ dãn dài tương đối.

TCVN 1659–75 có quy định ký hiệu các số hiệu gang dẻo bằng GZxx–xx giống như ГОСТ 1215–79 là КЧxx–xx. Theo tiêu chuẩn này có các số hiệu : КЧ30–6, КЧ33–8, КЧ 35–10, КЧ37–12 (gang dẻo ferit), КЧ45–7, КЧ50–5, КЧ 55–4, КЧ60–3, КЧ63–3 (gang dẻo peclit).

Những chi tiết làm bằng gang dẻo phải thỏa mãn đồng thời ba yêu cầu là : hình dạng phức tạp, thành mỏng, chịu va đập. Chỉ cần không thỏa mãn một trong các yêu cầu trên việc chế tạo bằng gang dẻo hoặc là không thể được hoặc là không kinh tế, lúc đó làm bằng vật liệu khác rẻ hơn.

7.1.4. GANG GIUN

Gang giun là gang có graphit ở dạng giun - là dạng trung gian giữa graphit tấm và graphit cầu. Có thể thực hiện các phương pháp sau để sản xuất gang giun :

- Biến tính gang lỏng bằng lượng chưa đủ để cầu hóa graphit nhờ các nguyên tố Ce, các nguyên tố đất hiếm và Mg ;

- Biến tính gang lỏng bằng phối hợp các nguyên tố cầu hóa graphit như Mg, Ce và các nguyên tố đất hiếm với các nguyên tố khử cầu như Ti, Al. Để chống khuynh hướng tạo xementit tự do khi đông rắn, gang lỏng cần được biến tính lần hai bằng các chất graphit hóa như FeSi, CaSi,...

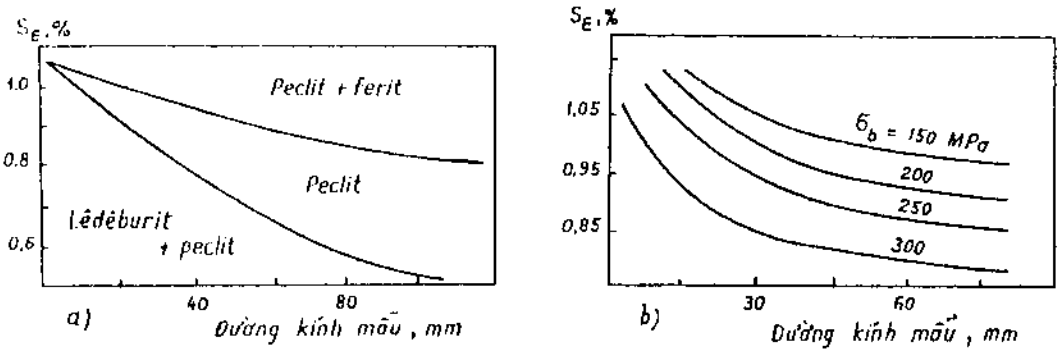
Tổ chức tế vi của gang bao gồm 80−100% graphit ở dạng giun và 0−20 % graphit ở dạng cầu, nền kim loại là ferit, ferit−peclit, peclit và cũng có thể là các tổ chức nhận được sau các quá trình nhiệt luyện khác nhau như xoocbit, bainit, mactenxit,...

***Bảng 7.3.* Tính chất của các loại gang khác nhau (theo H. Kowalke và W. Knothe)**

Tính chất	Đơn vị đo	Gang xám	Gang giun	Gang cầu
Độ bền kéo, σ^k_b	MPa	100-400	300-500	400-1000
Giới hạn chảy, $\sigma_{0,2}$	MPa	-	240-440	250-750
Độ bền nén, σ^n_b	MPa	500-1400	600-700	600-1200
Độ dẻo, δ_5	%	-	5-2	27-2
Độ cứng, HB30	MPa	1000-3000	1300-2800	1200-3350
Môđun đàn hồi, E	10^2MPa	75-155	120-160	160-185
Độ dai va đập, $a_k . 10^2$	kJ/m^2	-	~10	10-18
Độ bền uốn với tải trọng thay đổi	MPa	-	160-200	160-400
Độ dẫn nhiệt (20-400^{o}C)	W/(cm.K)	0,46-0,59	0,43-0,35	0,42-0,25

Thành phần hóa học của gang ban đầu để chế tạo gang giun cũng gần giống như ở gang cầu : C_{dl} = 4,3% ; C = 3,2−3,8% ; Si = 1,5−2,8% ; Mn = 0,2−0,8% ; P =0,15% ; S có thể lấy trong khoảng rộng nhưng tốt nhất là 0,03%. Các nguyên tố khác sau biến tính giun hóa còn lại : Mg = 0,013 - 0,023% (nếu chỉ biến tính bằng Mg) ; Ce = 0,02−0,06% (nếu chỉ biến tính bằng xeri) ; 0,01−0,025% Mg và 0,10−0,25% Ti (khi biến tính phối hợp Mg và Ti). Tính chất của gang giun nằm trung gian giữa gang xám và gang cầu.

Gang giun được dùng nhiều cho các chi tiết chịu lực, chịu va đập nhiệt (nắp và bloc xilanh), các chi tiết chịu mài mòn như secmang, phanh tàu cao tốc v.v... gang xám có độ bền nén tốt, có khả năng tự bôi trơn (do có graphit) khi làm việc ở điều kiện chịu mài mòn nửa khô, có tính chịu xung nhiệt và tính giảm chấn tốt lại rất rẻ nên được sử dụng rất rộng rãi để chế tạo thân và bệ máy, các chi tiết chịu lực không lớn, không yêu cầu tính dẻo dai trong nhiều ngành công nghiệp khác nhau như ngành chế tạo máy, máy nông nghiệp, luyện kim,...



Hình 7.1. Ảnh hưởng của mức độ cùng tích S_E và đường kính mẫu đúc tới sự hình thành tổ chức (a) và độ bền kéo (b) của gang.

***Bảng 7.4.* Cơ tính của gang xám phụ thuộc vào tổ chức tế vi**

Tổ chức	Giới hạn bền kéo, MPa	Độ cứng, HB, MPa	Độ dẻo, %
ferit	< 150	1500	= 0,5
feit-peclit	150 ÷ 200	2000	= 0,5
peclit	210 ÷ 400	2000 ÷ 2500	= 0,2

***Bảng 7.5.* Một số số hiệu gang thông dụng (theo tiêu chuẩn ASTM)**

Số hiệu gang	Ký hiệu tiêu chuẩn	Giới hạn bền kéo min		Giới hạn chảy min		Độ dẻo min, %	Độ cứng max HB 10 MPa	Tương đương với ГОСТ
		ksi	MPa	ksi	MPa			
Gang xám								
No.20B*	A 48	20	138					
No.25B	A 48	25	172					СЧ18-36
No.30B	A 48	30	207					СЧ21-40

Tiếp bảng 7.5

Mác gang	Ký hiệu tiêu chuẩn	Giới hạn bền kéo min		Giới hạn chảy min		Độ dẻo min, %	Độ cứng max HB 10 MPa	Tương đương với ГОСТ
		ksi	MPa	ksi	MPa			
Gang xám								
No.35B	A 48	35	241					СЧ24-44
No.40B	A 48	40	276					СЧ28-48
No.45B	A 48	45	310					СЧ32-52
No.50B	A 48	50	345					СЧ35-56
No.55B	A 48	55	379					СЧ38-60
No.60B	A 48	60	414					
Gang cầu								
32510	A47-84	50		32,5		10	156	
35018	A47-84	53		35		18	156	
22010	A47M-90		340		220	10	156	
40010	A220-88	60		40		10	149-197	
45008	A220-88	65		45		8	156-197	
45006	A220-88	65		45		6	156-207	
50005	A220-88	70		50		5	179-229	
60004	A220-88	80		60		4	197-241	
70003	A220-88	85		70		3	217-269	
80002	A220-88	95		80		2	241-285	
90001	A220-88	105		90		1	269-231	
280M10	A220M-88		400		280	10	149-197	ВЧ40-10
310M8	A220M-88		450		310	8	156-197	
310M6	A220M-88		450		310	6	156-207	
340M5	A220M-88		480		340	5	179-229	ИЧ48-5
410M4	A220M-88		550		410	4	197-241	
480M3	A220M-88		590		480	3	217-269	
550M2	A220M-88		650		550	2	241-285	
620M1	A220M-88		720		620	1	269-231	
Gang dẻo								
0-40-18	A 536-84	60	414	40	276	18		КЧ40-18
5-45-12	A 536-84	65	448	45	310	12		
0-55-06	A 536-84	80	552	55	379	6,0		КЧ56-8
10-70-03	A 536-84	100	689	70	483	3,0		
10-90-02	A 536-84	120	827	90	621	2,0		КЧ80-2

Bảng 7.6. Cơ tính và tổ chức nền kim loại của một số số hiệu gang

Liên Bang Nga	TCVN	σ_B, MPa	δ, %	HB, MPa	Tổ chức nền kim loại
Gang xám (ГОСТ 1112-79)					
СЧ15	-	15	-	1630 ÷ 2290	ferit
СЧ25	-	250	-	1800 ÷ 2500	ferit-peclit
СЧ10	-	400	-	2070 ÷ 2850	peclit
СЧ15	-	450	-	2270 ÷ 2890	peclit
Gang cầu (ГОСТ 7293-79)					
ВЧ38 - 17	GC38 - 17	380	17	1400÷1700	ferit với ít peclit
ВЧ12 - 12	GC42 - 12	420	12	1400÷2000	-nt-
ВЧ50 - 7	GC50 - 7	500	7	1710÷2410	-nt-
ВЧ60 - 2	GC60 - 2	600	2	2000÷2800	peclit với ít ferit
ВЧ80 - 2	GC80 - 2	800	2	2500÷3300	-nt-
ВЧ20 - 2	GC120 - 2	1200	2	3020÷3800	-nt-
Gang dẻo (ГОСТ 1215-79)					
КЧ30 - 6	GZ30 - 6	300	6	1000÷1630	ferit + (10-3%) peclit)
КЧ35 - 10	GZ35 - 10	350	10	1000÷1630	-nt-
КЧ37 - 12	GZ37 - 12	370	12	1100÷1630	-nt-
КЧ15 - 7	GZ45 - 7	450	7	1500÷2070	peclit + (20-0%) ferit
КЧ60 - 3	GZ60 - 3	600	3	2000÷2690	-nt-
КЧ80 - 1,5	GZ80 - 1,5	800	1,5	2700÷3200	-nt-

Vật đúc từ gang xám có thể được nhiệt luyện. Dùng ủ non (~ 560°C) để giảm ứng suất trong và ổn định kích thước, thường hóa hoặc tôi và ram để nâng cao cơ tính và khả năng chống mài mòn. Để nâng cao khả năng chống mài mòn của mặt trong xylanh, trục phân phối và các chi tiết khác của động cơ ôtô thì gang peclit cần được thấm nitơ.

7.2. CÔNG NGHỆ NHIỆT LUYỆN GANG

Bảng 7.7

N°	Thao tác nhiệt luyện (trong ngoặc là thuật ngữ hay dùng trong thực tế)	Số hiệu gang hoặc loại gang	Quy trình		
			Nung nóng	Nhiệt độ nung, °C	Thời gian giữ nhiệt
1	1. Nhiệt luyện khử ứng suất bên trong				
2	Ủ nhiệt độ thấp (ủ khử ứng suất, ủ ổn định hóa, hóa già)	Gang xám (vật đúc có hình dáng phức tạp)	Nung chậm (70−100 độ/h)	500-550	Thời gian đủ để toàn bộ chi tiết nung thấu ở nhiệt độ đó (1−8h → tùy theo chi tiết to hay nhỏ)

Tiếp bảng 7.7

3	2. Nhiệt luyện hủy xementit				
4	Ủ graphit hóa nhiệt độ thấp (ủ giảm độ cứng) ủ hóa mềm, ủ cải thiện tính gia công cắt gọt, ủ nhiệt độ thấp)	Gang xám (thép graphit hóa), gang dẻo, gang rèn chịu mòn (chưa nhiệt luyện xong hoặc không có giai đoạn graphit hóa). Gang cầu độ bền cao*	Nung chậm đối với chi tiết phức tạp, chi tiết đơn giản có thể nhanh hơn.	Hơi thấp hơn A_1 650 ~ 750	Đủ thời gian để xementit cùng tích phân hủy hoàn toàn hoặc phân hủy từng phần (gang xám τ = 1 ~ 4h, gang dẻo $\tau \leqslant$ 60h)
5	Ủ graphit hóa*** (ủ gang dẻo, hóa già (ủ graphit hóa).	Gang trắng, gang biến trắng lớp ngoài, gang xám, gang cầu	Đối với chi tiết phức tạp cần nung chậm, đối với chi tiết đơn giản nung nhanh hơn	900-1050 (giai đoạn 1 graphit hóa) 700-800 (giai đoạn 2 graphit hóa)	Cần có đủ thời gian để làm cho xementit tự do hoàn toàn phân hủy để nhận được austennit và cacbon ủ (tức graphit hóa giai đoạn 1).
6	Ủ graphit hóa không hoàn toàn (ủ gang dẻo peclit, ủ gang dẻo ferit-peclit, ủ gang chịu mài mòn)	Gang trắng	Như trên	Như trên	Như trên

Công nghệ nhiệt luyện gang (*Tiếp bảng 7.7*)

Nhiệt luyện Làm nguội	Chuyển biến pha của tổ chức	Tổ chức ban đầu	Tổ chức sau khi nhiệt luyện	Công dụng của nhiệt luyện	No
Nhiệt luyện khử ứng suất bên trong*					1
Nguội chậm (20-50) độ/h) đến dưới phạm vi biến dạng đàn hồi cuối cùng (khoảng 200°C) tiếp tục làm nguội trong không khí.	Không có	Bất kỳ	Giống như tổ chức ban đầu	Khử ứng suất làm tăng độ bền độ dai, tránh sự cong vênh hoặc nứt nẻ trong quá trình gia công cơ khí và quá trình sử dụng.	2

Tiếp bảng 7.7

2. Nhiệt luyện phân hủy xementit					3
Hình dạng phức tạp nguội từ từ ; hình dạng đơn giản tốc độ nguội có thể nhanh hơn.	Xementit cùng tích phân hủy	a) P + Gr b) P + Gr e) A + F + Gr	P + F + Gr P + Gr P + Gr	Cải thiện tính cắt gọt, khử ứng suất trong. Làm tăng độ dẻo, độ dai va chạm và tính chống ăn mòn của gang dẻo, gang cầu, đồng thời nâng cao từ tính của nó.	4
Nguội chậm đến khoảng nhiệt độ tới hạn (≤250-300 độ/h). Trong khoảng 800−700°C nguội rất chậm (2−3 độ/h) hoặc hơi thấp hơn A_1, giữ nhiệt với thời gian dài. Sau giai đoạn 2 graphit hóa nguội chậm đến 650C sau đó nguội ngoài không khí	Xementit cùng tích phân hủy, xementit thứ hai và xementit cùng tích phân hủy	Ledeburit (cùng tinh) + peclit	Ferit + graphit	Biến gang cứng và dòn thành loại gang dẻo mềm.	5
Trong giai đoạn graphit hóa thứ 2, khi chưa hoàn toàn nung thấu cần nguội nhanh đến nhiệt độ tới hạn	Xementit cùng tính, xementit thứ hai và xementit cùng tích phân hủy	Ledehurit + peclit	Peclit + garphit hoặc peclit + ferit + graphit	Giống như trên. Ngoài tăng độ bền, độ cứng có thể làm tăng tính chống mài mòn.	6

Bảng 7.8

Thứ tự thao tác	Thao tác nhiệt luyện (trong ngoặc là thuật ngữ hay dùng trong thực tế)	Số hiệu gang hoặc loại gang	Quy trình nhiệt luyện		
			Nung nóng	Nhiệt độ nung, °C	Thời gian giữ nhiệt
1	Ủ cầu hóa (ủ peclit) hạt	Gang trắng	Như trên	900-1050 (graphit hóa giai đoạn 1)	Như trên
2	Ủ graphit hóa tốc độ nhanh **** (ủ nhanh, ủ phân tán)	Gang trắng	Nung sơ bộ đến 900−950°C $\tau_g = 0,5 \sim 1,0$h, tôi trong dầu, nước hoặc trong muối nóng chảy (250−300°C) hoặc thường hóa ở 900−950°	950-1050	Giống như trên nhưng thời gian giữ nhiệt giảm xuống bằng $\frac{1}{6} \sim \frac{1}{7}$ thời gian ban đầu

Tiếp bảng 7.8

3	Nhiệt luyện làm tăng lượng cacbon ở trạng thái liên kết				
4	Thường hóa a) Gang xám (nhiệt luyện làm tăng độ cứng gang xám, nhiệt luyện xoocbit hóa). b) Gang dẻo	Gang xám Gang xám biến tính Gang dẻo	Đối với hình dáng phức tạp cần nung chậm, đối với hình dáng đơn giản nung nhanh hơn. Quyết định ở hình dáng của chi tiết	850-950 860-920	Thời gian đủ để austenit bão hòa cacbon (0,5 – 3,0 h) Giống như trên, (1,0 ~ 2,0 h),
5	Nhiệt luyện được tổ chức không cân bằng				
6	Tôi (hóa tốt)	Gang xám và gang dẻo	Quyết định ở hình dáng chi tiết	830-900	Đủ để làm cho cacbon hòa tan vào Fe_γ (0,5 ~ 3,0h)

(Tiếp bảng 7.8)

Qui trình nhiệt luyện Làm nguội	Chuyển biến pha của tổ chức	Tổ chức ban đầu	Tổ chức sau khi nhiệt luyện	Công dụng của nhiệt luyện	Thứ tự thao tác
Nguội thấp hơn A_1 một ít, giữ nhiệt thời gian dài làm cho xementit cùng tích cầu hóa	Xementit cùng tích và xementit thứ hai phân hủy ; xementit cùng tích cầu hóa	Ledeburit + peclit hoặc Ledeburit + graphit	Peclit hạt + graphit	Cải thiện tính cắt gọt, làm tăng độ bền và độ dẻo	1
Giống như ủ graphit hóa, nhưng thời gian giữ nhiệt giảm	Xementit cùng tích, xementit thứ hai và xementit cùng tích phân hủy	Ledeburit + peclit	Ferit + graphit , lượng graphit tăng 1500-2000 lần, nhưng kích thước của nó rất nhỏ bé, mịn	Làm cho gang trắng cứng và dai chuyển hóa thành gang dẻo mềm, dẻo.	2
Nhiệt luyện làm tăng lượng cacbon ở trạng thái liên kết					3
Tốc độ nguội đủ để nhận được peclit. Hình dáng chi tiết đơn giản, nguội trong không khí, hình dáng phức tạp phải nguội chậm đến 600 – 55°C, sau đó nguội trong không khí	Austennit bão hòa cacbon và austenit phân hủy	Ferit + graphit hoặc Ferit + peclit + graphit	Ferit + graphit hoặc Xoocbit + graphit	Làm tăng độ bền và độ chống mài mòn, sau khi thường hóa còn phải ram cao.	4

Tiếp bảng 7.8

Nguội trong không khí	Tạo thành Austenit, austenit chuyển biến thành peclit	Ferit + graphit hoặc Ferit + peclit + graphit	Peclit hoặc Xoocbit + graphit	Làm tăng độ bền và chống mài mòn. Sau khi thường hóa ram cao ở 650−680°C giữ nhiệt 1,0−1,5h	4
Nhiệt luyện nhận được tổ chức không cân bằng					5
Dầu hoặc nước	Austenit chuyển biến thành tổ chức không cân bằng	Peclit + graphit	Mactenxit, trutstit+ graphit	Tăng độ cứng, độ bền và độ chống mài mòn	6

Bảng 7.9

Thứ tự thao tác	Thao tác nhiệt luyện (trong ngoặc là thuật ngữ hay dùng trong thực tế)	Số hiệu gang hoặc loại gang	Quy trình nhiệt luyện		
			Nung nóng	Nhiệt độ nung, °C	Thời gian giữ nhiệt
1	Tôi đẳng nhiệt	Gang trắng gang xám gang dẻo	Như trên	830-900	10-90 ph
2	Tôi bề mặt *****	Các loại gang xám, gang dẻo, gang biến tính	Nung bằng ngọn lửa khí, tần số cao, nung trong chất điện phân	900-1000	W_r = 1,0kW/cm^2.h τ = 6 - 8s a ~ 3 - 4 mm
3	Ram	Các loại gang ở trạng thái tôi	Trực tiếp cho vào lò đã nung sẵn đến nhiệt độ ram	Nung hơi cao hơn A_1, dựa vào yêu cầu độ cứng đã định	0,5-2,0h (có khi đến 3h)
4	Hóa nhiệt luyện thoát cacbon lớp bề mặt				
5	Ủ thoát cacbon (ủ cháy cacbon)	Gang trắng	Nung từ từ trong môi trường oxi hóa (25% quặng sắt mới và 75% quặng sắt cũ).	900-1050	Cần đủ thời gian để có lớp thoát cacbon (δ = 1,5 - 2,5 mm ; 60−90 ph)

Chú thích : * Qui trình nhiệt luyện gang loại thứ nhất không có quá trình chuyển biến pha ; còn các qui trình nhiệt luyện khác đều có chuyển biến pha.

** Điểm tới hạn A_1 = 730 + 28Si−25 Mn, trong đó Si và Mn tính theo lượng chứa phần trăm. Kết quả tính toán so với thực tế khá chính xác.

*** *Ở* graphit hóa nhằm mục đích khử lớp biến trắng bề mặt có thể thích hợp với gang biến trắng bề mặt, gang hóa râm. Qui trình nhiệt luyện là : Nung ở 850−950°C, giữ nhiệt τ = 0,5−5,0h. Nung đến nhiệt độ cao để được austenit−graphit làm nguội chậm xuống dưới nhiệt độ tới hạn hoặc nguội trong không khí.

(Tiếp bảng 7.9)

Qui trình nhiệt luyện Làm nguội	Chuyển biến pha của tổ chức	Tổ chức ban đầu	Tổ chức sau khi nhiệt luyện	Công dụng của nhiệt luyện	Thứ tự thao tác
Nguội trong muối nóng chảy 200−100°C	Austenit phân hủy đẳng nhiệt	Peclit + graphit; ferit + graphit ; peclit + ferit + graphit	Trustit hình kim + graphit	Giống như trên ; (đồng thời không làm giảm tính dẻo)	1
Nước, dầu nhũ tương	Austenit phân hủy thành sản phẩm không cân bằng	Peclit + graphit	Lớp ngoài là mactenxit hoặc trustit và mactenxit	Tăng độ cứng bề mặt, tăng tính chống mài mòn (48 ~ 53HRC)	2
Không khí	Tổ chức không cân bằng phân hủy thành các sản phẩm cân bằng austenit dư chuyển biến	Mactenxit + auttenxit dư + trustit + graphit	Trustit + xoocbit + graphit ;	Giảm độ cứng, khử ứng suất bên trong ; tăng độ dai, độ dẻo	3
Hóa nhiệt luyện thoát các bon lớp bề mặt					4
Cùng lò	Lớp có chiều sâu 1,5 - 2,5 mm bề mặt hoàn toàn thoát cacbon xementit trong lõi phân hủy, một phần austenit phân hủy	Ledeburit + peclit	Bề mặt là ferit, lõi là peclit + graphit hoặc peclit + ferit + graphit	Làm cho gang trắng cứng và giòn trở thành mềm, có thể gia công được, nâng cao độ bền và độ dẻo	5

**** Cũng có thể ủ graphit hóa tốc độ nhanh ở 1100−1150°C, tức là nung trong muối lỏng hoặc nung bằng dòng điện tần số cao ; nung trong muối thời gian giữ nhiệt τ = 1−10ph ; nung bằng dòng điện tần số cao (trước có tôi sơ bộ) giữ nhiệt τ = 3−6s ; nung bằng dòng điện tần số công nghiệp, thời gian giữ nhiệt không ít hơn 30 ph.

***** Độ cứng gang dẻo ferit sau khi tôi bề mặt bằng dòng điện tần số cao quyết định bằng số lượng nút cacbon trên một milimet vuông (n).

Bảng 7.10. **Quy trình nhiệt luyện thường dùng để ủ khử ứng suất của gang đúc**

Tên chi tiết	Trọng lượng chi tiết, t	Chiều dày chi tiết, mm	Thành phần hóa học gần đúng							Nhiệt độ vào lò, °C	Tốc độ nung, độ/h	Nhiệt độ giữ nhiệt °C	Thời gian giữ nhiệt, h	Thời gian làm nguội, h	Nhiệt độ đỡ lò ra không khí, °C
			C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni						
- Thân máy, giá đỡ dao, giá đao, bàn trượt	-	-	3,2	1,65	0,7	0,095	0,19	0,37	0,25	200-230	170	550-600	2,5-3,0	6 ~ 8	150
- Vỏ hộp giảm tốc, nắp hộp ngoài đầu máy bào	-	-	3,4	2,25	0,6	0,1	0,25	-	-	260-230	170	500-600	2,5-3,0	6 ~ 8	150
- Ổ trục bàn trượt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	400-500	-	400-500	5-6	-	200
- Thân máy	1,2-2,0	8-60	2,9	1,35	0,8	0,12	0,2	-	-	Nhiệt độ thường	100	520-550	4,5	cùng lò 1 ngày đêm	30-60
- Đầu xilanh, ống xả hơi, ống hút hơi	-	-	3,4	2,4	0,7	0,12	0,14	0,25	0,2	200-300	80	600	2,5	5	150
- Thân máy tiện, nắp hộp giảm tốc, máng dẫn	-	-	3,2	1,8	0,7	0,12	0,15	-	-	-	-	500-550	-	13	100
Pittông	0,2	15-30	3,1	1,4	0,8	0,12	0,2	-	-	100-300	100	500	3,0	-	200-300
Xecmang và ống nối	0,045-0,25	13-40	2,1	1,4	0,8	0,12	0,2	-	-	100-300	100	500	2,0	-	200-300
- Bộ phận cho dầu	0,002-0,010	6-8	3,1	1,7	0,6	0,14	0,3	-	-	100-300	100	500-600	0,5-1,0	-	200-300
- Bàn rà, thân máy, giá trục lăn, giá quạt gió...	1,5-15,0	70-100	3,1	1,7	0,6	0,14	0,3	-	-	100-300	100	500-600	10	8	150
		40-70	3,2-3,4	1,4-1,7	0,6-0,8	0,1	0,4	-	-	200	60	450	8	8	150
		10-10	3,2-3,4	1,4-1,7	0,6-0,8	0,1	0,4	-	-	150	70	425	6	7	150

Bảng 7.11. **Thành phần hóa học và phạm vi ứng dụng các ký hiệu gang xám**

Phân loại và phạm vi ứng dụng của vật đúc	Chiều dày chi tiết, mm	Ký hiệu TCVN	Thành phần hóa học, %							
			C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Các chất khác
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Thông dụng và dùng trong chế tạo máy	< 25	00 GX12-28 GX15-32	3,3-3,6	2,0-2,5	0,6-0,8	0,3-0,8	≤ 0,15	–		
	25-75	GX12-28 GX15-32	3,3-3,6	1,8-2,5	0,6-1,0	<0,5	≤ 0,15	–	–	–
Chế tạo máy nói chung : a) Vật đúc loại nhẹ	<25	GX12-28 GX15-32 GX18-36	3,3-3,6	1,8-2,5	0,6-1,0	0,4-0,8	≤ 0,15	–	–	–
b) Vật đúc loại vừa	25-75	GX12-28 GX15-32 GX18-36	3,2-3,5	1,5-2,0	0,7-0,9	<0,5	≤ 0,15	≤ 0,5	≤ 0,2	–
c) Vật đúc loại nặng	<75	GX12-28 GX15-32 GX18-36	3-3,2	1,2-2,5	0,8-1,0	<0,4	≤ 0,15	≤ 0,5	≤ 0,3	–
Chế tạo các loại thân máy 1)Ứng suất nhỏ, ma sát ít a) loại nhẹ	15-25	GX12-28 GX15-32	3,2-3,5	2,4-2,6	0,5-0,7	<0,5	≤ 0,15	–	–	–
b) loại vừa	> 25	GX12-28 GX15-32	3,2-3,5	1,8-2,4	0,6-0,9	<0,4	≤ 0,15	–	–	–

Tiếp bảng 7.11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2) Ứng suất trung bình và chịu áp suất nhỏ (khoảng $5 . 10^7$ $N.m^2$), có ma sát	20-40	GX15-32 GX18-36	3 – 3,3	1,5-2,2	0,6-1,0	0,3-0,5	≤ 0,15	≤ 0,5	≤ 0,2	–
Chi tiết có trọng lượng không lớn, thành mỏng và kích thước ngoài lớn 1) Loại rất nhẹ	<10	GX15-32 GX18-36	3,5-3,6	2,6-2,8	<0,6	0,5-0,6	≤ 0,1	–	–	–
2) Loại nhẹ	10-25	GX15-32 GX18-36	3,4-3,5	2,4-2,6	<0,6	<0,5	â 0,1			
3) Loại vừa	>25	GX15-32 GX18-36	3,3-3,5	2,2-2,4	0,5-0,7	<0,5	â 0,1			
Máy móc, máy phát động và những dụng cụ quan trọng (xilanh, bánh răng, bệ máy, giá máy, vỏ máy, vô lăng v.v...)	7-30 3-90 60-90 20-60 20-60 20-100	GX24-44 GX24-44 GX24-44 GX28-48 GX28-48 GX32-52	≤3,5 ≤3,2 ≤2,9 2,7-3,0 2,9-3,2 2,6-2,9	1,0-1,3 1,2-1,6 1,2-1,6 ≤2,0 1,5-1,8 ≤2,0	0,7-1,0 0,7-1,0 0,7-1,0 0,8-1,2 0,8-1,2 1,0-1,4	≤0,3 ≤0,3 ≤0,3 ≤0,2 ÷0,2 ≤0,2	≤0,15 ≤0,15 ≤0,15 ≤0,15 ≤0,15 ≤0,15	0,4 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5	0,3 0,4 0,4 0,4 0,4 0,4	
Xilanh máy kéo, ôtô, bánh hãm, ống nối	9-25 9-25 9-25	GX21-40 GX21-40 GX21-40	3,2-3,5 3,3-3,5 3,3-3,5	2,1-2,4 1,8-2,1 2,1-2,3	0,5-0,8 0,6-0,8 0,6-0,7	≤0,2 ≤0,2 ≤0,2	≤0,13 ≤0,12 ≤0,12	≤0,2	≤0,3	Cu=0,75%
Xilanh máy kéo, ôtô, máy điezen : nắp xilanh sơ mi	6-60 9-25 5-30 5-20 5-20	GX24-44 GX24-44 GX24-44 GX24-44 GX28-48	3,0-3,4 3,2-3,4 3,1-3,4 3,2-3,4 3,1-3,4	2,2-2,5 2,2-2,6 1,8-2,0 1,8-2,2 2,2-2,4	0,5-0,9 0,6-0,8 0,4-0,6 0,7-0,8 0,6-0,8	≤0,2 ≤0,2 ≤0,2 ≤0,2 ≤0,2	≤0,12 ≤0,12 ≤0,12 ≤0,12 0,12	- 0,75-1,25 1,25-1,5 0,15-0,25 1,0-1,25	- - â 0,5 0,1-0,2 0,1-0,2	- - Mo=0,4 Cu=0,5 -

Tiếp bảng 7.11

Xilanh xe có động cơ, pittong, van hơi	20-60	GX21-40	2,9-3,1	1,2-1,3	0,8-1,0	≤0,2	≤0,12	-		-
Xilanh điezen và máy có động cơ	20-60	GX28-48	2,8-3,1	0,9-1,0	0,6-0,8	≤0,2	≤0,12	0,75-1,25	-	-
Xilanh và nắp xilanh máy hơi nước	50-100	GX32-52	2,9-3,1	1,4-1,6	0,8-1,0	≤0,2	≤0,12	1,25-1,5	≤0,5	Mo=0,4
Xilanh, pittong, xecmang ôtô, máy kéo	5-25	GX21-40	3,2-3,5	2,4-2,6	0,6-0,8	≤0,2	≤0,1	0,15-0,25	0,1-0,2	Cu=0,5
Nắp xilanh điezen	20-65	GX28-48	3,0-3,2	0,9-1,0	0,6-0,8	≤0,2	≤0,1	1,0-1,25	0,1-0,2	-
Xecmang và pittong điezen và những máy phát không van	15-40	GX28-48	2,9-3,2	1,6-1,8	0,5-0,7	≤0,2	≤0,12	1,2-1,5	0,3-0,5	-
Pittong, xecmang bánh xe và những phôi hình tròn	≤300	GX24-44	3,4-3,5	1,4-1,6	0,8-0,9	≤0,2	≤0,12	≤0,1	0,25-0,35	-
Xilanh và bơm máy nén, giá máy	15-35	GX24-44	3,1-3,3	1,6-1,8	0,5-0,7	≤0,12	≤0,22	1,0-1,25	-	-
Bơm dầu hoả và giá đỡ vỏ ngoài máy ép hơi nước	40-70	GX28-48	2,9-3,1	1,2-1,5	0,6-0,8	≤0,15	≤0,12	≤1,5	-	-
Chi tiết làm việc ở áp suất cao	20-40	GX28-48	2,9-3,1	1,2-1,5	0,7-1,0	≤0,12	≤0,12	0,4-0,6	-	Mo=
Vô lăng	60-150	GX24-44	3,3-3,5	1,2-1,3	0,8-1,0	≤0,2	≤0,12	0,2-0,3	-	0,2 ~ 0,3
Bệ máy và chi tiết quan trọng khác trên máy	200-100	GX24-44	2,7-3,2	1,1-1,8	0,6-1,2	≤0,35	≤0,12	-		
	15-35	GX24-44	3,0-3,4	1,7-1,9	0,6-0,9	0,2 ~ 0,30,	≤0,12	0,75-1,25	<0,35	
	20-100	GX28-48	2,9-3,2	1,0-1,3	0,6-0,9	1-0,2	≤0,12	1,0-1,5	<0,5	
Trụ đỡ máy khoan cần	12-60	GX24-44	3,1-3,3	1,4-1,6	0,7-0,8	≤0,2	≤0,12	-	-	Cu=1,0
Van kết cấu phối vị và trục cam	20	GX28-48	3,0-3,2	2,4-2,5	0,6-0,8	0,15-0,25	0,05-0,10	-	-	Mo= 0,7-0,8
	30	GX32-52	3,1-3,3	2,0-2,2	0,7-0,8	0,2-0,25	0,05-0,10	≤0,5	-	Mo≤0,5
Bánh răng, bánh cam, bàn gá các loại máy	20-30	GX24-44	3,1-3,2	1,2-1,6	0,6-0,7	≤0,2	≤0,12	1,0-1,5	0,25-0,5	
Khuôn ép nguội	50-250	GX28-48	2,8-3,1	1,2-1,5	0,6-0,8	≤0,2	≤0,12	1,5-2,0	0,5-0,6	

Bảng 7.12. **Cơ tính của gang**

Theo Việt Nam	Theo Liên bang Nga	Độ bền kéo, σ_{bu}, MPa	Độ bền uốn, σ_{bu}, MPa	Độ võng khi khoảng cách 2 trụ là 600 mm, mm	Độ võng khi khoảng cách 2 trụ là 300 mm, mm	Độ bền nén σ_n, MPa	Độ cứng HB, MPa
Gang xám							
GX00	СЧ00	không thử	không thử	-	-	-	-
GX12-28	СЧ12-28	120	280	6	2	500	1430-2290
GX15-32	СЧ15-32	150	320	8	2,5	650	1630-2290
GX18-36	СЧ18-36	180	360	8	2,5	700	1700-2290
GX21-40	СЧ21-40	210	400	9	3	750	1700-2410
GX24-44	СЧ24-44	240	440	9	3	850	1700-2410
GX28-48	СЧ28-48	280	480	9	3	1000	1700-2416
GX32-52	СЧ32-52	320	520	9	3	1100	1870-2550
GX35-36	СЧ35-36	350	560	9	3	1200	1970-2690
GX38-60	СЧ38-60	380	600	9	3	1300	2070-2690
Gang biến tính "M"							
-	МСЧ28-48	280	480	9	3	900	1700-2410
-	МСЧ32-52	320	520			1000	1700-2410
-	МСЧ35-56	350	560			1100	1970-2480
-	МСЧ38-60	600	600			1200	1970-2620

Bảng 7.13. **Thành phần hóa học gang xám thấm nitơ (%)**

Cacbon	Silic	Mangan	Nhôm	Crom	Molipđen
2,50-2,65	2,5-2,7	0,50-0,65	0,8-1,0	1,3-1,5	0,15-0,20
2,50-2,60	2,4-2,6	0,50-0,60	1,8-1,1	1,2-1,5	0,20-0,25
2,40-2,65	2,4-2,6	0,55-0,65	1,2-1,5	1,5-1,8	-
2,40-2,80	2,4-2,8	0,50-0,60	0,6-0,8	1,3-1,7	-
2,79	1,54	0,58	1,0	0,36	0,73
2,62	1,44	0,60	1,37	0,56	-

Bảng 7.14. **Quy trình thấm nitơ của gang làm sơmi**

Phương pháp thấm nitơ		Độ cứng bề mặt HV	Chiều sâu lớp thấm nitơ, mm
Nhiệt độ, °C	Thời gian, h		
510-520	60-50	800-960	0,45-0,50
520	60	-	0,35
510	65	-	0,25
500	90	900-1000	0,40-0,35

Bảng 7.15. **Quy trình nhiệt luyện gang cầu nên dùng**

Thao tác nhiệt luyện	Tổ chức ban đầu của gang	Quy trình nhiệt luyện	Tổ chức sau khi nhiệt luyện
Thường hóa graphit hóa	Ledeburit + peclit + graphit dạng cầu - gang hoa râm	Nung đến 900−920°C, giữ nhiệt 2−5h, sau đó nguội trong không khí.	Peclit dạng xoocbit + graphit dạng cầu
Ủ graphit hóa nhiệt độ thấp	Peclit + ferit	Nung đến 650−700°C, giữ nhiệt 2 - 6h	Ferit + graphit dạng cầu ; σ % = 18 - 20
Thường hóa	Đối với chi tiết làm việc trong điều kiện mài mòn	Nung đến 850−880°C, giữ nhiệt ở nhiệt độ này 0,5 - 2h nguội trong không khí	–
Ủ graphit hóa	Gang trắng hoặc gang hoa râm ; Ledeburit + Peclit + graphit	Nhiệt độ chất chi tiết vào lò 300−500°C, nung đến 960−980°C, thời gian nung 1,0−1,5 h, giữ nhiệt 1,0−1,5 h ; nguội đến 680°C giữ nhiệt 2h. Sau đó nguội nhanh. Thời gian toàn bộ quy trình khoảng 4−5h	Ferit + graphit dạng cầu
Ủ graphit hóa nhiệt độ thấp	Peclit + ferit	Nung đến 760 −780°C, thời gian nung 0,5 h, giữ nhiệt 1,0−2,0h nguội đến 680°C giữ nhiệt 0,5 h sau đó nguội nhanh	Ferit + graphit σ_{bk} = 450−550 MPa σ % = 6 - 12 σ_n = 1600−2000 MPa a_k = 380 kJ/m^2 HB = 1600−1090MPa

Bảng 7.16. **Những khuyết tật của gang xám, gang dẻo sau khi ủ**

Tên và đặc trưng của khuyết tật	Nguyên nhân chủ yếu	Phương pháp khắc phục
Khử ứng suất gang xám, sau khi ủ độ cứng giảm xuống.	Nung quá 550−650°C làm xementit phân hủy	Phương pháp khắc phục đối với chi tiết hình dáng đơn giản là : Thường hóa ở 900−950°C sau đó lại tiến hành ram khử ứng suất.

Tiếp bảng 7.16

Tên và đặc trưng của khuyết tật	Nguyên nhân chủ yếu	Phương pháp khắc phục
Gang bị chai (tráng) sau khi ủ độ cứng quá cao	Nhiệt độ ủ quá thấp hoặc thời gian giữ nhiệt không đủ	Ủ lại, nung đến 850–870°C, giữ nhiệt với thời gian vừa đủ.
Tổ chức gang dẻo có xementit tự do	Nhiệt độ graphit hóa của giai đoạn một quá thấp hoặc thời gian giữ nhiệt không đủ	Ủ lại theo qui trình đã định
Trong gang dẻo ferit số lượng peclit tấm nhiều hơn tiêu chuẩn qui định	Giai đoạn hai graphit hóa không theo đúng qui định phương pháp làm nguội hoặc giữ nhiệt không đủ	Ủ lại ở nhiệt độ 730–710°C
Trong gang dẻo có graphit dạng tấm	Ủ quá 110°C hoặc trong tổ chức ban đầu có sẵn graphit	Không có biện pháp nào để khắc phục

7.2.1. HỆ HỢP KIM CHỊU MÀI Fe–Cr–C

Tính chất chung của hệ hợp kim Fe–Cr–C

Nhóm hợp kim gang Cr cao chịu mài đã được biết đến và đưa vào sử dụng từ lâu. Hình PL3.33 và PL3.34 là giản đồ trạng thái hệ hợp kim Fe–Cr–C với hàm lượng Cr và C dao động trong một khoảng lớn. Một số số hiệu gang Cr chịu mài mòn theo tiêu chuẩn ASTM A532–83 được liệt kê trong bảng 7.17.

Bảng 7.17. **Thành phần hóa học một số số hiệu gang Cr theo ASTM A532–82**

Ký hiệu	Cấu tạo	Thành phần hóa học [%]					
theo UNS		C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo
F45004	12%Cr	2,4-2,8	0,5-1,5	1,0max	0,5max	11,14	0,5-1
F45005	15%Cr-MoLC	2,4-2,8	0,5-1,5	1,0max	0,5max	14,18	1,0-3
F45006	15%Cr-MoHC	2,8-3,6	0,5-1,5	1,0max	0,5max	14,18	2,3-3,5
F45007	20%Cr-Mo-LC	2,0-2,6	0,5-1,5	1,0max	0,5max	18,23	1,5max
F45008	20%Cr-Mo-HC	2,6-3,2	0,5-1,5	1,0max	0,5max	18,23	1,0-2,0
F45009	25%Cr	2,3-3,0	0,5-1,5	1,0max	0,5max	23,28	1,5max

Tỷ lệ giữa Cr và C phải chọn sao cho quá trình kết tinh sinh ra cacbit trên cùng tinh. Hợp kim với thành phần cùng tinh có tính chịu mài tốt. Hỗn hợp cùng tinh bao gồm austenit và cacbit dạng M_7C_3 (Cr_7C_3). Để tránh thiên tích và cacbit thô đại trong quá trình đúc, người ta thường chọn hệ hợp kim dưới cùng tinh.

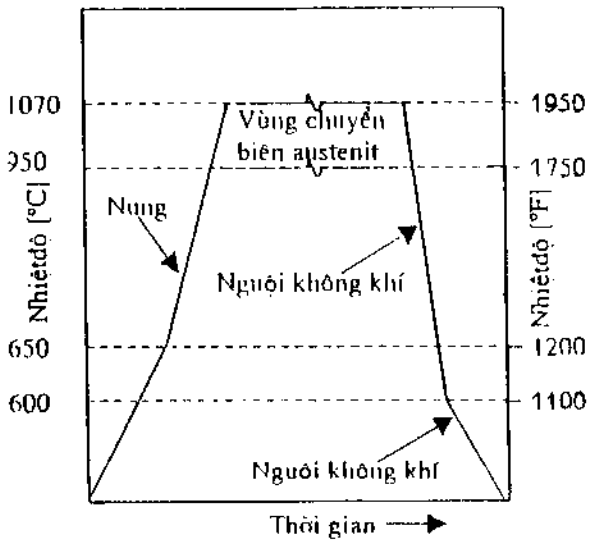
Công nghệ nhiệt luyện hợp kim Fe-Cr-C chịu mài

Công nghệ ủ mềm

Cấu trúc của vật liệu gang Cr chịu mài sau khi kết tinh và nguội chậm trong khuôn cát bao gồm cacbit, peclit, mactenxit và austenit dư với độ cứng từ 52–56 HRC. Để có thể gia công cắt gọt, sản phẩm sau khi đúc phải được ủ mềm để hạ độ cứng xuống khoảng 35 HRC. Bản chất của quá trình ủ mềm gang Cr cao chịu mài là làm thay đổi nền austenit–mactenxit thành nền peclit. Tùy theo yêu cầu độ cứng và mác gang, gang Cr có thể được ủ theo hai chế độ sau :

– Ủ nhiệt độ thấp : Nhiệt độ ủ : 690–705°C, thời gian giữ nhiệt : 4–12h tùy theo thành phần hóa học, nguội trong lò.

– Ủ nhiệt độ cao : 955–1010°C, nguội chậm trong lò xuống nhiệt 760°C, giữ 760°C thời gian từ 10–50h tùy theo thành phần hóa học, nguội trong lò

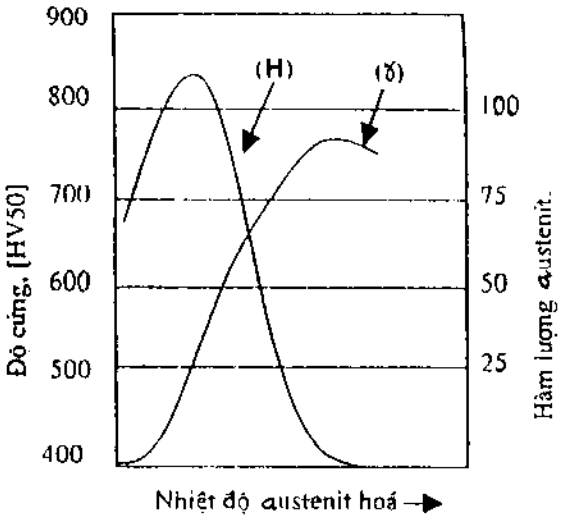


Hình 7.2. Quy trình nhiệt luyện gang Cr

Công nghệ tôi và ram

Mục đích của quá trình tôi là biến đổi nền austenit–mactenxit –peclit thành nền mactenxit có độ cứng cao, đảm bảo cơ tính và tính chịu mài của vật liệu. Như mô tả ở *hình 7.2*, quá trình tôi bao gồm 3 giai đoạn : austenit hóa, giữ nhiệt và làm nguội.

Công nghệ và chất lượng tôi phụ thuộc vào tính ổn định austenit trong nền vật liệu. Tính ổn định austenit lại phụ thuộc vào lượng C hòa tan. Khi nung nóng chi tiết có austenit dư, từ austenit sẽ tiết ra cacbit thứ cấp và qua đó lượng C hòa tan trong austenit giảm. Sự nghèo hóa C trong austenit sẽ làm giảm tính ổn định của austenit và tăng nhiệt độ bắt đầu cũng như kết thúc chuyển biến mactenxit.



Hình 7.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ tôi đến độ cứng (H) và hàm lượng austenit dư (γ) trong gang Cr

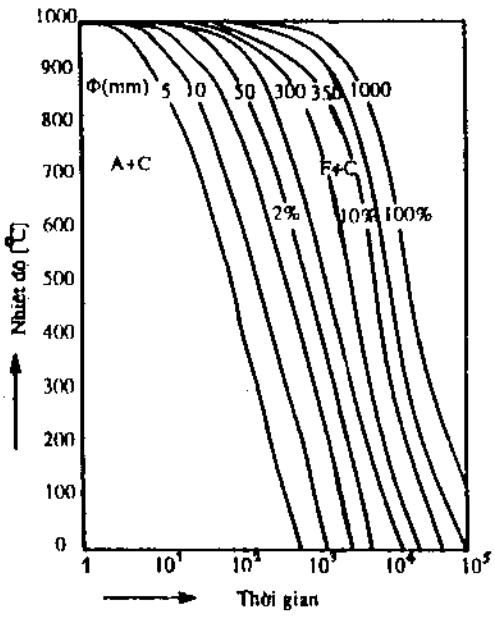
Khả năng hòa tan C trong austenit phụ thuộc vào nhiệt độ austenit hóa. Nhiệt độ chuyển biến mactenxit chủ yếu phụ thuộc vào hàm lượng C trong austenit. Như vậy với một loại vật liệu nhất định sẽ có một nhiệt độ tôi tối ưu. Nếu nhiệt tôi thấp hơn nhiệt độ tôi tối ưu thì lượng cacbit tiết ra sẽ nhiều hơn và tính ổn định austenit sẽ giảm đi. Điều này sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình chuyển biến mactenxit nhưng độ cứng của mactenxit loại này lại thấp vì lượng C hòa tan trong austenit thấp hơn. Nếu nhiệt độ tôi cao hơn nhiệt độ tôi tối ưu thì lượng mactenxit tạo ra trong quá trình tôi ít hơn và trong tổ chức sau khi tôi có austenit dư. Tuy vậy độ cứng của mactenxit này lại cao hơn. Vì vậy, việc tối ưu hóa nhiệt độ tôi, tốc độ nung, thời gian giữ nhiệt và tốc độ làm nguội là những vấn đề liên quan tới kỹ thuật, kinh tế cũng như tình trạng thiết bị hiện có.

Thời gian nung, tôi và nhiệt độ tôi phụ thuộc vào đương lượng C cũng như độ dầy của chi tiết tôi. Đối với gang Cr cao, tốc độ nâng nhiệt không được vượt quá 100°C/h. Cũng vì nhiệt độ tôi của hệ vật liệu gang Cr chịu mài mòn nằm trong khoảng từ 950–1070°C tùy theo thành phần hóa học và tỷ lệ Cr/C. Tỷ lệ giữa austenit dư và martensit sau khi tôi phụ thuộc vào thành phần hóa học của vật liệu, nhiệt độ austenit hóa và tốc độ làm nguội (xem *hình 7.3*). Trong quá trình làm nguội, cacbit thứ cấp được tiết ra từ austenit. Nếu quá trình tiết cacbit kéo dài trong khoảng nhiệt độ Ac_3, Ac_1 thì một phần austenit có thể chuyển thành ferit và tổ chức nền sau khi tôi là mactenxit và ferit.

Tốc độ làm nguội tới hạn của chi tiết chế tạo từ gang Cr phụ thuộc vào tỷ lệ hàm lượng chứa Cr/C và Mo cũng như kích thước (chiều dầy) sản phẩm. Theo đường kính d lớn nhất của sản phẩm, gang Cr cao có thể tôi thấu bằng không khí là :

$$\text{Log d} = 0{,}32 + 0{,}158\ x\%\ \text{Cr}/\%\text{C} + 0{,}358\ x\%\ \text{Mo [mm]}$$

Hình 7.4 làm nguội gang với kích thước khác nhau, tùy theo kích thước có thể tôi thấu bằng không khí. Sau khi tôi và ram ở 200–220°C trong khoảng 2–4h. Gang crom thường nung ở tốc độ 70°C/1h và tôi trong khoảng nhiệt độ 1020 ÷ 1060°C làm nguội trong không khí tĩnh, ram thấp trong 2h.

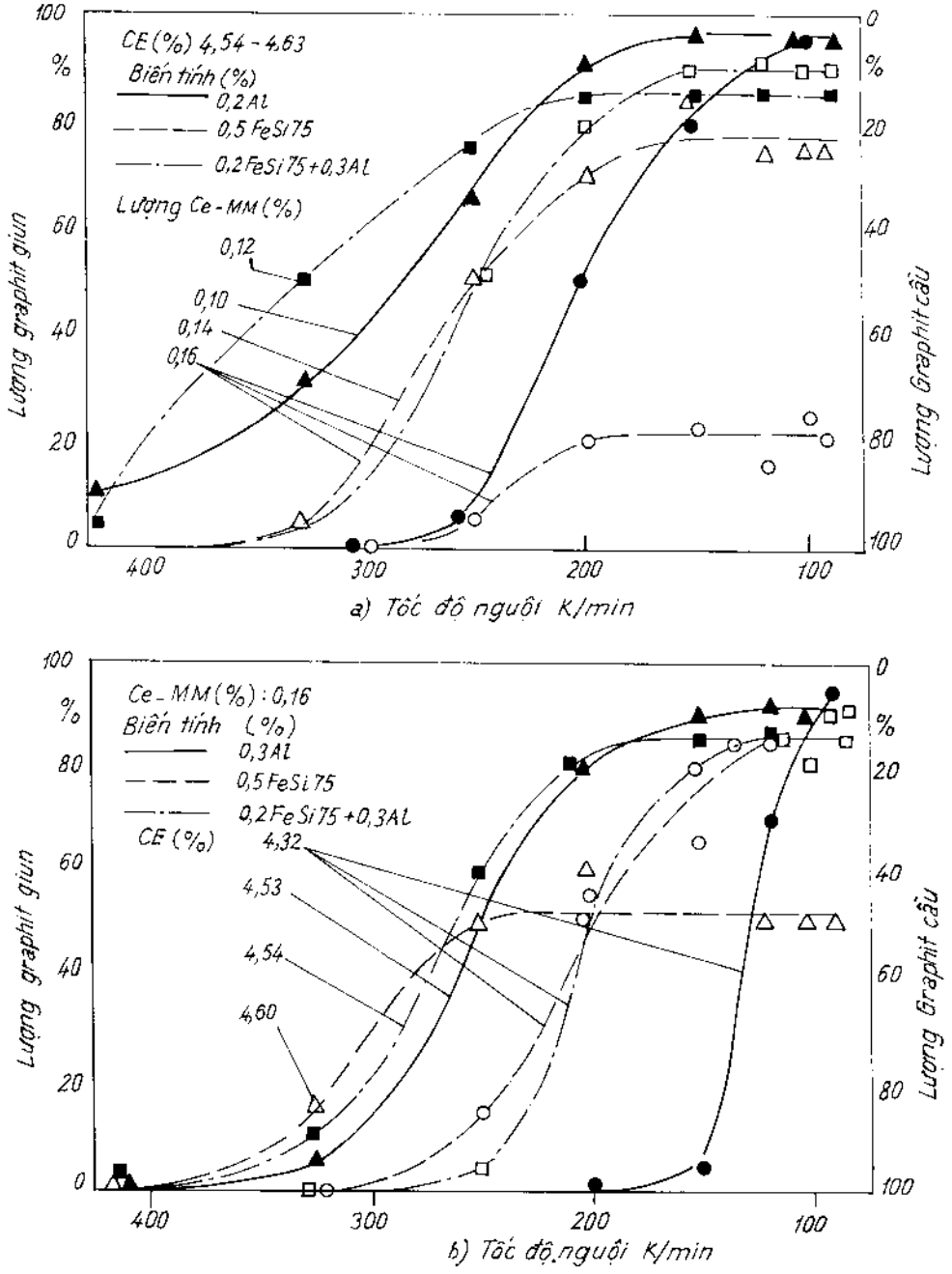


Hình 7.4. Giản đồ làm nguội của gang Cr cao với các kích thước khác nhau

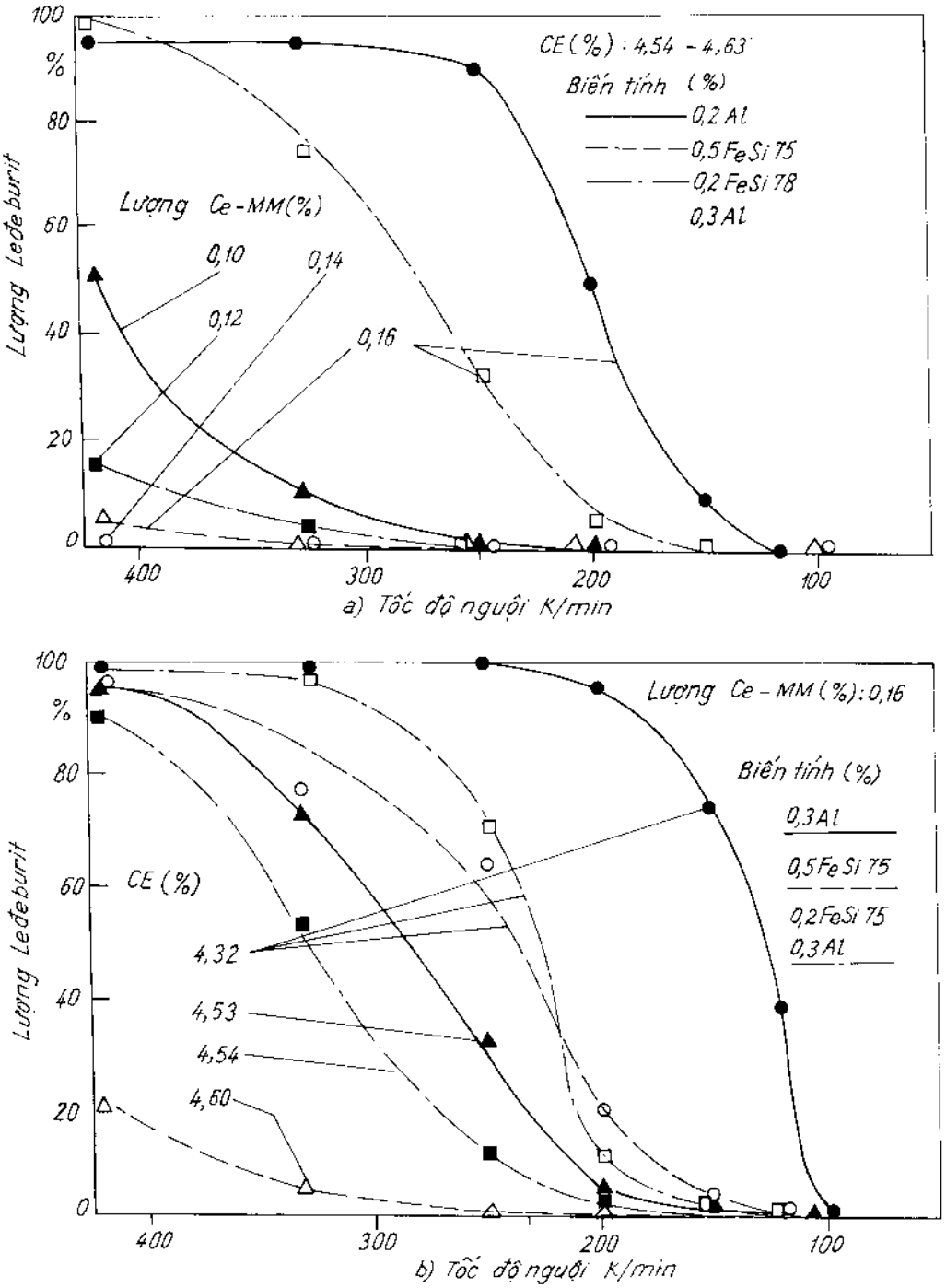
7.2.2. ẢNH HƯỞNG TỐC ĐỘ NGUỘI TỚI SỰ HÌNH THÀNH TỔ CHỨC VÀ TÍNH CHẤT CỦA GANG GIUN

Gang giun có thành phần cacbon đương lượng CE = 4,32–4,6%; S = 0,015–0,018%,

được biến tính ở 1450°C với lượng 0,12–0,16% Ce, sau đó biến tính graphit hóa riêng lẻ bằng Al (0,2–0,3%), FeSi 75 (0,5%) hoặc phối hợp FeSi 75 và Al (0,2 FeSi 75 với 0,3–0,4% Al).

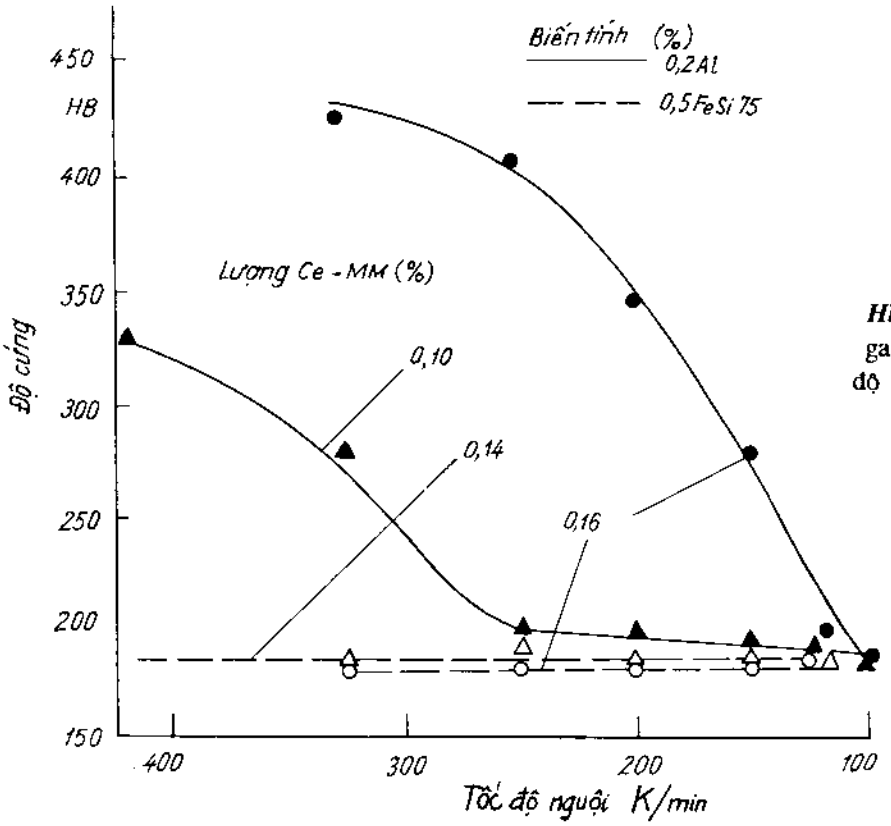


Hình 7.5. Sự hình thành graphit phụ thuộc vào tốc độ nguội, sự biến tính giun hóa và graphit hóa khi % Ce tăng (a) và % CE tăng (b)



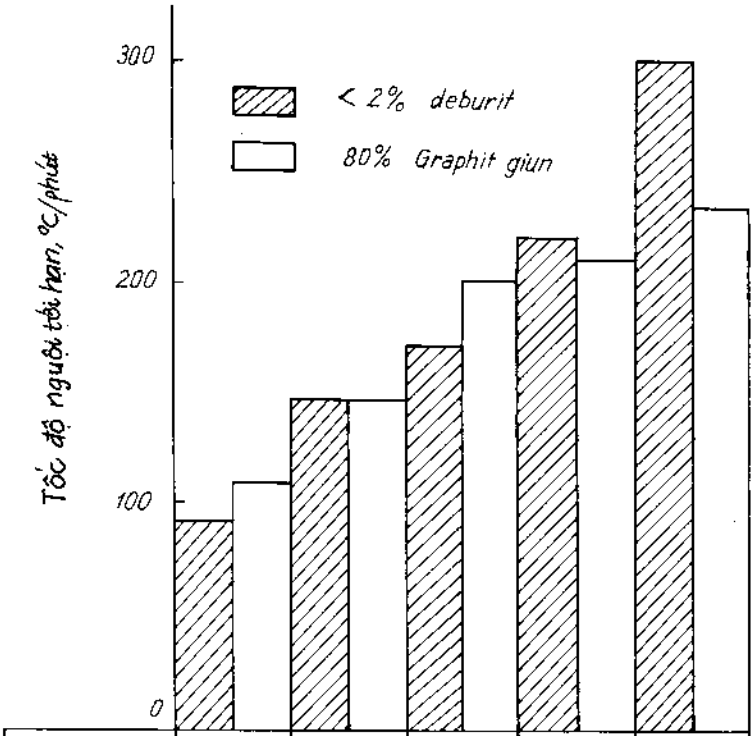
Hình 7.6. Sự hình thành tổ chức nền kim loại phụ thuộc vào tốc độ nguội, sự biến giun hóa và graphit hóa khi % Ce tăng (a) và %C tăng (b)

Độ cứng của gang giun cũng thay đổi theo hướng tương tự, ví dụ như khi tăng tốc độ nguội độ cứng của gang hầu như không đổi với gang chứa CE = 4,6% và biến tính bằng 0,5% FeSi 75 thì khi đó gang chứa CE = 4,32% và biến tính graphit hóa bằng 0,2% Al có độ cứng tăng rất mạnh trong vùng mẫu có tốc độ nguội lớn.



Hình 7.7. Độ cứng của gang phụ thuộc vào tốc độ nguội của mẫu khi % Ce thay đổi

Hình 7.8 cho biết tăng tốc độ nguội giữa 90 ÷ 400°C/ph trong khoảng t = 1180–950°C sẽ làm tăng lượng graphit cầu, peclit và ledeburit. Tăng %C sẽ làm tăng lượng graphit giun và giảm lượng ledeburit. Tăng Ce sẽ gây tác dụng ngược lại. Biến tính graphit hóa lần lượt Al, Al + FeSi 75 ; FeSi 75 sẽ làm giảm lượng graphit giun và lượng ledeburit. Với sự thay đổi các yếu tố đã nêu có thể điều chỉnh được sự tạo ra tổ chức mong muốn ngay cả ở vùng tốc độ nguội cao.



C (%)	4,32	4,32	4,53	4,58	4,60
Lượng Ce-MM (%)	0,16	0,16	0,16	0,12	0,12
Biến tính (%)	0,3 Al	0,5 Fe Si 75	0,3 Al	0,2 Al	0,2 Fe Si 75 0,1 Al

Hình 7.8. Tốc độ nguội của gang giun phụ thuộc vào các yếu tố công nghệ.

Chương 8. NHIỆT LUYỆN HỢP KIM MÀU

8.1. THÀNH PHẦN VÀ KÝ HIỆU HỢP KIM MÀU

Ý nghĩa các ký hiệu kim loại và hợp kim màu của Liên bang Nga

Ký hiệu vật liệu	Ký hiệu nguyên tố hợp kim	Thí dụ
Chữ cái trước ký hiệu	Chữ cái sau ký hiệu	
А - Nhôm Б - Hợp kim bachit Бр - Brông Л - Latông М - Đồng đỏ Су - Angtimoan Ц - Kẽm МЛ - Hợp kim Magie đúc МА - Hợp kim Magie gia công áp lực	А - Nhôm Ж - Sắt К - Silic М - Đồng МЦ - Mangan МГ - Magie Н - Niken О - Thiếc С - Chì Ц - Kẽm Ф - Phopho	Chữ số sau chữ cái của ký hiệu biểu thị thành phần phần trăm trung bình của những nguyên tố chủ yếu. ЛЖМЦ 59−1−1 : Loại latông thau sắt mangan, trong đó có 50% Cu (57−60), 1% Fe (0,6−1,2%), 1% Mn (0,5−0,8%) còn lại là kẽm M_1 - Đồng đỏ số 1 A_c - Nhôm số 0

8.1.1. HỢP KIM NHÔM Al

a) Ký hiệu hợp kim nhôm theo Hoa Kỳ (bảng 8.5)

Khi ký hiệu trạng thái gia công và hóa bền các nước phương Tây dùng các ký hiệu sau :

F - trạng thái phôi thô : O - ủ ; H - hóa bền bằng biến dạng nguội ; H11 ÷ H19 - thuần túy biến dạng nguội ; H22 ÷ H29 - sau biến dạng có ủ hồi phục ; H32 ÷ H39 - sau biến dạng nguội ủ ổn định hóa.

T - tôi và hóa già : T_1 - sau biến dạng nóng tiến hành tôi rồi hóa già tự nhiên ; T_2 - ủ ; T_3 - sau tôi đưa biến dạng nguội rồi hóa già tự nhiên ; T_4 - sau tôi hóa già tự nhiên ; T_5 - sau biến dạng nóng đưa tôi rồi hóa già tự nhiên ; T_6 - sau tôi hóa già nhân tạo ; T_7 - sau tôi tiến hành quá hóa già ; T_8 - sau tôi đưa biến dạng nguội rồi hóa già nhân tạo ; T_9 - sau tôi hóa già nhân tạo rồi biến dạng nguội.

b) Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 1659-75

Chữ đầu bằng Al, tiếp theo là ký hiệu hóa học của các nguyên tố hợp kim cùng chỉ số % của nó. Nếu là hợp kim đúc, sau ký hiệu có chữ Đ là đúc. Ví dụ : $AlCu_4Mg$ có chứa ~ 4% Cu, ~ 1% Mg. Với Al sạch ký hiệu % sau Al, ví dụ Al 99, Al 99,5. Bảng 8.3 đưa ra thành phần hóa học và cơ tính một số hợp kim nhôm theo AA.

8.1.2. HỢP KIM ĐỒNG CU

Theo hệ thống CDA (Copper, Development Association) của Hoa Kỳ, đánh số bằng xxx. Số đầu có nghĩa :

1xx - Đồng đỏ và các hợp kim Cu-Be

2xx - Latông (Cu-Zn) đơn giản

4xx - Latông phức tạp

5xx - Brông thiếc

6xx - Brông nhôm

8xx và 9xx - Hợp kim nhôm đúc.

Để ký hiệu các trạng thái gia công và hóa bền các nước phương Tây dùng các ký hiệu O, H, T như của Al, trạng thái tạo phôi. Ký hiệu là M. Song chữ số tiếp theo có khác. Ví dụ : hóa bền bằng biến dạng nguội có từ H00 (tương đương H11 của Al) đến H04 (~ H18) cho đến H06, H08, H12, H13, H14 (xem bảng 8.4).

Bảng 8.1. **Các tính chất vật lý cơ bản của kim loại màu**

Tính chất	Kim loại					
	Be	Mg	Al	Ti	Ni	Cu
Số thứ tự nguyên tố	5	12	13	22	28	29
Nguyên tử lượng	9,013	24,32	26,981	47,88	58,70	63,54
Khối lượng riêng ở 20°C, g/cm^2	1,8477	1,737	2,698	4,507	8,897	8,94
Nhiệt độ chảy lỏng, °C	1287	650	660,24	1668	1455	1683
Nhiệt độ sôi, °C	2450	1107	2520	3169	2822	2360
Đường kính nguyên tử, nm	0,226	0,320	0,286	0,290	0,248	0,256
Hàm nhiệt chảy lỏng, kJ/kg	1625	357	389,37	358,3	302	205
Hàn nhiệt hóa hơi, kJ/kg	24395	5498	10885	9790	6376	6340
Nhiệt dung riêng ở 20°C, J/kg.K)	1826	1047,6	961,7	521	450	385
Độ dẫn nhiệt ở 20°C, W/(m.K)	2930	167	221,5	21,9	88,5	387

Tiếp bảng 8.1

Hệ số dãn nở nhiệt ở 25°C, $10^6.K^{-1}$	12	26	23,3	9,2	13,5	16,8
Điện trở suất ở 20°C, $\mu\Omega$.m	0,04	0,045	0,02767	0,58	0,0684	0,0172
Modun đàn hồi E, GP_a	311,4	44,1	70,6	103	203	125
Modun trượt, GPa	140	17,854	27	39,2	73	46,4

***Bảng 8.2.* Các nguyên tố hợp kim thường gặp trong nhôm**

Kim loại	Số thứ tự trong bảng tuần hoàn Mendeleev	Nhiệt độ nóng chảy	Dạng giản đồ pha từ phía nhôm	Độ hòa tan cực đại (theo khối lượng)
1	2	3	4	5
Liti	3	179	Cùng tinh có HCHH*	6,77
Berili	4	1264	Cùng tinh không có HCHH	0,05
Bor	5	2300	Cùng tinh có HCHH	0,05
Natri	11	97,7	Đơn tinh không có HCHH	0,002
Magie	12	651	Cùng tinh có HCHH	17,40
Silic	14	1440	Cùng tinh không có HCHH	1,65
Titan	22	1665	Bao tinh có HCHH	0,28
Vanadi	23	1900	-nt-	0,37
Crom	24	1875	-nt-	0,72
Mangan	25	1248	Cùng tinh có HCHH	1,40
Sắt	26	1535	Cùng tinh có HCHH	1,40
Niken	28	1455	Cùng tinh có HCHH	0,05
Đồng	29	1083	Cùng tinh có HCHH	5,65
Kẽm	30	419,5	Cùng tinh không có HCHH	85,2
Ziriconi	40	1852	Bao tinh có HCHH	0,28
Molipden	42	2625	Bao tinh có HCHH	0,20
Bạc	47	960,5	Cùng tinh có HCHH	55,6
Cađimi	48	320,9	Đơn tinh không có HCHH	0,45
Thiếc	50	321,9	Cùng tinh không có HCHH	0,02
Stibi	51	503,5	Cùng tinh có HCHH	0,1
Xeri	58	804	Cùng tinh có HCHH	0,05
Chì	82	327,4	Đơn tinh có HCHH	0,2
Bismut	83	271	Đơn tinh không có HCHH	0,2

* HCHH – hợp chất hóa học.

Bảng 8.3. **Thành phần hóa học (%) và cơ tính của các hợp kim nhôm theo AA**

Số hiệu	Thành phần	Trạng thái	$\sigma_{0,2}$, MPa	σ_b MPa	δ, %	σ_{-1}, MPa	Tương đương với ГОСТ
Biến dạng không hóa bền được bằng nhiệt luyện							
1100	Al≥99,0 (Fc+Si) < 1	O	55	80	35	30	АО
		H14	90	130	9	50	
		H18	130	150	6	60	
3003	1,2%Mn-0,12Cu	O	40	110	30	45	АМ
		H14	175	155	8	62	
		H18	185	200	4	70	
5052	2,5Mg-0,25Cr	O	90	190	25	110	АМ 2
		H14	210	265	10	120	
		H18	255	280	7	135	
Biến dạng hóa bền được bằng nhiệt luyện							
2014	4,4Cu-0,5Mg-0,8Mn-0,8Si	O	100	200	20	90	1
		T4	290	420	18	140	
		T6	430	480	12	125	
6064	1,0Mg-0,6Si-0,2Cr-0,3Cu	O	55	125	25	50	АВ
		T4	150	245	22	90	
		T6	275	410	17	100	
7075	5,67Zn-2,5Mg-1,6Cu	O	105	230	17	-	В95
		T6	500	570	11	160	
Đúc							
390,0	17Si-4,4Cu-0,6Mg,kh.cát ly tâm	T6	270	280	< 0,5	-	
		T6	290	200	< 0,5	-	
295,0	4,5Cu-1,0Si,kh.cát	T6	165	250	5	-	А7
356,0	7Si-0,3Mg,kh.cát	T6	160	230	1,5	-	А9

Bảng 8.4. **Thành phần hóa học (%) và cơ tính của một số hợp kim đồng theo CDA**

Số hiệu	Thành phần	Trạng thái	σ_{dh}, MPa	σ_b MPa	δ, %	E GPa	Tương ứng với ГОСТ
Biến dạng							
110	Cu > 99,9	O	70	220	45	118	
		H	315	350	6	-	
172	1,9Be-0,2Co	O	210	500	48	119	БРБ2
		T	1260	1420	2	-	
260	30Zn	O	120	355	62	108	Л70
		H	440	530	3	-	

Tiếp bảng 8.4

Biến dạng							
510	5Sn-0,2P	O	131	324	64	-	Бр.ОФ5-1
619	7Al-2Fe	O	280	560	42	126	Бр.А 7-2
		H	370	610	35	-	
715	30Ni	O	275	420	45	154	
		H	525	600	4	-	
Đúc							
836 863	5Sn−5Zn−51Pb 36Zn−3Fe−3Al−4Mn	M	120	255	30	-	Бр.О С5-5-5

Bảng 8.5.* Ký hiệu hợp kim nhôm theo AA

TT	Hợp kim nhôm biến dạng	TT	Hợp kim nhôm đúc
1	1xxx : nhôm sạch (Al ≥ 99%)	1	1xxx : nhôm lanh gô sạch
2	2xxx : Al−Cu, Al−Cu−Mg	2	2xxx : Al−Cu
3	3xxx : Al−Mn	3	3xxx : Al−Si−Mg, Al−Si−Cu
4	4xxx : Al−Si	4	4xxx : Al−Si
5	5xxx : Al−Mg	5	5xxx : Al−Mg
6	6xxx : Al−Mg−Si	6	6xxx : Không có
7	7xxx : Al−Zn−Mg ; Al−Zn−Mg−Cu	7	7xxx : Al−Zn
8	8xxx : Al với các nguyên tố khác	8	8xxx : Al−Sn
	xxx : 3 số này được tra theo bảng tiêu chuẩn		Ý nghĩa 3 số xxx tra theo tiêu chuẩn

*) Theo tiêu chuẩn của Hội nhôm (Aluminium−Association) viết tắt là AA.

Bảng 8.6. **Ký hiệu một số hợp kim nhôm biến dạng ở một số nước khác nhau(*)**

Liên bang Nga		Ý	Mỹ	Canada	Pháp	Tây Đức	Anh	Thụy Sĩ	Thụy Điển	Bỉ
Cũ	Mới									
AO	1009	P.A199,0	100	990	A4	A199	1C	A199,0	Al 99	Al 99
A5	1059	P.Al P.99,5	1050	995	A5	A199,5	1B	VSM10845	Al 99,5	Al 99,5
A7	1079	P.Al P.99,7	1070	9970	-	A199,7	2L48	A119,8	Al 99,7	-
A8	1089	P.Al P.99,8	1080	9980	A8	A199,8	1A	A119,8	-	Al 99-8
A99	1099	P.AR99,9	1099	9999	A99	A199,98	1	HU199,99	-	Al 99-9
АМЦ	1400	P.AlMn 1,2	3003	MC10	AM1	AlMn	N3	Al-Mn	Al-Mn	Al-Mn
АМГ2	1520	P.AlMg 2,5	5052	GR20	AG3	AlMg3	N4	-	Al-Mg	Al-Mg 3
АМГ3	1530	P.AlMg 3,5	5054	GR40	-	-	N5	Al-3Mg	Al-Mg 3,5	-
АМГ4	1540	P.AlMg 4,4	5083	GM41	AG-41	-	N8	Al-4Mg	-	Al-Mg 4
АМГ5	1550	P.AlMg 5	5056	GM50R	AG5	AlMn5	N6	Al-5Mg	Al-Mg 5	Al-Mg 5
АД33	1330	P.AlSiO.4Mg	6063	GS10	A-GS	E.AlMgSi	H9	Al Mg Si	Al Mg Si	AlMg1Si1
АД35	1350	P.AG5C	6051	SG11R	-	AlMgSi	H30	Al Si Mg	Al Si Mg	Al Si Mg
АК8	1380	P.AlCu 4,4	2014	CS41N	A.U4SG	-	H	Al4Cu1Mg	AlCuMgSi	AlCu4MgSi
Д16	1160	P.AlCu4.4MgMn	2024	CG42	AU4G1	AlCuMg	H15	-		AlCu4Mg1

(*) Metallurgy of aluminium alloys, Marc Valancker.

Các hợp kim AMn và AMr được sử dụng làm các chi tiết chịu vuốt sâu, hàn và cán tính chống ăn mòn cao (các ống dẫn xăng dầu và các thùng chứa qua hàn).

Bảng 8.7. **Thành phần hóa học và các tính chất cơ học của hợp kim nhôm biến dạng (ГОСТ 4784-74)**

Hợp kim	Thành phần các nguyên tố (còn lại là nhôm), %				Dạng bán thành phẩm	Cơ tính				
	Cu	Mg	Mn	Nt khác		σ_B	$\sigma_{0,2}$	σ_{-1}	δ, %	HB, MPa
						MPa				
AMn**	-	-	1÷1,6	-	Tấm	130	50	55	20	300
AMr**	-	1,8÷2,6	0,2÷0,6	-	Tấm	190	100	125	23	450
AMr6**	-	5,8÷6,8	0,5÷0,8	0,02÷0,1 Ti, 0,002÷ 0,0015Be	Tấm	340	170	-	20	700
Дr***	3,8÷4,8	0,4÷0,8	0,4÷0,8	-	Tấm	400	240	105	20	950
					Thanh ép	480	320	125	14	-
Д16***	3,8÷4,9	1,2÷1,8	0,3÷0,9	-	Tấm	440	330	115	18	1050
					Thanh ép	530	400	140	11	-
Д18***	2,2÷3	0,2÷0,5	-		Dây	300	170	95	24	700
B95****	1,4÷2	1,8÷2,8	0,2÷0,6	0,01÷0,2 5 Cr 5÷7 Zn	Tấm	540	470	150	10	1500
					Thanh ép	600	560	150	8	1500
AK6****	1,8÷2,6	0,4÷0,8	0,4÷0,8	0,7÷1,2Si	Vật rèn	400	299	125	12	1000
AK8****	1,9÷4,8	0,4÷0,8	0,4÷1	0,6÷1,2Si	Vật rèn	480	380	130	9	1350

* σ_1 xác định trên cơ sở 5.10^8 chu kỳ.

** Cơ tính sau khi ủ.

*** Cơ tính sau khi tôi và hóa già tự nhiên.

**** Cơ tính sau khi tôi và hóa già nhân tạo.

Bảng 8.8. **Thành phần hóa học (ГОСТ 2685-75) và cơ tính của hợp kim nhôm đúc**

Hợp kim	Hàm lượng các nguyên tố (còn lại là Al), %					Cơ tính				Chú thích
						σ_B	$\sigma_{0,2}$	δ, %	HB, MPa	
	Si	Mg	Cu	Mn	NT khác	MPa				
АЛ2	10-13	-	-	-	-	130	20	2	500	Đúc khuôn cát
						180	80	6	500	nt + biến tính
АЛ4	8-10,5	0,17-0,3	-	0,2-0,5	-	260	200	4	750	Đúc khuôn cát, biến tính
АЛ9	6-8	0,2-0,4	-	-	-	220	120	2	500	Đúc áp lực
						220	160	3	750	Đúc khuôn cát (kim loại), tôi và hóa già
АЛ32	7,5-8,5	0,3-0,5	1-1,15	0,3-0,5	0,1-0,3Ti	270	160	3	800	Đúc áp lực
АЛ7	-	-	4-5	-	-	260	200	3	700	Tôi và hóa già
АЛ9	-	-	4,5-5,3	0,6-1 -	0,15-3,5Ti	360	250	3	1000	-nt-
АЛ8	-	9,5-11,5	- -	- -	-	320	-	12	-	Tôi
АЛ27	-	9,5-11,5	- -	- -	0,05-1,5T 0,05-0,2Zr 0,05-1,5Be	360	180	18	990	Tôi

Bảng 8.9. **Thành phần và ký hiệu hợp kim nhôm kỹ thuật dạng thỏi**

Ký hiệu	Thành phần hóa học							Ký hiệu màu	Ghi chú
	Al	Tạp chất, %							
		Fe	Si	Cu	Si	Ti	Tổng cộng		
A 999	99,999	-	-	-	-	-	0,001		Nhôm có độ sạch đặc biệt
A995	99,995	0,0015	0,0015	0,001	0,001	0,001	0,005	Một dải xanh dọc và một dải xanh ngang	Nhôm có độ sạch cao
A99	99,99	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,001	Hai dải xanh dọc và một dải xanh ngang	Nhôm có độ sạch cao
A97	99,97	0,015	0,015	0,005	0,004	0,002	0,003	Ba dải xanh dọc và một dải xanh ngang	Nhôm có độ sạch cao
A95	99,95	0,030	0,030	0,010	0,005	0,002	0,05	Bốn dải xanh dọc và một dải xanh ngang	Nhôm có độ sạch cao
A85	99,85	0,08	0,06	0,01	0,02	0,01	0,15	Một vạch xanh thẫm	Nhóm sạch kỹ thuật
A8	99,80	0,12	0,10	0,01	0,04	0,02	0,20	Hai vạch xanh thẫm	Nhóm sạch kỹ thuật
A7	99,70	0,16	0,16	0,01	0,05	0,02	0,20	Một vạch trắng	Nhóm sạch kỹ thuật
A6	99,60	0,25	0,20	0,01	0,06	0,03	0,40	Hai vạch trắng	Nhóm sạch kỹ thuật
A5	99,50	0,30	0,30	0,02	0,06	0,03	0,50	Một vạch đỏ	Nhóm sạch kỹ thuật
A0	99,00	0,50	0,50	0,02	0,08	0,03	1,0	Hai vạch đỏ	Nhóm sạch kỹ thuật
A	99,00	0,80	0,50	0,03	0,08	0,03	1,00	Hai vạch vàng	Nhóm sạch kỹ thuật
AE	99,50	0,35	0,12	0,02	0,05	0,01	0,50	Một vạch vàng	Nhóm sạch kỹ thuật

Bảng 8.10. **Thành phần và tính chất của các hợp kim Al-Mn**

Ký hiệu hợp kim	Thành phần hóa học			Cơ tính			
	Mn	Fe : Si	Mg	σ_b, MPa	$\sigma_{0,2}$, MPa	δ, %	HB, MPa
АМцМ	1,0-1,6	0,7 : 0,6	-	130	50	23	100
АМцП	-	÷	-	160	130	30	400
АМц2	0,9-1,4	0,7 : 0,7	0,8-1,4				

Bảng 8.11. **Thành phần hóa học của một số hợp kim hệ Al-Mg**

Hợp kim	Thành phần		Tạp chất			
	Mg	Mn	Fe	Si	Cu	Zn
$АМ_г1$	0,5-1,8		0,05	0,05	0,01	-
$АМ_г2$	1,8-2,8	0,2-0,6	0,4	0,4	0,1	
$АМ_г3$	3,2-3,8	0,3-0,6	0,5		0,05	0,2
$АМ_г5$	4,8-5,5	0,3-0,6	0,5	-	0,05	0,2
$АМ_г6$	5,8-6,8	0,5-0,8	0,4	0,4	0,01	0,2

Bảng 8.12. **Thành phần hóa học các đura**

Ký hiệu hợp kim	Thành phần hóa học				
	Cu	Mg	Mn	Ti	Zr
Д1	4,3	0,6	0,6	-	-
Д16	34,3	1,5	0,6	-	-
Д19	4,0	2,0	0,75	0,1	-
ВАД1	4,1	2,5	0,6	0,06	0,15(0,38)
ВД17	3,0	2,2	0,55	-	-
Д18	2,6	0,35	0,10	-	-
В65	4,2	0,25	0,40	-	-

Bảng 8.13. **Nhiệt độ tôi của mol số đura**

Hợp kim	Nhiệt độ tôi, °C	Giới hạn trên, °C	Giới hạn dưới, °C
Д1	505	510	500
Д16	500	505	495
Д19	505	510	500
ВАД1	505	508	503
ВД17	500	505	495
Д18	500	505	495
В65	525	530	515

Bảng 8.14. **Tổ chức các đura ở trạng thái cân bằng và không cân bằng**

Hợp kim	Pha	Thành phần	Tổ chức
		Trạng thái cân bằng	Trạng thái đúc
В65	$\alpha + 0$	$\alpha_1 + \theta_2$	$\alpha_1 + (\alpha+\theta) + \theta_2$
Д1	$\alpha + 0 + S$	$\alpha_1 + \theta_2 + S_2$	$\alpha_1 + (\alpha+\theta) + (\alpha+\theta+S) + \theta_2+S_2$
Д16	$\alpha + 0 + S$	$\alpha_1 + (\alpha+S) + \theta_2 + S_2$	$\alpha_1 + (\alpha+S) + (\alpha+\theta+S) + \theta_2+S_2$
Д19	$\alpha + S$	$\alpha_1 + (\alpha+S) + S$	$\alpha_1 + (\alpha+S) + (\alpha+\theta+S) + S_2$

θ_2, S_2 : pha tiết ra từ dung dịch rắn khi kết tinh ; ( ) : ký hiệu cùng tinh.

Bảng 8.15. **Chế độ hóa già một số đura**

Hợp kim	Thời gian hóa già tự nhiên không nhỏ hơn, h	Chế độ hóa già nhân tạo	
		Nhiệt độ, °C	Thời gian, h
Д1	96	-	-
Д18	96	-	-
Д16	96	189-195	6-13
Д19	140	185-195	12-14
В65	-	70-80	24
ВД17	-	165-175	16

Bảng 8.16. **Thành phần hóa học của các hợp kim nhôm biến dạng**

Hợp kim	Thành phần, %				Hợp kim	Thành phần, %			
	Mg	Si	Cu	Mn		Mg	Si	Cu	Mn
AB	0,7	0,9	0,4	0,25	AK8	0,6	0,9	4,3	0,7
AK6	0,65	0,9	2,2	0,6	Д1	0,6	Tap	4,3	0,6

Bảng 8.17. **Chế độ nhiệt luyện AK6 và AK8**

Hợp kim	Tôi		Hóa già	
	Nhiệt độ tôi, °C	Môi trường nguội	Nhiệt độ hóa già, °C	Thời gian hóa già, h
AK6	505	nước	150 ÷ 165	6 ÷ 15
AK8	505	nước	150 ÷ 165	6 ÷ 15

Bảng 8.18. **Thành phần hóa học một số hợp kim hệ Al-Zn-Mg-Cu**

Hợp kim	Thành phần, %						
	Zn	Mg	Cu	Mn	Cr	Zr	Fe
B95	6	2,3	1,7	0,4	0,18	-	
B96ц	8,5	2,7	2,3	-	-	0,15	
B94	6,3	1,6	2,4	-	-	0,05Ti	
B93	7,0	1,9	1,0	-	-	-	0,3

Bảng 8.19. **Thành phần hóa học của một số hợp kim hệ Al-Cu-Mn**

Hợp kim	Thành phần hóa học, %				
	Cu	Mn	Ti	Zr	V
Д20	6,5	0,6	0,15	-	-
1201	6,3	0,3	0,06	0,17	0,1

8.2. NHIỆT LUYỆN HỢP KIM MÀU

Bảng 8.20. **Các dạng nhiệt luyện**

Tên gọi thao tác	Diễn giải thao tác	Mục đích và ứng dụng
1. Ủ kết tinh lại	Nhiệt độ nung phụ thuộc vào mức độ biến dạng khi gia công áp lực và yêu cầu tính năng khác nhau sau khi nhiệt luyện. Tốc độ nung và làm nguội không có ảnh hưởng gì.	Dùng cho thao tác sau khi gia công bằng áp lực, để khử ứng suất, biến đổi tổ chức từ dạng sợi kết tinh lại thành hạt đồng trục hoặc thành hạt thô hơn.
2. Ủ kết tinh lại có chuyển biến pha	Nung trên nhiệt độ chuyển biến pha 30 - 50^{o}C, nguội cùng lò đến lúc nhận được tổ chức mềm, hạt thô ; nguội trong không khí sẽ nhận được tổ chức nhỏ mịn.	Dùng cho các vật đúc có chuyển biến pha ở thể rắn, để khử tổ chức quá thô của vật đúc, làm cho thành phần hóa học đồng đều và có tổ chức ổn định hơn.
3. Tôi	Nung trên nhiệt độ chuyển biến pha 20-50^{o}C, giữ nhiệt, nguội nhanh trong nước.	Dùng cho các chi tiết kim loại có chuyển biến pha ở thể rắn, để nhận được dung dịch đặc quá bão hòa. Dựa vào tính chất của hợp kim, sau khi tôi có thể làm tăng hoặc làm giảm độ bền và độ cứng của chi tiết.
4. Hóa già biến cứng (tức là ram thấp)	Nung hợp kim đã tôi đến nhiệt độ thích hợp rồi tiến hành ram thấp, để làm tăng độ cứng tốc độ tiết ra pha mới của dung dịch đặc quá bão hòa sau khi tôi.	Làm ổn định tổ chức sau khi tôi, làm tăng cơ tính kim loại dùng cho nhiều chi tiết có khả năng làm thay đổi nhiều tính năng khi nhiệt luyện, như những chi tiết làm bằng hợp kim nhôm, manhê.

Bảng 8.21. **Qui trình nhiệt luyện và cơ tính của hợp kim nhôm gia công bằng áp lực**

Số hiệu hợp kim	Ủ		Tôi		Hóa già		Cơ tính		
	Nhiệt độ nung, ^{o}C	Môi trường nguội	Nhiệt độ nung, ^{o}C	Môi trường nguội	Nhiệt độ nung, ^{o}C	Thời gian giữ nhiệt	Giới hạn bền, MPa	Độ dãn dài, %	Độ cứng HB, MPa
АМЦ	350-410	không khí	không thích hợp				150	20	300
АМЦ	350-410	hoặc nước	không thích hợp				200	23	450
АМГ5п	310-370	không khí	không thích hợp				270	23	790

Tiếp bảng 8.21

Д1	340-370	không khí	-	-	-	-	210	18	450
	-	-	490-510	mước	15-20	4 ngày	420	18	1000
Д6	340-370	không khí	-	-	-	-	220	15	500
	-	-	495-503	nước	15-20	4 ngày	460	15	1000
Д16	340-370	không khí	-	-	-	-	210	18	420
	-	-	490-500	nước	15-20	4 ngày	470	17	1050
Д3Н	340-370	không khí		-	-	-	170	20	450
	-	-	490-500	nước	15-20	4 ngày	340	20	800
Д18Н	340-370	không khí	-	-	-	-	160	24	380
	-	-	490-505	nước	15-20	4 ngày	300	24	700
АВ	340-370	không khí	-	-	-	-	130	24	300
	-	-	515-525	nước	150-160	6 giờ	330	12	950
АК	Không nhiệt luyện								
АК2	350-460	Không khí	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	510-520	mước	165-175	15-18 giờ	420	13	1000
АК4	350-460	Không khí	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	510-520	nước	165-175	15-18 giờ	410	10	1100
АК6	350-460	Không khí	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	500-510	nước	150-160	12-15 giờ	420	10	1050
АК8	350-460	Không khí	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	500-510	nước	175-185	5-8 giờ	490	13	1300
В95	420-440	Cùng lò	460-480	-	-	-	260	13	-
	-	-	-	nước	120-125	24 giờ	600	12	1500

***Bảng 8.22.* Xác định thời gian nung để tôi hợp kim nhôm gia công bằng áp lực (phút)**

Thiết bị nung	Chiều dày hoặc đường kính chi tiết, mm									
	Nhỏ hơn 0,8	0,8-5,0	2,5-5,0	5-12	12-20	20-50	60	78	80	90
Bể muối diêm tiêu	8	10	12	15	30	40-60	60	70	80	90
Lò buồng điện	12	20-30	40	80	90	110	130	130	180	180

Chú thích : 1. Thời gian kéo dài tính từ sau khi nhiệt độ chi tiết trong lò đạt đến nhiệt độ qui định.
2. Thời gian tính theo chiều dày lớn nhất của chi tiết.
3. Thời gian quá dài sẽ làm giảm tính dàn hồi của lớp hợp kim bề mặt.

Bảng 8.23. **Các dạng nhiệt luyện, mục đích và công dụng nhiệt luyện hợp kim nhôm đúc**

Thao tác nhiệt luyện	Mục đích và công dụng
1. Hóa già dưới 200°C	Dùng cho các chi tiết tải trọng không lớn, khi đúc nguội nhanh.
2. Ủ thấp dưới 300°C	Khử ứng suất và ổn định kích thước chi tiết
3. Tôi	Làm tăng độ dẻo
4. Tôi và hóa già không hoàn toàn	Làm tăng độ bền và giới hạn chảy
5. Tôi và hóa già hoàn toàn đạt đến độ cứng cao nhất.	Đạt được độ bền và giới hạn chảy cao nhất.
6. Tôi và ram ổn định hóa ở nhiệt độ trên 200°C	Dùng cho những chi tiết làm việc ở nhiệt độ tương đối cao.
7. Tôi và ram hóa mềm cao hơn 300°C	Dùng cho hợp kim có lượng chứa magie tương đối cao và cần làm tăng tính dẻo.

Bảng 8.24. **Chế độ nhiệt luyện hợp kim Д20 và 1201**

Hợp kim	Tôi, °C	Hóa già		Cơ tính			K_{1C}, MPa.m$^{1/2}$
		t^o, °C	τ, h	σ_b, MPa	$\sigma_{0,2}$, MPa	δ, %	
Д20* và 1201**	535±5	170÷180	12÷18	400÷410	300	11÷13	31,5
		200÷220	12	430	300	11÷13	31,5

*Д20 có % hóa học : 6,5 Cu ; 0,6 Mn ; 0,15 Ti

** 1291 có % hóa học : 6,3 Cu ; 0,3 Mn ; 0,06 Ti ; 0,17 Zr; 0,1 V.

Bảng 8.25. **Thành phần hóa học của một số hợp kim hệ Al–Cu–Li và Al–Mg–Li**

Hợp kim	Hàm lượng các nguyên tố			
	Cu	Mg	Li	Các nguyên tố khác
ВАД23	5,3	–	1,2	0,6%Mn+0,75%Cd + 0,12%Zr
1420	–	5,5	2,1	

Bảng 8.26. **Thành phần hóa học của một số silumin**

Hợp kim	Hàm lượng, %						Tạp chất, % Fe không lớn hơn	
	Si	Mg	Cu	Mn	Ni	khác	đúc khuôn cát	đúc áp lực
АК12 (АЛ2)	11,5						0,7	1,5
АК9Ч (АЛ4)	9,25	0,24		0,35			0,6	1,0

Tiếp bảng 8.26

Hợp kim	Hàm lượng, %						Tạp chất, % Fe không lớn hơn	
	Si	Mg	Cu	Mn	Ni	khác	đúc khuôn cát	đúc áp lực
АК7Ч (АЛ9)	7,0	0,3		-			0,6	1,5
АК5М (АЛ5)	5,0	0,47	1,25	–			0,6	1,5
АК8Л (АЛ34)	7,5	0,45	–	–		0,2Ti, 0,27Be	0,6	–
АК12М2МгН (АЛ25)	11,5	1,05	2,25	0,45	1,05	0,2Ti	1,1	–

***Bảng 8.27.* Cơ tính của một số silumin**

Hợp kim	Phương pháp đúc và nhiệt luyện	σ_b, MPa	$\sigma_{0,2}$, MPa	δ, %	σ_{-1}, MPa
АК12(АЛ2)	Đúc khuôn cát, sau khi biến tính	280	80	7	42
АК9Ч(АЛ4)	Đúc khuôn cát, sau khi biến tính, tôi và hóa già nhân tạo	260	200	4	
АК7Ч(АЛ9)	Đúc khuôn cát, tôi và hóa già nhân tạo	200	110	6	40
АК5М(АЛ5)	Đúc khuôn cát, tôi và hóa già nhân tạo	220	180	1	
АК8Л(АЛ34)	Đúc khuôn cát, tôi và hóa già nhân tạo	330	280	3	
АК12М2МгН (АЛ25)	Đúc khuôn kim loại, hóa già không tôi	200			
АК21М2,5Н2,5	Đúc khuôn kim loại, ủ	170			

Bảng 8.28. **Thành phần hóa học và cơ tính của hợp kim nhôm đúc**

Hệ hợp kim	Số hiệu	Thành phần hóa học, %					Cơ tính		
		Si	Cu	Mg	Zn	Các chất khác	σ_{bk} 10^7 N/m^2	δ, %	HB
Al-Si	АЛ2	10-13	-	-	-	-	15-126	4-2	50
Al-Si-Cu	АЛ6	4,5-6,0	2,0-3,0				(15)	(1)	(15)
Al-Si-Mg	АЛ9	6-8	-	0,2-0,4	-	-	16	2	50
	АЛ1	8-10,5	-	0,17-0,30	-	Mn=0,25-0,5	(18-21)	(1-2)	(50-60)
							15	2	50
							(20-21)	(1,5-3)	(70)
Al-Si-Cu-Mg	АЛ5	4,5-5,5	1,0-1,5	0,35-0,6	-		16-20	(1)	(65-70)
							12-16	0,5	65
	АЛ3	4-6	1,5-3,5	0,2-0,8	-	Mn=0,2-0,8	(12-21)	(1-2)	(66-75)
							12-16	-	80
	АЛ10	4-6	5-8	0,2-0,5	-		(13-20)	-	(80-100)
Al-Cu	АЛ7	-	4-5	-	-	-	(20-23)	(6-3)	(60-70)
	АЛ12	-	9-11	-	-	-	(17)	-	(100)
Al-Cu-Mg	АЛ1	-	3,75-4,5	1,25-1,75	-	Ni=1,75-2,25	(20)	(0,5)	(95)
Al-Mg	АЛ8	-	-	9,5-11,5	-	-	(28)	(9)	(60)
Al-Mg-Si	АЛ13	0,8-1,3	-	4,5-5,5	-	Mn=0,1-0,4	15	1	55
Al-Zn-Si	АЛ11	6-8	-	0,4-0,3	10-14	-	20-25	2-1,5	80-90

Chú thích : Trong phần cơ tính, con số đầu đo được đúc bằng khuôn cát ; con số sau gạch ngang ngắn đo được khi đúc bằng khuôn kim loại hoặc đúc ép ; con số trong ngoặc đơn biểu thị cơ tính sau khi nhiệt luyện.

Bảng 8.29. **Nhiệt độ ủ của nhôm (^{o}C)**

Chiều dày hoặc đường kính, mm	Nhôm tấm				Nhôm dải				Nhôm thỏi nhỏ				Dây nhôm				
	>10	5-10	1-5	<1	>5	1-5	0,5-1	<1	>50	30~50	15~30	<15	>10	5-10	1-5	0,5-1	<0,5
Nhiệt độ ủ, ^{o}C	450	420	400	400	400	400	400	400	450	450	430-450	430-450	430-450	420	430	400	420

Bảng 8.30. **Phương pháp nhiệt luyện hợp kim nhôm silic**

Số hiệu	Tôi			Hóa già[1]	
	Nhiệt độ, ^{o}C	Thời gian giữ nhiệt, h	Nhiệt độ nước làm nguội, ^{o}C	Nhiệt độ, ^{o}C	Thời gian giữ nhiệt, h
AJI4	535^{+5}_{-10}	4-6	20-80	175 ± 5	10
AJI5	525^{+5}_{-10}	6-8	90	180 ± 5	5
AJI9	525^{+5}_{-10}	4-6	nước sôi	180±5 hoặc 230±5	5

[1] Môi trường nguội-không khí

Bảng 8.31. **Phương pháp ủ đura $Д_1$ (nhôm cứng)**

Chiều dày hoặc đường kính, mm	Đura tấm				Đura dải				Thỏi đura nhỏ				Dây đura		
	>10	5-10	1-5	<1,0	>5	1-5	0,5-3,0	<1	>50	30-50	15-30	<15	>10	5-10	1-5
Nhiệt độ ủ, ^{o}C	-	380-400	380	360	380	370	370	370	400	400	380-400	380	380	380	360-380

Bảng 8.32. **Thành phần cơ tính một số hợp kim nhôm đúc hệ Al-Cu**

Hợp kim	Hàm lượng, %						Tạp chất, %		Cơ tính đúc khuôn cát ở 20°C*	
	Cu	Mn	Ti	Zr	Cd	khác	Fe	Si	σ_b, MPa	σ, %
АЛ7	4,0÷5,0						≤1,0	≤1,2	240	
АМ5 (АЛ19)	4,5÷5,3	0,6÷1,0	0,15÷0,35	-	-	-	≤0,2	≤0,3	350	4
АМ4,5КД (ВАЛ10)	4,5÷5,1	0,35÷0,8	0,15÷0,35	-	0,07÷0,25	-	≤0,15	≤0,20	-	6
ВАЛ14	4,5÷5,0	0,5÷0,9	0,15÷0,35	0,05÷0,25	0,04÷0,12	-	≤0,15	≤0,20		7
АЛ33	5,5÷6,2	0,6÷1,0	-	0,05÷0,20	-	0,8-1,2Ni 0,15-0,30Ce ; 0,6-1,0Ni	0,3	≤0,3	280/160**	10
ВАЛ18	4,9÷5,5	0,6÷1,0	0,2÷0,35	0,05÷0,35	-		0,50	≤0,3	300/125**	2

* Sau tôi và hóa già nhân tạo

** Tử số : ở nhiệt độ phòng. Mẫu số ở 350°C.

Bảng 8.33. **Thành phần một số hợp kim nhôm đúc hệ Al-Mg**

Hợp kim	Hàm lượng, %						
	Si	Mg	Cu	Zn	Mn	Ni	Khác
АМг5К (АЛ13)	0,8-1,3	4,5-3,5			0,1-0,4	-	-
АМг5Мц (АЛ28)	-	4,8-6,3	-	-	0,4-1,0		(0,05-0,15)Ti
АМг6Л (АЛ23)	-	6,0-7,0	-	-		-	(0,05-0,15)Ti ; (0,05-0,2)Zr ; (0,02-0,1)Be
АМг10 (АЛ27)	-	9,5-10,5	-	-		-	(0,05-0,15)Ti ; (0,05-0,2)Zr ; (0,05-0,15)Be

Bảng 8.34. **Qui trình nhiệt luyện của nhôm đúc trong lò nung môi trường khí**

Số hiệu hợp kim	Thao tác nhiệt luyện[1]	Tôi			Ủ, ram và hóa già			Cơ tính		
		Nhiệt độ nung, °C	Thời gian kéo dài, h	Môi trường nguội	Nhiệt độ nung, °C	Thời gian kéo dài, h	Môi trường nguội	Giới hạn bền, MPa	Độ dãn dài tương đối, %	Độ cứng, HB
АЛ1	5	510-520	2-4	Nước 50-100°C 50-100°C hoặc không khí	210-230	2-4	không khí	200	0,5	95
АЛ2	-	-	-	-	280-300	2-4	cùng lò đến 50-80°C sau đó nguội trong không khí			
АЛ3	1	-	-	-	175-185	5	không khí	170	1	70
	2	-	-	-	280-300	2-4	như trên	120	-	65
	5	520-530	4-6	nước 50-100°C	175-185	5	như trên	210	-	75
	7	520-530	4-6	nt	225-285	5	như trên	200	1	70
	8	520-530	4-6	nt	325-335	3	như trên	180	2	65
АЛ4	1	-	-	-	170-180	15	như trên	200	1,5	70
	6	520-530	4	Nước 50-100°C	170-180	15	như trên	230	3	65
АЛ5	1	-	4	-	175-185	15	như trên	100	-	65
	5	520-530	-	Nước 50-100°C	175-185	5	như trên	200	-	70
	7	520-530	10-15	nt	225-230	5	như trên	180	1	65
АЛ6	2	-	-	-	280-300	3	như trên	150	1	45
АЛ7	4	510-520	10-15	nước 50-100°C	-	-	-	200	6	60
	5	510-520	10-15	nt	145-155	2-4	không khí	220	3	70
АЛ8	4	430-440	15-20	nước hoặc dầu 50-100°C	-	-	-	280	9	60
АЛ9	4	530-540	12	nước 50-100°C	-	-	-	180	4	50
	5	530-540	12	nt	145-155	1-3	không khí	200	2	60

[1] Các dạng thao tác nhiệt luyện, ứng dụng và mục đích của nó xem bảng 286 8.20 và 8.23.

Bảng 8.35. **Thành phần, tính chất các hợp kim nhôm thiêu kết có hệ số dãn nở nhiệt nhỏ**

Hợp kim	Thành phần hóa học, %	Tính chất vật lý		Cơ tính	
		d, g/cm^3	$\alpha .10^6$, 1/độ	σ_b, MPa	δ, %
SAAP-1	25-30 Si, 5-7 Ni còn lại Al	2,73	13,5-15,5	260	1,5
SAAP-2	25-30 Si, 5-7 Fe còn lại Al	2,73	15-16	240	0,9
SAAP-3	25-30 Si, 3-5 Cr còn lại Al	2,72	15-16,5	280	0,6
SAAP-4	10-15 Si, 15-25 SiC còn lại Al	2,78	16-17	230	5,0

Bảng 8.36. **Thành phần và ký hiệu một số hợp kim chống ma sát trên cơ sở nhôm**

Hợp kim nhóm I

Hợp kim	Thành phần nguyên tố, %						HB, MPa	σ_b, MPa	δ, %
	Ni	Mg	Sb	Ca	Si	nguyên tố khác			
Alcuxin				7,5-9,5	1,2-2,5	Zn<0,5;Fe≤1,8	700	160	0,7
ACM		0,3-0,7	3,5-4,5				286	84	29,4
AH 2,5	2,7-3,3						330	140	23,2
KS 200	1,5	0,5		1,5	21-22	1,2Co; 0,6Mn	1200	190	
KS 1275	1,0	1,0		1,3	13,8	0,1Ti	1250	300	

Hợp kim nhóm II

Hợp kim	Thành phần nguyên tố, %									HB, MPa	σ_b, MPa	δ, %
	Pb	Sn	Sb	Mg	Ni	Ca	Si	Fe	Cd			
ACC-6,5	4-5		5-6	0,5-0,6						314	81	13,9
A03-1		2,0-4,0			0,3-0,6	8-1,2	1,7-2,1			400	110	2
A09-2		9-10			0,8-1,2	2-2,5	0,3-0,7			500	155	10
A09-1		9-10				1				280	80	18
RRAC9 (Anh)		5,5-7		0,7-1	1,5-1,8	0,6-0,9	0,2			550	100	10
750 (Mỹ)		6,5			1	1				400	155	12
Moren 400							1,5-4,8		0,7-1,4	450	118	24

Bảng 8.37. **Thành phần hóa học hợp kim nhôm gia công bằng áp lực**

Số hiệu	Thành phần hóa học, %					
	Đồng	Magie	Mangan	Silic	Những chất khác	Nhôm
АМц	-	-	1,0-1,6	-	-	
АМг	-	2,0-2,8	0,15-0,30*	-	-	
АМц5П	-	4,7-5,7	0,2-0,6	-	-	
Д1	3,8-4,8	0,4-0,8	0,4-0,8	-	-	
Д6	4,6-5,2	0,65-1,0	0,5-1,0	-	-	
Д7	3,0-4,0	0,25-0,5	0,25-0,5	-	-	
Д16	3,8-4,9	1,2-1,8	0,3-0,9	-	-	
Д1П	3,8-4,5	0,4-0,8	0,4-0,8	-	-	
Д3П	2,6-3,5	0,3-0,7	0,3-0,7	-	-	Lượng
Д16П	3,8-4,5	1,2-1,6	0,3-0,7	-	-	còn lại
Д18П	2,2-3,0	0,2-0,5	0,15-0,35*	-	-	
АВ	0,2-0,6	0,45-0,9	-	0,5-1,2	-	
АК	-	-	-	4,5-6,0	-	
АК2	3,5-4,5	0,4-0,8	-	0,5-1,0	Ni = 1,4-2,3 Fe = 0,5-1,0	
АК1	1,9-2,5	1,4-1,8	-	0,5-1,2	Ni = 1,0-1,5 Fe = 1,1-1,6	
АК6	1,8-2,6	0,4-0,8	0,4-0,8	0,7-1,2	-	
АК8	3,9-4,8	0,4-0,8	0,4-1,0	0,6-1,2	-	
АДД	-	0,5-0,9	-	0,8-1,0	Fe = 0,2-0,5	
Д12	-	0,8-1,3	0,9-1,4	-	-	
В95	1,7	2,3	0,4	-	Zn = 6,0 Cr = 0,2	

* Có thể dùng lượng crom tương tự để thay thế.

Bảng 8.38. **Thành phần hóa học của hợp kim magie**

Số hiệu hợp kim	Thành phần hóa học, %				
	Nhôm	Kẽm	Mangan	Silic	Magie
Hợp kim đúc magie					
МЛ1	-	-	-	1-1,5	
МЛ2	-	-	1-2	-	
МЛ3	2,5-3,5	0,5-1,5	0,15-0,5	-	Lượng còn lại
МЛ4	5-7	2-3	0,15-0,5	-	
МЛ5	7,5-9,3	0,2-0,8	0,15-0,5	-	
МЛ6	9-11	đến 2,0	0,1-0,5	-	

Tiếp bảng 8.38

Hợp kim magie gia công bằng áp lực					
MA1	-	-	1,3-2,5	-	
MA2	3-4	0,2-0,8	0,15-0,5	-	
MA3	5,5-7	0,5-1,5	0,15-0,5	-	
MA4	6,5-8	2,5-3,5	1,15-0,5	-	
MA5	7,8-9,2	0,2-0,8	0,15-0,5	-	
MA8	-	-	1,5-2,5	Cc = 0,15-0,5	

Bảng 8.39. **So sánh tính chất của SAAP-1 với một số hợp kim**

Hợp kim	d, g/cm^3	$\alpha .10^6$, 1/độ	E, MPa	λ, cal/cm.s.độ	Hệ số ma sát	
					khô	ướt
SAAP-1	2,73	13,5-15,5	105000	0,32	0,15-0,25	0,01-0,025
Д16	2,78	22,7	72000	0,37	0,4	0,1
ЭИ702	7,9	13,3	205000	0,043	0,3	0,1

Bảng 8.40. **Thành phần, ký hiệu một số loại magie kỹ thuật**

Ký hiệu	Mg, %	Tạp chất, % (không lớn hơn)							
		Fe	Si	Ni	Cu	Al	Mn	Còn lại	Tổng cộng
МГ 96	99,96	0,004	0,005	0,002	0,002	0,006	0,004	0,003	0,03
МГ 95	99,95	0,004	0,005	0,007	0,003	0,007	0,01	0,005	0,035
МГ 90	99,90	0,04	0,01	0,001	0,005	0,02	0,04	0,005	0,1

Bảng 8.41. **Chế độ gia công nhiệt luyện hợp kim Mg biến dạng**

Ký hiệu hợp kim	Ký hiệu chế độ nhiệt luyện	Tôi		Hóa già		Ủ	
		t^{o}C	τ giờ, h	t^{o}C	τ giờ, h	t^{o}C	τ giờ, h
MA1	T2	-	-	-	-	340-400	0,5-2
MA2	T2	-	-	-	-	350-400	3-5
MA2-1	T2	-	-	-	-	250-350	0,5-2

Tiếp bảng 8.38

MA 5	T2	-	-	-	-	350-380	28
MA 14	T2	-	-	-	-	300-350	2-4
	T1	-	-	160-180	10-16	-	-
MA 11	T2	-	-	-	-	350	1
	T6	480-500	4	175	24	-	-
MA 13	T2	-	-	-	-	400	-
	T6	550-570	1	200	16	-	-

***Bảng 8.42.* Mục đích công dụng các dạng nhiệt luyện hợp kim magie**

	Thao tác nhiệt luyện	Mục đích và ứng dụng
I	Ủ	Khử ứng suất trong, khử biến cứng gia công nguội, tăng độ dẻo
II	Tôi	Làm tăng cơ tính
III	Tôi và hóa già	Làm tăng giới hạn chảy

***Bảng 8.43.* Qui trình nhiệt luyện trong lò buồng điện trở và cơ tính của hợp kim magie**

Số hiệu hợp kim	Thao tác nhiệt luyện[1]	Ủ và tôi			Hóa già			Cơ tính		
		Nhiệt độ nung, °C	Thời gian kéo dài, h	Môi trường nguội	Nhiệt độ nung, °C	Thời gian kéo dài, h	Môi trường nguội	Giới hạn bền, MPa	Độ dãn dài % không nhỏ hơn	Độ cứng HB, MPa
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
a) Hợp kim ở trạng thái đúc										
МЛ1	I	200-250	3-5	cùng lò	-	-	-	90	3	400
МЛ2	I	200-250	3-5	cùng lò	-	-	-	90	3	300
МЛ3	I	170-250	3-5	cùng lò	-	-	-	160	6	400
МЛ4	I	170-285	3-5	không khí	-	-	-	160	3	500
	II	375-385	10-16	không khí	-	-	-	210	4	550
	III	375-385	10-16	không khí	170-180	16	không khí	220	2	600

Tiếp bảng 8.38

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
МЛ5	I	170-250	12-16	cùng lò	-	-	-	150	2	500
	II	410-420	12-16	không khí	-	-	-	210	4	500
	III	410-420	12-16	không khí	170-180-	16	không khí	220	2	600
МЛ6	I	170-250	3-5	cùng lò		-	-	150	1	500
	II	410-430	16-24	không khí	-	-	-	210	3	600
	III	410-420	16-24	không khí	170-180	16	không khí	210	1	650
b) Hợp kim tạo hình bằng gia công áp lực										
MA1	I	340-400	3-5	không khí	-	-	-	-	-	-
MA2	I	đến 400	3-5	không khí	-	-	-	240	5	450
MA3	I	320-380	4-8	không khí	-	-	-	260	8	500
MA4	I	320-350	4-6	không khí	-	-	-	340	7	700
		Nhiệt luyện phân cấp								
	II	330-340	2-3							
		375-385	4-10	nước nóng	-	-	-	350	7	800
MA5	I	350-380	3-6	không khí	-	-	-			
	II	410-420	4-12	nước nóng	-	-	-	340	15	640
	III	410-420	4	nước nóng	170-180	16-24	không khí			
MA8	I	280-320	2-3	không khí				250	12	550

(1) Các loại thao tác nhiệt luyện, mục đích và ứng dụng của nó xem bảng 8.20. Thời gian kéo dài không tính thời gian nung ; dựa vào trong lượng kim loại mà tăng giảm thích hợp thời gian kéo dài.

Bảng 8.44. **Thành phần hóa học một số hợp kim magie đúc (% khối lượng)**

Hệ	Ký hiệu	Hàm lượng, m % (magie còn lại)					
		Al	Mn	Zn	Zr	Ce	Khác
1	2	3	4	5	6	7	8
Mg	МЛ4	5,0-7,0	0,15-0,5	2,0-3,0	-	-	-
	МЛ5	7,5-9,0	0,15-0,5	0,2-0,8	-	-	-
	МЛ6	9,0-10,2	0,15-0,5	0,6-1,2	-	-	-

Tiếp bảng 8.44

1	2	3	4	5	6	7	8
Mg-Zn-Zn	МЛ8			5,5-5,6	0,7-1,1	0,2-0,8	-
	МЛ12			4,0-5,0	0,6-1,1	-	-
	МЛ15	-	-	4,0-5,0	0,7-1,1	-	(0,6-1,2)La
	МЛ17	-	-	7,8-9,2	0,7-1,1	0,2-1,2	(0,03-0,3)Nd
	МЛ18	-	-	7,0-8,0	0,7-1,1	0,4-1,0	(1,0-1,62)Ag
Mg-đất hiếm-Zr	МЛ9	-	-	-	0,4-1,0	-	(1,9-2,6)Nd; (0,2-0,8)In
	МЛ10	-		0,4-0,7	0,4-1,0	-	(2,2-2,8)Nd
	МЛ11	-	-	0,2-0,7	0,4-1,0	-	(2,5-4,0) đất hiếm
	МЛ19	-	-	0,1-0,6	0,4-1,0	-	(1,6-2,3)Nd; (1,4-1,2)Y

***Bảng 8.45.* Ký hiệu và cơ tính một số hợp kim magie**

Ký hiệu	Hệ thống	Thành phần hóa học, %				Dạng bán thành phẩm	Cơ tính		
		Al	Zn	Mn	nguyên tố khác		σ_b, MPa	$\sigma_{0,2}$ MPa	δ, %
MA1	Mg-Mn	-	-	1,5-2,5	-	Thỏi ép	250	130	6
MA2	Mg-Al-Zn	3,0-4,0	0,2-0,8	0,15-0,5	-	Thỏi ép	280	180	10
MA2-1		3,8-5,0	0,3-1,5	0,3-0,7	-	Thỏi ép	280	180	12
MA5		7,8-9,2	0,2-0,8	0,15-0,5	-	Thỏi ép	320	220	14
MA20	Mg-Zn-Ce	-	1,0-1,5	-	0,15-0,35Ce	Tấm ủ	260	180	20
MA14	Mg-Zn-Zr	-	5,0-6,0	-	0,3-0,9Zr	Thỏi hóa già	340	290	9,5
MA11	Mg-Nd-Mn-Ni	-	-	1,5-2,5	2,5-4,0Nd 0,1-0,25Ni	Thỏi hóa già	280	140	10
MA13	Mg-Th-Mn	-	-	0,4-0,8	1,7-2,5Th	Tấm hóa già	240	180	60

Bảng 8.46. **Thành phần hóa học của titan xốp**

Ký hiệu	Độ cứng HB, MPa	Tạp chất, % không lớn hơn					
		Fe	Si	C	Cl	N_2	C_2
TΓ100	≤ 1000	0,07	0,04	0,03	0,08	0,02	0,04
TΓ150	1010-1030	0,08	0,05	0,03	0,08	0,025	0,05
TΓ110	1060-1100	0,09	0,05	0,03	0,08	0,03	0,05
TΓ120	1110-1200	0,11	0,15	0,04	0,08	0,03	0,065
TΓ130	1210-1300	0,13	0,05	0,04	0,10	0,03	0,08
TΓ140	1210-1400	0,15	0,05	0,05	0,10	0,03	0,08
TΓ155	1410-1550	0,20	0,08	0,06	0,10	0,04	0,10
TΓ170	1560-1700	0,20	0,08	0,06	0,12	0,05	-
TΓ190	1710-1900	0,30	0,10	0,06	0,12	0,06	-
TΓM	≤ 1910	-	-	-	-	-	-

Bảng 8.47. **Chế độ nhiệt luyện một số hợp kim titan**

Hợp kim	Nhiệt độ ủ, °C		Ủ đẳng nhiệt			Nhiệt độ tôi, °C	Hóa già	
	Không hoàn toàn	Hoàn toàn	t_1, °C	t_2, °C	τ, h		t, °C	τ, h
BT60	600-650	750-800	800	750-500	0,5	880-930	450-500	2-4
BT6	600-650	750-800	-	-	-	900-950	450-500	2-4
BT8	530-620	-	920-950	590	1	920-940	500-600	1-6
BT9	530-620	-	950-980	530	6	920-940	500-600	1-6
BT14	530-650	740-760	790-810	640-660	0,5	870-910	480-560	8-16
BT16	-	-	770-790	500	-	820-840	570-590	8-10
BT3-1	-	850	870-920	600-650	2	860-920	500-620	1-6
BT22	550-650	-	650-750	350	-	690-750	480-540	8-16
BT15	-	850-810	-	-	-	780-900	480-500	15-25

Bảng 8.48. **Thành phần và ký hiệu một số titan kỹ thuật**

Ký hiệu	Tạp chất không lớn hơn, %						Nguyên tố khác
	Fe	Si	C	O_2	N_2	H_2	
BT 1−1	0,25	0,12	0,08	0,15	0,05	0,012	0,3
BT 1−0	0,18	0,10	0,07	0,12	0,04	0,010	0,3
BT 1−00	0,12	0,08	0,05	0,10	0,04	0,008	-

Bảng 8.49. **Cơ tính của titan ở 20°C**

Ký hiệu	Dạng bán thành phẩm	Cơ tính			
		σ_b, MPa	δ, %	Ψ, %	a_K, kJ/m^2
BT 1-00	Tấm ủ	300-450	25	-	-
BT 1-0		400-550	25	-	-
BT 1-00	Thỏi rèn và ủ	300-450	25	55	1200
BT 1-0		400-550	20	50	1000
BT 1-00	Ống ủ	300-450	20	-	-
BT 1-0		400-550	15	-	-

Bảng 8.50. **Thành phần hóa học của các hợp kim titan biến dạng**

STT	Hợp kim	K_β	Hàm lượng của nguyên tố hợp kim, % (khối lượng)					
			Al	Zr	V	Mo	Cr	Nguyên tố khác
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Hợp kim α								
1	BT 1-00		-	-	-	-	-	-
2	BT 1-0		-	-	-	-	-	-
3	BT 5-1		4,0-6,0	-	-	-	-	(2,0-3,0) Sn
4	ПТ7М		1,8-2,5	(2,0-3,0)	-	-	-	-
Hợp kim giả α								
5	OT4-0	0,15	0,4-1,4	-	-	-	-	(0,5-1,3)Mn
6	OT4-1	0,23	1,5-2,5	-	-	-	-	(0,7-2,0)Mn
7	OT4	0,23	3,5-5,0	-	-	-	-	(0,8-2,0)Mn
8	ПТ3В	0,13	3,5-5,5	-	1,2-2,5	-	-	-
9	OT4-1B	0,17	2,5-3,5		2,0-3,0			
10	OT4B	0,17	4,0-5,5	-	2,0-3,0		-	-
11	AT3	0,16	2,5-3,5				0,4-0,9	0,4Fe ; 0,4Si
12	AT6	0,16	5,0-7,0				0,4-0,9	0,4Fe ; 0,4Si
13	BT18Y	0,09	6,2-7,3	3,5-4,5	-	0,4-1,0	-	2,5Sn ; 1Nb ; 0,2Si
14	BT20	0,18	5,5-7,0	1,5-2,5	0,8-2,5	0,5-2,0	-	-

Tiếp bảng 8.50

1	2	3	4	5	6	7	89	
Hợp kim (α + β)								
15	BT6	0,27	5,5-6,8	-	3,5-4,5	-	-	-
16	BT6K	0,27	5,5-6,8	-	3,5-5,5	-	-	-
17	BT6KT	0,27	5,5-6,5	-	3,5-4,5	-	-	-
18	BT14	0,33	3,5-6,3	-	0,9-1,9	2,5-3,8	-	-
19	BT16	0,75	1,8-3,8	-	4,0-5,0	4,5-5,5	-	-
20	BT3-1	0,60	5,5-7,0	-	-	2,0-3,0	0,8-2,3	0,3Si ; 0,5Fe
21	BT8	0,30	5,8-7,0	0,5	-	2,5-3,8	-	(0,2-0,4)Si
22	BT8M	0,36	5	1	-	4		0,2Si ; 1Sn
23	BT9	0,30	5,8-7,0	1,0-2,0	-	2,8-3,8	-	(0,2-0,35)Si
24	BT25Y	0,39	6,0-7,0	3,0-4,5		3,5-4,5	-	1Sn ; 1W ; 0,2Si
25	BT23	0,75	4,0-6,3	-	4,0-5,0	1,5-2,5	0,8-1,4	(0,4-0,1)Fe
Hợp kim loại chuyển tiếp								
26	BT22	1,1	4,0-5,9	-	4,0-5,5	4,0-5,5	5,0-2,0	(0,5-1,5)Fe
27	BT30	1,0	-	5,5	-	11	-	4,5Sn
Hợp kim giả β								
28	BT19	1,45	2,5-3,5	0,5-1,5	3,0-4,0	5,0-6,0	5,0-6,0	-
29	BT35	1,5	3	1	15	1	3	3Sn
30	BT32	2,0	3		8	8	1,3	1,3Fe
Hợp kim β								
31	4201	3	-	-	33	-	-	-
32	42014	3	-	0,10-0,70	29-35	-	-	0,15Si

Bảng 8.51. **Thành phần và cơ tính một số hợp kim titan đúc**

Hợp kim	Thành phần hóa học, % (Ti còn lại)					Cơ tính		
	Al	Cr	Mo	B	Si	s_b, MPa	δ, %	a_K, kJ/m^2
Ti	-	-	-	-	-	450	15	500
BT5Л	5	-	-	-	-	700	6	300
BT3-1Л	5,5	2	2	-	0,2	1050	5	300
BT14Л	5,0	0,5	3,0	1,0	0,5Fe	900	5	300
BTЛ1	5	-	-	-	1	850	5	150
BT231Л	3,6	0,35	0,7	1,2	5Zr; 0,35Fe	1000	4	2

Bảng 8.52. **Thành phần công dụng, ký hiệu một số đồng kỹ thuật**

Ký hiệu		Tạp chất, %						Công dụng
TCVN 1659-75	Nga	Cu	Bi	Pb	O	P	Tổng	
Cu 99,99	MOO	99,99	0,0005	0,001	-	0,001	0,01	Làm dây dẫn điện
Cu 99,97	MOБ	99,97	0,001	0,004	-	0,002	0,03	Làm dây dẫn điện ; chế tạo hợp kim chất lượng cao
Cu 99,95	MO	99,95	0,001	0,004	0,02	0,002	0,05	Như Cu 99,97
Cu 99,90	M1	99,90	0,001	0,005	0,05	-	0,1	Làm dây điện, chế tạo bông không thiếc
Cu 99,90P	M1P	99,90	0,001	0,005	0,01	0,04	0,1	Như loại trên

Bảng 8.53. **Thành phần hóa học và cơ tính của hợp kim Ti_α**

Ký hiệu hợp kim	Hàm lượng nguyên tố hợp kim			Cơ tính sau ủ		
	Al	Mn	Nguyên tố khác	σ_b, MPa	δ, %	a_K, kJ/m^2; 10^2
BT1-00	-	-		300-450	30	
BT-0	-	-		400-550	30	
BT5	5	-		750-790	12-15	3-6
BT5-1	5	-	2,5 Sn	790-950	12-25	4-9
OT4-0	0,8	0,8		500-650	25-40	6-10
OT4-1	1,5	1,0		600-750	20-40	5-10
OT4	3,5	1,5		700-900	40-15	5-13
BT4	5	1,5		850-1050	15-10	5-10
OT4-2	6,0	1,5		1000-1200	12-20	4-8
AT2	-	-	2 Zr, 1 Mo	600-750	20	-
AT3	3	-	1,5 (Fe, Gr, Si, B)	750-900	12	-
AT4	4,0	-	1,5 (Fe, Gr, Si, B)	850-1050	10	-
BT20	6,0	-	2 Zr, Mo, IV	950-1100	-	-
TC5	5,0	-	2 Zr, 3 Sn, 2V	950-1100	8	-
BT18	7,5	-	1lZr, 0,7 Mo, 1Nb, 0,3Si	1100	9	2-4

Bảng 8.54. **thành phần và cơ tính một số hợp kim titan hai pha $\alpha + \beta$**

Hợp kim	Thành phần các cấu tử cơ bản, % (Ti còn lại)						Cơ tính sau ủ		
	Al	BT6C	Cr	Mo	Si	Fe	σ_b, MPa	δ, %	$a_K.10^2$ kJ/m^2
BT6C	5,7	4	-	-	-	-	850-1000	>12	5-8
BT6	6,2	5	-	-	-	-	950-1100	>8	4-8
BT8	6,5	-	-	3,5	0,3	-	1050-1250	10-15	3-6
BT9	6,5	-	2Zr	3,5	0,2	0,2	1100-1300	8-14	2-5
BT14	5,5	1	-	3,0	-	-	1150-1450	6-10	3
BT16	2,5	4,5	-	4,5	-	-	1000-1200	4-6	4-6
BT3-1	6,0	-	2	2,5	0,2	1	1000-1600	10-16	3-6
BT22	5,0	5,0	1	5,0	-	1	1100-1250	4-12	3
BT23	4,5	4,5	1	2,0	-	0,6	1100-1250	8	4

Bảng 8.55. **Thành phần và cơ tính hợp kim Ti_β**

Hợp kim	Thành phần các cấu tử cơ bản, % (Ti còn lại)							Cơ tính sau ủ	
	Al	Cr	Mo	V	Sn	Fe	Zn	σ_b, MPa	δ, %
BT15	3	11	8	-	-	-	-	1300-1500	6
B120VCA	3	11	-	13	-	-	-	1500-1050	3-6
Ti1A18V5Fe	1	-	-	8	-	5	-	1500	6
Beta111	-	-	11,5	-	4,5	-	5,5	1400-1450	7-11
BT1	3	5,5	7	-	-	3	-	1420-1700	7-10

Bảng 8.56. **Nhiệt độ ủ kết tinh lại của đồng**

Vật phẩm	Đồng tấm				Brông (dải)				Dây đồng			
Chiều dày hoặc đường kính, mm	lớn hơn 10	5-10	1-5	nhỏ hơn 1,0	lớn hơn 5	1-5	0,5-1,0	nhỏ hơn 0,5	lớn hơn 0,5	1,5-3,5	0,5-1,5	nhỏ hơn 1,5
Nhiệt độ ủ ^{o}C	750	700-750	680-700	650-700	700	650-700	650-700	600-650	700-750	650-725	475-600	300-475

Bảng 8.57. **Quan hệ giữa nhiệt độ ủ và mức độ biến dạng của latông**

Số hiệu	Mức biến dạng, %	Nhiệt độ ủ, ^{o}C
ЛТ 90	20	430
ЛТ 90	40	400
ЛТ 90	60	370
Л 68	20	280
Л 68	40	280
Л 68	60	280

Bảng 8.58. **Cơ tính một số latông biến dạng sau ủ**

Ký hiệu			Tổ chức	σ_b, MPa	δ, %	Độ cứng HB, MPa
Nga	Việt Nam	CDA				
Л96	LCuZn4		α	216-255	45-55	400
Л90	LCuZn10		α	230-240	ô 36	530
Л80	LCuZn20		α	360-370	≥ 40	580
Л68	LCuZn32	260	α	290-390	≥ 42	520
Л63	LCuZn37		α	209-400	≥ 38	560
Л60	LCuZn40	280	$\alpha + \beta$	360-410	40-50	500
BA 77-2	LCuZn21A12		α	340-440	42-52	500
BAH 59-3-2	LCuZn36A13Ni2		$\alpha + \beta$	440-540	40-50	1170
ЛАНКМц 75-552,5-0,5-0,5	LCuZnA12Ni2,5 Si0,5Mn0,5		α	530	48	
ЛК 80	LCuZn17Si3		$\alpha + \beta$	275-335	53-60	580
ЛН 65-5	LCuZn30Ni5		α	370-440	45-65	650
ЛМц 58-2	LCuZn40Mn2		$\alpha + \beta$	380-490	ô 30	850
ЛжМц 59-1-1	LCuZn39 Fe1Mn1		$\alpha + \beta$	430	28	
ЛМц А57-3-1	LCuZnMn3AII		$\alpha + \beta$	390-490	40-50	
ЛО 90-1	LCuZn9Sn1		α	245-304	42-50	570
ЛО 70-1	LCuZn29Sn1	464	α	314-370	55-65	480
ЛО 62-1	LCuZn37Sn1		α	390	≥ 5	850
ЛО 74-3	LCuZn23Pb3		α	295-390	40-55	
ЛО 64-2	LCuZn24Pb2		α	310-375	55-65	550
ЛО 63-3	LCuZn24Pb3		α	300	25	
BC 60-1	LCuZn39Pb1		$\alpha + \beta$	340-390	45-55	
BC 59-1	LCuZn40Pb1		$\alpha + \beta$	340-490	≥25	750

* Nhiệt độ ủ LCuZn4 đến LCuZn32 là 650°C ; LCuZn 37 và LCuZn40 là 600°C còn lại là 630 ÷ 670°C

Bảng 8.59. **Tính chất một số latông đúc đặc biệt**

Ký hiệu hợp kim		Cơ tính khi đúc khuôn kim loại			Tính đúc	
Nga	Việt Nam	σ_b, MPa	δ, %	KCU, MJ/m^2	Độ chảy lỏng, Cm	Co, %
ЛЦ30А3	LCuZn30A13	390	15	-	-	-
ЛЦ23А6ж3Мц2	LCuZn23A16Fe3Mn2	705	7	-	-	-
ЛЦ16К4	LCuZn16Si4	340	15	1,2	80	1,7
ЛЦ38Мц2С2	LCuZn38Mn2Pb2	340	10	0,7	-	1,8
ЛЦ40Мц3ж	LCuZn40Mn3Fe2	490	10	-	60	1,6
Лц40С	LCuZn40Pb1	215	20	0,26	51	2,2
ЛЦ40Мц1,5	LCuZn40Mg1,5	370	20	-	-	-
ЛЦ40Мц3А	LCuZn40Mn3A11	440	15	-	-	-

Chú thích : Sau khi ủ nguội ngoài không khí

Bảng 5.60. **Thành phần hóa học latông gia công bằng áp lực (%)**

Tên gọi	Liên bang nga	Phương pháp gia công	Thành phần chủ yếu				Thành phần đặc biệt		Kẽm (Zn)	Tạp chất				
			Đồng	Chì	Mangan	Nhôm	Thiếc	Niken ; Sắt		Chì	Sắt	Angti-moan	Bis-mut	Cộng
Latông 96	Л96	Kéo	95-97	-	-	-	-			0,03	0,1	0,005	0,002	0,2
Latông 90	Л90	Cán nóng, cán nguội	88-91	-	-	-	-			0,03	0,1	0,005	0,002	0,3
Latông 80	Л80	Cán nóng, nguội, kéo	79-81	-	-	-	-			0,03	0,1	0,005	0,002	0,3
Latông 68	Л68	Cán nóng, ép	67-70	-	-	-	-			0,03	0,1	0,005	0,002	0,3
Latông 62	Л62	Cán nóng, ép	60,5-63,5	-	-	-	-			0,08	0,15	0,005	0,002	0,5
Latông 77-2	ЛА77-2	Kéo	76-79	-	-	1,7-2,5	-			0,07	0,1	0,005	0,002	0,3
-	ЛАН59-3-2	Ép	57-60	-		2,5-3,5		2-3 Ni		0,10	0,5	0,005	0,003	0,9
Latông sắt mangan 59-1-1	ЛЖМЦ59-1-1	Ép, dát, kéo	57-60	-	0,5-0,8	0,1-0,2	0,3-0,7	0,6-1,2 Sắt	Lượng còn lại	0,2	-	0,01	0,003	0,25
Latông mangan 58-2	ЛМЦ58-2	Cán, rèn	57-60	-	1,0-2,0	-	-	-		0,1	1,0	0,005	0,002	1,2
-	ЛА57-3-1	Gia công áp lực có nung nóng	55,0-58,5	-	2,5-3,5	0,5-1,5	-	-		0,2	1,0	0,005	0,002	1,3
-	ЛС59-18	Ép, dát, kéo	57-61	0,8-1,9	-	-	-	-		-	0,5	0,01	0,003	1,5
-	ЛС59-1	Ép, dát, kéo	57-60	0,8-1,9						-	0,5	0,01	0,002	0,75
Latông chì 60-1	ЛС60-1	Kéo	59-61	0,6-1,0						-	0,15	0,005	0,002	0,5
-	ЛС64-2	Dát, ép, kéo	63-66	1,5-2,0						-	0,1	0,005	0,002	0,30
-	ЛС74-3	Dát, ép, kéo	72-75	2,4-3,0						-	0,1	0,005	0,002	0,25
Latông thiếc 90-1	ЛО90-1	Cán	88-91	-			0,25-0,75			0,03	0,1	0,005	0,002	0,20
Latông thiếc 70-1	ЛО70-1	Ép nóng	69-71	-			1,0-1,5			0,07	0,1	0,005	0,002	0,30
Latông thiếc 62-1	ЛО62-1	Cán, ép	61-63	-			0,7-1,1			0,10	0,1	0,005	0,002	0,30
	ЛН65-5[1]	Cán nóng, cán nguội, ép, kéo sợi	64-67	-			-	5-6,5 Niken		0,03	0,15	0,005	0,002	0,30

1) Ngoài tiêu chuẩn.

Bảng 8.61. **Cơ tính latông gia công áp lực**

Ký hiệu hợp kim	Nhiệt độ ủ (°C)	Cơ tính		
		Giới hạn bền σ_b MPa	Độ dãn dài, δ, %	Độ cứng HB, MPa
Л96	600-700	240	50	400
Л90	600-720	260	44	530
Л85	600-700	280	45	540
Л80	600-700	310	52	580
Л70	600-700	330	40	520
Л68	550-650	330	46-55	560
Л62	550-650	360	49	500
ЛА 77-2	600-650	340	50	500
ЛА 59-3-2	600-650	500	42	1170
ЛН 65-5	600-650	330-450	40-55	650
ЛЖМЦ59-1-1	600-650	470	36	830
ЛМЦ58-2	600-650	450	35	850
ЛО 70-1	620	350	62	480
ЛО 62-1	620-670	380	37	850
ЛО 90-1	650-720	280	45	570
ЛС 74-3	620-670	350	50	
ЛС 64-2	620-670	350-350	40-50	550
ЛС 60-1	600-650	350	50	
ЛС 59-1	650-650	350-450	đến 50	750

Bảng 8.62a. **Brông thiếc gia công áp lực**

Tên gọi	Ký hiệu	Thành phần hóa học %					Thí dụ ứng dụng
		thiếc	photpho	kẽm	chì	tạp chất ≤	
1	2	3	4	5	6	7	8
Brông - thiếc photpho	$Бр.ОФ$ 6,5-0,5	6-7	0,1-0,25	-	-	0,1	Dải, thanh dẹt, thanh, lò xo, chi tiết ổ trục
Brông - thiếc photpho	$Бр.ОФ$ 6,5-0,4	6-7	0,3-0,4	-	-	0,1	Dây lưới đồng trong sản xuất sợi xenlulô, giấy.
Brông - thiếc photpho	$Бр.ОФ$ 4-0,25	3,5-4,0	0,2-0,3	-	-	0,1	Ống làm thiết bị khống chế, đo lường
Brông - thiếc kẽm	$Бр.ОЦ$ 4-3	3,5-4,0	-	2,7-3,3	-	0,2	Thanh, dải, que đồng thanh, lò xo, dây đồng trong công nghiệp hóa chất
Brông - thiếc, kẽm, chì	$Бр.ОЦС$ 4,4-2,5	3-5	-	3-5	1,5-3,5	0,2	Bạc lót, đệm trong của ổ trục, dải đồng
Brông - thiếc, kẽm, chì	$Бр.ОЦС$ 4-4-4	3-5	-	3-5	3,5-4,5	0,2	Lót trục, đệm trong của ổ trục

Bảng 8.62b. **Cơ lý tính và đặc tính công nghệ brông gia công áp lực**

Ký hiệu	σ_{bk}, 10MPa	σ_{ch}, 10MPa	δ, %	α_K, 100 kJ/m^2	HB, 10MPa	Tỷ trọng	Điểm nóng chảy, ^oC	Nhiệt độ đúc (rót), ^oC	Độ chảy loãng, cm	Độ co chiều dài, %
Бр.ОФ 6,5-0,4	30 (2)	14 (10)	38	5-6 (1)	75-90 (1)	8,65	995	1200-1300	117	1,15
Бр.ОФ 4-0,25	34 (2)	54,6 (3)	52	-	170 (3)	8,9	1060	-	-	-
Бр.ОЦ 4-3	55 (3)	6,5 (1)	10 (3) và 36 (3)	4(1)	60-70 (1)	8,8	1045	1250-1270	-	1,16
Бр.ОЦС 4-4-2,5	31 (2)	13 (2)	46 (2)	3,65 (2)	62 (20	8,8-9,02	1018	1180-1190	20	1,46-1,59
Бр.ОЦ 4-4-4	30 (2)	-	35 (2)	-	62 (2)	8,9	-	-	-	-

(1) Trạng thái đúc ; (2) Trạng thái hóa mềm ; (3) Trạng thái hóa cứng

Bảng 8.63. **Nhiệt độ ủ latông ^{o}C**

Số hiệu	Đồng tấm				Đồng dải				Thỏi đồng nhỏ				Dây đồng				
	Chiều dày, mm				Chiều dày, mm				Đường kính, mm				Đường kính, mm				
	Lớn hơn 10	5-10	1-5	< 1,0	5	1-5	0,5-1,0	< 0,5	50	30-50	15-30	< 15	10	5-10	1-5	0,5-1,0	< 0,5
ЛТ90	690-720	680-700	650-680	-	650-700	630-680	600-650	580-620	-	-	-	-	-	650-700	620-650	530-620	480-530
ЛТ80	690-720	680-700	650-680	-	650-700	630-680	500-650	-	-	-	-	-	-	650-700	600-650	500-600	450-500
Л70	670-700	650-670	640	660	650-670	640	660	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Л68	650-700	650-700	630	650	650-670	630	650	-	700-750	680-750	680-720	650-700	650-700	650-700	650-680	620-650	-
Л62	650	670	630-650	620-640	650-670	630-650	620-640	610-630	700-730	680-730	650-700	620-680	620-680	640-660	630-650	600-620	-
ЛС59-1	610-690	590	610	570-590	-	590-610	570-590	560-580	650-670	650-670	640-660	630-650	630-650	620-640	610-630	-	-

Bảng 8.64. **Nhiệt độ ủ của brông nhôm ^{o}C**

Số hiệu	Đồng tấm			Đồng dải		Thỏi đồng thanh nhỏ				Dây đồng		
	Chiều dày, mm			Chiều dày, mm		Đường kính, mm				Đường kính, mm		
	Lớn hơn 10	5-10	1-5	>5	1-5	>50	50-30	30-15	< 15	>10	5-10	1-5
БрА5	700-750	680-700	650-700	680-700	650-700	-	-	-	-	-	-	-
БрА10	-	-	-	-	-	760-800	750-780	740-770	740-760	740-760	740-760	700-720

Bảng 8.65. **Nhiệt độ ủ của brông thiếc ^{o}C**

Số hiệu	Thỏi đồng nhỏ				Dây đồng				
	Đường kính, mm				Đường kính, mm				
	> 50	30 - 50	15 - 30	< 15	> 10	5 - 10	1 - 5	0,5 - 1	< 0,5
$Б_р$0Ф 6,5 - 0,4	-	-	-	-	-	640 - 660	600 - 650	550 - 600	500 - 550
$Б_р$ 0Ц 4 - 3	680 - 700	650	700	630-680	630-680	630 - 650	620 - 650	580 - 620	

Bảng 8.66. **Quy trình nhiệt luyện brông không thiếc**

Tên hợp kim	Số hiệu	Tôi		Ram	Độ cứng HB, MPa
		Nhiệt độ nung, ^{o}C	Môi trường nguội	Nhiệt độ ram, ^{o}C	
Brông nhôm sắt	$Б_р$АЖ9 - 4	850	nước	350	
Brông nhôm mangan	$Б_р$АМЦ 9 - 2	800	nước	400	150 - 187
Brông nhôm sắt mangan	$Б_р$АЖН 10 - 3 - 1,5	830 - 860	nước	300 - 350	207 - 240
Brông nhôm sắt niken	$Б_р$КМЦ 10 - 4 - 4	920	nước	650	200 - 240
Brông silic mangan	$Б_р$КМЦ 3 - 1	800	nước	410 - 475	130 - 180
Cunian	$Б_р$НА 14 - 3	800 - 820	không khí hoặc nước	520 - 540	260
Cunian (Куниаль)	$Б_р$НА 6 - 1,5				210
Brông berili	$Б_р$Б2	780 - 800	nước	300 - 350	340 - 370
Brông silic niken	$Б_р$КН 1 - 3	850	nước	450	150 - 200

Bảng 8.67. **Cơ tính của brông thiếc**

Nhóm	Brông	Cơ tính không bé hơn	
		σ_b, MPa	δ, %
Đúc, thông dụng	БрО3Ц12С5	210	5
	БрО5Ц5С5	170	4
	БрО4Ц4С17	150	12
	БрО4Ц7С5	180	4
	БрО3Ц7С5Н1	210	5
Đúc, công dụng thích hợp	БрО10Ф1	250	3
	БрО10Ц2	230	10
	БрО8Ц4	200	10
	БрО6Ц6С3	180	4
	БрО10С10	200	6
	БрО5С25	140	6
Biến dạng	БрОФ 8-0,3	390	55
	БрОФ 6,5-0,4	300	60
	БрОФ 6,5-0,15	300	38
	БрОФ 4-0,25	300	40
	БрОЦ 4-3	300	38
	БрОЦС 4-2,5	300	35

Bảng 8.68. **Cơ tính một số brông không Sn biến dạng và hợp kim đồng - niken**

Tên hợp kim	Ký hiệu		Cơ tính		
	ГОСТ	TCVN	s_b, MPa	δ, %	KCU, MJ/m^2
1	2	3	4	5	6
Brông nhôm	БрА5	BCuAl5	380	65	1,1
	БрА7	BCuAl7	420	70	-
	БрАМц 9-2	BCuAl9Mn2	420	25	-
	БрАЖ 9-4	BCuAl9Fe4	550	40	-
	БрАЖМц 10-3-1,5	BCuAl10Fe3Mn1,5	600	20	0,6
	БрАЖН 10-4-4	BCuAl10Fe4Ni4	650	35	0,42

Tiếp bảng 8.68

1	2	3	4	5	6
Brông silic	БрКМц 3-1	BCuSi3Mn1	400	60	1,5
	БрКН 1-3	BCuSiNi3	350	30	-
Brông mangan	БрМц 5	BCuMn5	300	40	-
Menkhiorơ	МНжМц 30-1-1	BCuNi30Te1Mn1	400	25	-
	МН 19	BCuNi19	400	35	-
Neizinbero	МНЦ 15-20	BCuNi15Zn20	410	40	-
Cunian A	МНА 13-3	BCuNi13Al3	380	13	0,5
Cunian B	МНА 6-1,5	BCuNi6Al1,5	360	28	1,2

Bảng 8.69. **Cơ tính một số brông không Sn đúc (đúc khuôn kim loại)**

Ký hiệu		σ_b, MPa	δ, %
ГОСТ	TCVN	không bé hơn	
БрА9Мц2Л	BCuAl9Mn2 Đ	390	20
БрА10Мц2Л	BCuAl10Mn2 Đ	490	12
БрА9Ж3Л	BCuAl9Fe3 Đ	490	12
БрА10ЖМц2	BCuAl10Fe3Mn2	490	12
БрА11Ж 6Н6	BCuAl11Fe6Ni6	590	2
БрА10Ж4Н4Л	BCuAl10Fe4Ni4 Đ	590	6
БрА9Ж4Н4Мц	BCuAl9Fe4NiMn	590	12
БрА7Мц15Ж3Н 2Ц2	BCuAl7Mn15Fe3Ni2Zn2	610	18
БрС30	BCuPb30	60	4
БрС60Н2,5	BCuPb60Ni2.5	30	5

Bảng 8.70. **Cơ tính một số brông berili**

Ký hiệu			Tôi		Tôi + hóa già theo chế độ tối ưu		
Việt Nam	CDA	Nga	σ_b, MPa	δ, %	σ_b, MPa	$\sigma_{0,2}$, MPa	δ, %
BCu97,5Be1,9NiTi	-	БрБНТ1,9	400-500	38-45	1150-1250	700	4-6
BCu98Be2	172	БрБ2	400-500	38-40	1150-1250	600	4-6
BCu97,5Be2	-	БрБ2,5	400-500	-	-	650	-
BCu97,8Be1,7NiTi	-	БрБНТ1,7	300-400	45-50	1000-1100	400	5-7

Bảng 8.71. **Tính chất của một số brông đặc biệt có độ bền và độ dẫn điện cao**

Ký hiệu		Thành phần hóa học, không kể Cu, %	σ_b, MPa	δ, %	Điện trở suất, $\mu.\Omega.cm$
Việt Nam	Nga				
Cu	M	-	220	45	1,72
BCu99,8Ag	БрСр	0,1Ag	440	14	1,85
BCu99Cd1	БрКД	1,0Cd	420	17	2,28
BCu99,7Mg0,3	БрМГ 0,3	0,3Mg	530	3	2,0
BCu99,5Mg0,5	БрМГ 0,5	0,5Mg	540	-	3,0
BCu99,2Mg0,8	БрМГ 0,8	0,8Mg	650	-	3,7
BCu99,3Cr0,7	БрХ	0,7Cr	450	19	2.03
BCu99,6Zr0,4	БрЦр 0,4	0,4Zr	480	17	2.08
BCu99.2Cr0,7Zr0,05	БрХЦр	0,7Cr ; 0,05Zr	500	24	2.04
BCu98Ni1,5BeTi	БрНБТ	1,5Ni ; 0,3Be ; 0,1Ti	520	5	3.97
BCu96Ni2,5CrSi	БрНХК	2,5(Co+Ni); 0,7Cr ; 0,7Si	800	17	3.72

Bảng 8.72. **Thành phần, tính chất các hợp kim Cu-Ni**

Ký hiệu hợp kim	Thành phần, %		Cơ lý tính				δ, %
	Ni+Co	nguyên tố khác	độ dẫn nhiệt cal/cm.s.độ	điện trở suất $\Omega.mm^2/m$	hệ số nhiệt điện trở	σ_b, MPa	
МНЖМЦ30-0,8-1	30	0,8Fe.1Mn	0,0009	0,42	0,0012	400	23-28
МН18	19		0,092	0,209	0,00029	400	35
МНЦ15-20	19	20Zn	0,08-0,0005	0,26	$2,10^{-4}$	460	35-45
МНЦС17-10-10	17	10Pb;10Zn	-	-	-	400	40
CunialA.MHA13-3	13	3Al	-	-	-	380	20
CunialB.MHA6-1,5	6	1,5Al	-	=	-	380	26
МН5	5		0,51	0,07	15.10^{-4}	270	58
МН06 (ТП)	0,6		0,65	0,0310	27.10^{-4}	300	50
МН6 (Т6)	6	0,05Fe; 0,02Mn; 0,05Al; 0,002Pb; 0,002Zn	-	0,223	$2,67.10^{-5}$	890	28
МНМЦ 3-12	3	12Mn	0,052	0,435	3.10^{-5}	660	30

Bảng 8.73. **Thành phần, ký hiệu của niken**

Ký hiệu	Ni + Co không nhỏ hơn	Co không lớn hơn	Tạp chất, % không lớn hơn						
			C	Mg	Al	Si	P	S	Mn
H0	99,99	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
H1y	99,93	0,10	0,01	0,001	-	0,002	0,001	0,001	-
H1	99,93	0,10	0,01	0,001	-	0,002	-	0,003	-
H2	99,8	0,15	0,02	-	-	-	-	0,003	-
H3	98,6	0,7	0,10	-	-	-	-	0,03	-
H4	97,6	0,7	0,15	-	-	-	-	0,04	-
Ký hiệu	Tạp chất. % không lớn hơn								
	Fe	Cu	Zn	As	Cd	Sn	Sb	Pb	Bi
H0	0,002	0,001	0,005	0,0005	0,0003	0,0003	0,003	0,0003	0,0003
H1y	0,01	0,015	0,0008	0,001	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
H1	0,01	0,02	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
H2	0,04	0,04	0,005	-	-	-	-	-	-
H3	-	0,6	-	-	-	-	-	-	-
H4	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-

Bảng 8.74. **Thành phần và tính chất một số hợp kim từ cứng**

Hệ hợp kim	Tên thường dùng	Thành phần hợp kim, % (còn lại là Fe)				Từ tính		
		Ni	Co	Al	Nguyên tố khác	$(B.H)_{max}$ 10^6 gauss. oersted	Hc. oersted	Br. gauss
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ni-Al Fe đẳng hướng	Alni.Alri120. . Alnico, Iti. Nitrri ReDo 100	22-30		11-13	0- 5 Cu; 0-1 Ti	0,9-1,35	300-630	7500-5500
Ni-Co-Al-Fe đẳng hướng	Alnico, Alnicoli, Alnico 160. Magloy 5, Nialoo 8, reco 34	17-24	10-17	9-13	3-6Cu 0-1Ti	1,3-2,1	530-730	8400-5000
Ni-Co-Al-Fe đẳng hướng	Alni 120, Doalni, nialoc 1. IF, IR, Reco 120, 140	24-26	2-5	10-13	3-7Cu 0,6-1,0Ti	1,3-1,5	530-650	6500-5900

Tiếp bảng 8.74

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ni-Co-Al-Fe đẳng hướng	Alnico 220, Reco 220, hynico	13-20	20-35	6-8	3-7Cu 4-9Ti	1,6-2,3	800-1200	6300-5500
Ni-Co-Al-Fe đẳng hướng	Alnico IV, Reco 160, 170	18-24	10-15	7,5-10	6-6,5Cu 1,9-5Ti	1,6-1,9	680-1000	660-5600
Ni-Co-Al-Fe đẳng hướng	Alnicomax II.III. IV. Alnoco V.VII Alnico, 400.500.doalnimax doercimax magloy 1.2 maxalan Nialco 5.7.Ticonal. E.M.S.Ticonal 360.400.500.600 và 700	12-20	20-25	7,5-9	2-4Cu 0-1Ti 0-2,5Nb	3,5-5,7	475-850	13200-9000
Ni-Co-Al-Fe dị hướng	Alnico 190, Ilialco v. tICONAL 190	19-24	12-17	9-12	2-4 Cu 0-1 Ti	1,8-2,5	730-850	
Ni-Co-Al-Fe dị hướng	Alnico 8.Alnico 350.EHC. HycomaxII. Magloy 8. Ticonal X 450. 1500 F. 1800	14-16	29-35	7-8	3-5 Cu 2-6 Ti 0-2 Nb	3-5,8	1200-1850	8200-7500
Ni-Co-Al-Fe dị hướng với tổ chức hình trụ hoặc nửa trụ kéo dài	alcomax III SC. Almico 5-7 : V : DG Columax. magloy 10.1000.Ticonal :DG. GXI, 600.800. Super Ugimax 600.800	12-14	21-24	8	2-4 Cu 0-15 Ti 0-2,5 Nb	5,0-8,0	580-840	13700-2300
Ni-Co-Al-Fe dị hướng. Lực khử từ lớn với tổ chức hình trụ hoặc nửa trụ kéo dài	Alnico 9.Columax. Hycomax II	14-16	29-35	7	3-5 Cu 2-6 Ti 0-2 Nb	6,0-10,0	1300-1600	11000-9000

Bảng 8.75. **Thành phần hóa học một số hợp kim làm cặp nhiệt**

Tên hợp kim	Thành phần, %						
	Fe	Si	Mn	Cu	Cr	Al	Ni+Co
Copen MHMц 43-0,5			0,5	còn lại			43

Tiếp bảng 8.75

Tên hợp kim	Thành phần, %						
	Fe	Si	Mn	Cu	Cr	Al	Ni+Co
Constantan MHM 40-1,5			1,5	còn lại			40
Cromen 1 HX 9,5					9-10		còn lại
Cromen 2 HX9					8,5-9,5		còn lại
Alumen HMц AK 2-21		0,85-2	1,8-2,2			20-23	75-78
X15H60	còn lại				15-18		55-61

***Bảng 8.76.* Thành phần và tính chất một số hợp kim niken chống ăn mòn**

Tên hợp kim	Thành phần hóa học, %	Khối lượng riêng g/cm^3	Tỷ nhiệt, cal/g.độ	Độ dẫn nhiệt cal/ cm.s.độ	$\alpha_1, 10^6$ 1/độ	E, MPa	σ_b, MPa
1	2	3	4	5	6	7	8
Monen kim loại (НМЖМЦ 28-2,5-1,5)	1,2−1,8 Mn. 0,2 Si, 2−3 Fe. 0,3C, 27−29 Cu, còn lại Ni	8,84	0,127	0,062	14	175000	490-590
Monen K	1 Mn. 1Si. 2-4Al . 2Fe. 0,25 C. 63−70 Ni, còn lại là Cu	8,47	0,127	0,045	14	-	910-1050
Nicorien	1 Fe. 0.5Si. 14−17 Cr. 0.11C còn lại Ni	8,51	0,109	0,036	11,5	-	560-700
HasteloyA (4601)	3 Mn. 1Si. 20−30Mo. 18−20Fe, 0,12C còn lại Ni	8,8	0,094	0,04	11	190000	770-840
Hasteloy B (461)	3 Mn. 1Si, 1Cr. 26−30Mn, 4−7Fe, 0,3V. 0,12C còn lại Ni	9,24	0,091	0,027	10	215000	850-980
Hasteloy C (375)	1Mn. 1Si. 15−17 Cr. 16−17Mo, 4,5−7Fe, 3,7−5,2W 0,12C còn lại Ni	8,94	0,092	0,03	11,3	210000	850-900

Tiếp bảng 8.76

1	2	3	4	5	6	7	8
Hasteloy D	0.8-1 Mn. 8.5-10 Si.1Cr. 1Fe. 3.6-6.5 Cu. 0.12 C còn lại Ni	7,8	0,109	0,05	11	203000	800
Hasteloy F	21-23Cr. 5,5-7,5Mo. 44-47Ni. 1,7-2,5Nb + Ta còn lại Fe	8,17	0,102	-	14,2	204000	720
Hasteloy W	1Mn. 1Si. 5,5Cr . 2,5Co 2,5Mo . 5,5Fe . 0,6V còn lại Ni	9,03	-	-	11,3	-	870
Hasteloy X	22Cr. 9Mo. 20Fe. 45Ni	8,23	0,105	-	13,8	-	800
Niconen	0,5Mn. 0.5Si. 19,5-23,5Cr.25-35Mo. 1,5-3 Cu 38-46 Ni. 0,6-1,2 Ti, còn lại Fe	7,86	-	-	12,9	199000	640
Ilium C	1Mn.18-22Cr.2Al.6Mo. 6Fe . 3W, 6 Co, còn lại Ni	8,56	0,105	0,029	12,9	171000	480

***Bảng 8.77.* Thành phần (%) một số hợp kim niken biến dạng bền nóng**

Ký hiệu ГОСТ	C	Cr	Co	Ti	Al	W	Mo	Khác
ХН77 ТЮ	0,06	19-22	-	2,3-2,7	0,55-0,95	-	-	-
ХН77 ТЮР	0,07	19-22	-	2,4-2,8	0,60-1,0	-	-	-
ХН77 ВМТЮ	0,12	13-16	-	1,8-2,2	1,7-2,3	5-7	2-4	(0,1-0,5)V
ХН70 ВМФТЮ	0,12	13-16	-	1,7-2,2	2,4-2,9	5-7	2,5-4,0	(0,2-1)V
ХН55 ВМТФКЮ	0,12	9-12	12-16	1,4-2,0	3,6-4,5	4,5-6,5	4-6	(0,2-0,8)V
ХН73 МБТЮ	0,08	13-16	-	2,35-2,75	1,3-1,7	-	2,8-3,2	(1,8-2,2)V
ХН62 МВКЮ	0,10	5,5-10,5	4-6	-	4,2-4,9	4,3-6,0	9-11,5	-
ХН75 ВМО	0,12	9-11	-	-	4-4,6	4,5-5,5	5,0-6,5	0,7V
ХН56 ВМКЮ	0,01	5,5-10,5	11-13	-	5,4-6,2	6,0-7,5	6,5-8	-
ХН62 БМКТЮ	0,04-0,08	13-15	9-11	2,4-2,8	2,4-2,8	0,2	4,5-5,5	2.6Nb
ХН60 ВБМКЮ	0,05-0,11	6-10	8-12	1-3	5-7	7-10	2,3-3,5	(1,5-3,5)Nb
ХН65 ВМТЮ	0,05	15-17	-	1,2-1,6	1,2-1,6	8-10	3,5-4,5	-

Bảng 8.78. **thành phần (%) một số hợp kim niken đúc bền nóng**

Hợp kim	C	Cr	Al	Ti	W	Mo	Nb	Co	Ta	Khác
ЖС3	0,11-0,16	14-18	1,6-2,2	1,6-2,3	4,5-6,5	3-4,5	-	-	-	-
ЖС6	0,11-0,18	11,5-13,5	4,7-5,2	2,2-2,8	6-8	4-5,5	-	-	-	0,02B
ЖС6К	0,11-0,20	10,5-12,5	5-6	2,5-3,0	4,5-5,5	3,5-4,5	-	4-5	-	0,02B
ВжЛ12У	0,14-0,22	8,5-10,5	4,2-4,7	5,0-5,7	1,0-1,8	2,7-3,4	-	12-15	-	(0,5-1,0)V 0,01B
ЖС6-30	0,11-0,20	5-9	4,8-5,8	1,4-2,3	10,5-12,5	0,7	0,9	8,5	0,3-1,2	-
ЖС36	0,02	3-5	5,5-6,5	0,5-1,5	11-13	1	1	5,5	-	2
ВКНА-1В	0,02-0,06	5-6	8-9	1-2	2-4	3	-	-	0,4-0,6	-
ВКНА-4У	0,02	4,5-5,5	8-9	0,6-1,2	1,8-2,5	5	-	4	-	-

Bảng 8.79. **Thành phần của một số loại chì kỹ thuật**

Ký hiệu	Tạp chất, % (không nhỏ hơn)													Ứng dụng
	Pb, % không nhỏ hơn	Ag	Cu	As	Sb	Sn	Zn	Fe	Bi	Mg	Cs+ Mg+ Na	Ca + Na	Tổng cộng	
CO	99,992	0,03	0,05	0,05	0,0005	0,0005	0,001	0,001	0,004	0,001	-	0,002	0,008	Chế tạo acquy
C1	99,985	0,01	0,1	0,1	0,001	0,001	0,001	0,001	0,006	-	0,003	-	0,015	Chế tạo acquy, lưới chì và các áo bảo vệ
C2	99,95	0,15	0,1	0,2	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,005	-	0,01	0,05	Các lớp lót chịu axit
C3	99,9	0,15	0,2	0,5	0,005	0,005	0,005	0,005	0,06	0,01	-	0,03	0,01	Làm vỏ cáp
C3 CY	-	0,15	0,2	0,5	0,008	0,4	0,008	0,005	0,005	0,01	-	0,03	-	Làm vỏ cáp
C4	99,6	0,2	0,2	-	-	-	-	0,01	0,01	0,01	0,25	0,05	4	Mạ chì, trát mối hàn đường ống dẫn nước.

Bảng 8.80. **Thành phần một số loại thiếc kỹ thuật**

Ký hiệu	Thiếc, % không lớn hơn	Tạp chất % không lớn hơn								Công dụng
		As	Fe	Cu	Pb	Bi	Sb	S	Tổng cộng	
O_1	99,90	0,015	0,009	0,01	0,04	0,01	0,015	0,01	0,10	Mạ đồ hộp đựng thực phẩm
O_2	99,56	0,02	0,02	0,03	0,25	0,05	0,05	0,02	0,44	Chế tạo ổ trục và thuốc hàn
O_3	98,35	0,10	0,05	0,10	1,0	0,30	0,30	0,04	1,65	Chế tạo ổ trục và thuốc hàn
O_4	96,25	0,10	0,05	0,15	3,0	0,30	0,30	0,05	3,75	Tương tự O_1

Bảng 8.81. **Thành phần một số hợp kim dễ chảy**

Thứ tự hợp kim	Thành phần, %					Nhiệt độ nóng chảy, °C
	Bi	Pb	Sn	Cd	Hg	
1	36	35	30	-	-	140
2	50	25	25	-	-	94
3	50	30	20	-	-	96
4	50	27	13	10	-	70
5	53	15	20	12	-	70
6	50	25	12,5	12,5	-	60,5
7	47	36	-	7	10	62
8	42	32	-	6	20	58
9	36	28	-	6	30	48

Bảng 8.82. **Thành phần và công dụng của một số hợp kim hàn**

Ký hiệu hợp kim	Thành phần, %			Nhiệt độ nóng chảy, °C	Ứng dụng
	Sn	Sb	Pb		
HOC 90	80-90	0,2	còn lại	210	Hàn đồ dùng, các thiết bị y tế
HOC 61	61-62	0,2	còn lại	190	Hàn đồ dùng, các thiết bị y tế
HOC 40	39-40	1,5-2	còn lại	240	Hàn latông, sắt, dây đồng
HOC 30	28-30	1,5-2	còn lại	260	Hàn đồng, sắt, các tấm tráng thiếc
HOC 18	17-18	2-2,5	còn lại	270	Hàn chì, sắt, đồng, tôn, chi tiết máy kéo
HOC 4-6	3-4	5-6	còn lại	280	Hàn sắt, latông

Bảng 8.83. **Thành phần và tính chất một số hợp kim làm vỏ bọc cáp**

Số TT	Thành phần, %						T cháy, ^oC	σ_b, MPa	Dão* $\alpha.10^{-4}$ %/h	σ_{-1} với 10^7 chu kỳ MPa	Số lần uốn ở 20^oC	δ, %	HB, 10MPa
	Sn	Sb	Cu	Te	Cd	Pb							
1	-	-	-	-	-	còn lại	52	15	0,1	0,42	42	52	4,4
2	0,5	-	-	-	-	-	49	19	1,8	0,66	23	49	5,7
3	-	-	0,6	-	-	-	67	14	0,03	0,43	50	67	4,6
4	-	-	-	0,06	-	-	48	18	0,03	0,51	49	48	5,8
5	2	-	-	-	-	-	56	21	1,00	0,69	20	56	6,1
6	-	0,5	-	-	0,25	-	41	21	1,20	0,66	20	41	6,1

* Xác định trong điều kiện tải trọng 0,1 kG/mm^2 ở trạng thái ép.

Bảng 8.84. **Thành phần và ứng dụng của một số loại kẽm**

Ký hiệu	Zn, %	Tạp chất, % không lớn hơn								Công dụng
		Pb	Fe	Cd	Cu	As	Sb	Sn	tổng cộng	
ЦВ	99,99	0,005	0,03	0,002	0,001	-	-	-	0,01	Ứng dụng trong hàng không, kỹ thuật tự động và công nghiệp hóa học
Ц0	99,96	0,015	0,01	0,01	0,001	-	-	-	0,04	Làm pin ứng dụng trong hàng không, kỹ thuật tự động, luyện các hợp kim kẽm biến dạng
Ц1	99,94	0,024	0,015	0,014	0,002	-	-	-	0,06	Luyện các hợp kim biến dạng, chế tạo latông, làm pin, mạ kẽm và làm bột màu
Ц2	99,9	0,05	0,04	0,02	0,002	-	-	-	0,1	Làm kẽm tấm, chế tạo latông và brông, để mạ kẽm và làm sơn
Ц3	98,7	1,0	0,07	0,2	0,005	0,01	0,02	0,002	1,3	Chế tạo bản in, làm latông và mạ
Ц4	97,5	2,0	0,15	0,2	0,005	0,01	0,02	0,05	2,5	Chế tạo hợp kim đúc, mạ

Bảng 8.85. **Thành phần một số hợp kim Zn đúc**

Hợp kim	Thành phần, %						
	Al	Cu	Mg	Pb	Fe	Sn	Zn
1	3,5-4,5	2,5-3,5	0,05-0,1	0,01	0,01	-	còn lại
2	3,5	0,5	0,06	-	-	-	còn lại
3	4	1	0,03	-	-	-	còn lại
4	0,25	4-5	-	-	-	-	còn lại

Bảng 8.86. **Tính chất một số hợp kim Zn đúc**

Hợp kim	Cơ tính			Khối lượng riêng, g/cm^3	Điểm tới hạn trên	Ứng dụng
	σ_b, MPa	δ, %	HB, MPa			
1	350	2−5	1000	6,75	400	đúc dưới áp lực
2	270	3	800	6,75	390	"
3	300	2−6	900	6,63	389	"
4	200	5	50	-	-	"

Bảng 8.87. **Thành phần, tính chất một số hợp kim kẽm biến dạng**

Ký hiệu hợp kim	Thành phần, %				Điểm giới hạn trên, ^{o}C	K.L riêng, g/cm^3	Độ dẫn nhiệt, cal/cm.s.độ	Hệ số dãn nở nhiệt $\alpha.10^6$, l/độ	σ_b, MPa	δ, %	Y, %	a_K, 10^2. kJ/m^2	HB, 10, MPa	Ứng dụng
	Al	Cu	Mg	Zn										
ЦАМ 0,2-4	0,2	4	-	còn lại	470	7,25	-	30	300	25-50	60-70	1,5	85	ép, cán, chuốt
ЦАМ 2-5	2	5	-	-	450	7,05	-	-	400	9-11	-	-	100	Ép
ЦАМ 4-1	4	1	0,03	-	390	6,68	-	27,4	380	8-10	52	0	90	Ép
ЦАМ 10-2	10	2	0,03	-	419	6,21	0,24	27-30	400	15-20	45-60	2,0	100	Ép
ЦАМ 10-5	10	5	0,03	-	395	6,3	0,24	27	400	12-18	-	1,0	100	Ép
ЦА 15	15	-	0,05	-	433	5,75	0,25	-	460	5-8	-	2,2	110	Ép
ЦМ1	-	1	-	-	422	7,18	-	34,8	300	20	-	-	50	Ép

Bảng 8.88. **Thành phần, ký hiệu, tính chất của một số hợp kim ổ trục trên cơ sở chì và thiếc**

Nhóm	Ký hiệu hợp kim	Thành phần hóa học, %	K.L riêng, g/cm^3	Nhiệt độ kết tinh, ^{o}C	Hệ dãn nở nhiệt $\alpha.10^6$, l/độ	Hệ số dẫn nhiệt, cal/cms.độ	σ_b, MPa	HB, MPa	δ, %	a_K, 10^2 kJ/m^2	Hệ số ma sát ướt	Độ mài mòn, $mg/cm^2.km$
Bacbit Sn	Б89	7.7Sb ; 3Cu ; Sn còn lại	7,3	350-240	22,5	0,09	80	250	9	0,8	0,005	0,09
	Б83	11 Sb : 6Cu : Sn còn lại	7,3	370-240	23	0,09	90	300	6	0,6	0,005	0,10

Tiếp bảng 8.88.

Bacbit chì thiếc	Б16	16Sn, 16Sb, 2Cu ; Pb còn lại	9,29	410-240	23	0,06	78	30	0,2	0,14	0,006	0,22
	БН	10Sn ; 14Sb ; 2Cu ; 1Ni ; 1,5Cd ; 0,7As ; Pb còn lại	9,55	400-240	26	0,055	70	290	1,0	0,03	0,006	0,15
	БТ	10Sn ; 15Sb ; 0,9 Cu ; 0,15 Fe ; (0,05-0,2) Tc ; Pb còn lại	9,55	410-240	26	0,055	67	220	1,7	0,5	0,007	0,23
	Б6	6Sn ; 15Sb ; 3Cu ; 2Cd ; 0,8As ; Pb còn lại 9,29	9,6	416-232	27	0,05	68	300	0,2	0,25	0,007	0,23
Bachit chì	БК	1Ca; 0,75Na ; Pb còn lại	0,5	440-320	36	0,05	100	320	2,5	0,8	0,004	0,16
	БК2	0,45Ca;0,4Na ; 2Sn ; 0,06Mg ; Pb còn lại	10,3	440-320	35	0,05	95	200	8	1,2	0,004	0,15
	БС	17Sb ; 1,5Cu ; Pb còn lại	10,1	410	26	-	42	-	0,5	-	0,007	-

Bảng 8.89. **Thành phần và tính chất của một số bacbit kẽm**

Ký hiệu hợp kim	Thành phần, %				Hệ số dãn nở nhiệt, $\alpha.10^{-6}$/độ	K.L riêng g/cm^3	Hệ số dẫn nhiệt, cal/cms.độ	σ_b, MPa	δ, %	a_K, kJ/m^2	HB, MPa	Hệ số ma sát
	Al	Cu	Mg	Zn								
ЦАМ 10-5	10	5	-	còn lại	27	6,3	0,24	300	0,5-1,5	1000	1000	0,009
ЦАМ 5-10	5	10	-	-	26-30	7,1	0,22-0,25	300	1-1,5	200	1100	-
-	10	0,5-1	0,03	-	27-30	6,2	0,23-0,24	300	0,7-1,5	120	1000	-
-	4	0,5-1	0,03	-	27-30	6,7	0,22-0,24	230	0,6-1,2	-	900	-

Bảng 8.90. **Thành phần một số hợp kim chì dùng trong kỹ thuật in**

Ký hiệu hợp kim	Thành phần, %			
	Pb	Sb	Sn	As
МЩ1	còn lại	13,5 - 15,0	-	3,5 - 4,5
МЩ2	"	14 - 16	-	2,7 - 3,3
МЩ3	"	14 - 16	-	1,5 - 2,5
МП1	"	9,5 - 10,5	-	1,0 - 1,5
МСМ1	"	9,5 - 10,5	-	2,0 - 2,5
ML1	"	9,5 - 10,5	-	1,0 - 1,5
LH1	"	9,5 - 10,5	4,2-4,8	-

Bảng 8.91. **Thành phần, công dụng một số hợp kim kẽm dùng trong kỹ thuật in**

Ký hiệu hợp kim	Nguyên tố hợp kim, %				Tạp chất, %			Ứng dụng
	Al	Cu	Mg	Zn	Pb	Fe	Tổng cộng	
ЦЩ1	3,5-4,5	0,06-0,1	0,02-0,06	còn lại	0,01	0,03	0,06	Đúc chữ in
N°3	2,1-3,0	-	1,2-1,8	"	0,01	0,03	0,1	Đúc chữ in
N°5	6,5-7,5	3,5-4,5	-	"	0,01	0,03	0,1	Đúc chữ in
N°6	4	-	2	"	0,01	0,03	0,1	Làm bản kẽm
N°7	5	4	2	"	0,01	0,03	0,1	Làm bản kẽm

Bảng 8.92. **Cơ tính của các hợp kim trên cơ sở Ti_3Al**

Hợp kim	Nhiệt luyện (Tổ chức)	Tính chất ở nhiệt độ, °C				σ^{800}_{100}, MPa
		20		650		
		σ_b, MPa	δ, %	σ_b, MPa	δ, %	
Ti, Al	Ủ	220÷600	0	430-600	2-3	130
Ti, AL	Hạt nhỏ	538	0,3	-	-	-
Alpha - 2 (24-11)	Ủ 1200°C+760°C, 8 giờ	665	2,1	-	-	-
24-15	(α_2+β) - tôi	800	5-6	-	-	-
Super Alpha-2	Tôi 1060°C + hoá					
Super Alpha-2	già 650°C, 2 giờ	1400	0,1	-	-	-
Super Alpha-2	Tôi 1060°C + hóa già 850°C, 2 giờ	1050	1,5	-	-	-
	Hạt + tấm	1000	6-9	-	-	-

Bảng 8.93. **Thành phần hóa học và cơ tính của hợp kim trên cơ sở TiAl**

Hợp kim	Gia công, dạng tổ chức	Cơ tính ở nhiệt độ, °C					
		20			760		
		σ_b, MPa	$\sigma_{0,2}$, MPa	δ, %	σ_b, MPa	$\sigma_{0,2}$, MPa	δ, %
Ti-48 Al-0,3C	Rèn + nhiệt luyện Tấm + kết tinh lại	406	390	1,4	470	320	10,8
Ti-48Al-2Cr-2Nb	Đúc + ép + nhiệt luyện Tấm + kết tinh lại	413	331	2,3	430	310	-
	Ép + nhiệt luyện Tấm + kết tinh lại	-	480	3,5	-	403	40
	Ép + nhiệt luyện Tấm	597	510	2,9	-	-	-
Ti-47Al-2W-0,5Si	Đúc + nhiệt luyện Tấm + kết tinh lại	520	425	1,0	460	350	2,5
Ti-46Al-5Nb-1W	Ép + nhiệt luyện Tấm	717	648	1,6	692	517	

Bảng 8.94. **Tính chất một số sợi cốt**

Vật liệu	Nhiệt độ nóng chảy, ^{o}C	Khối lượng riêng ρ, g/cm^3	Modun đàn hồi E, MPa, 10^{-3}	Giới hạn bền σ_b, MPa.10^3	$1/(\rho g)$	
					Giới hạn bền σ_b, km	Modun đàn hồi E ($km.10^{-3}$)
Sợi						
Bo	2040	2,63	380 - 420	2,5 - 3,5	95 - 133	14,5- 15,9
Cabon	3000	1,7	196 - 296	1,96 - 3,96	117 - 176	11,7- 17,4
Oxyt nhôm	2054	3,96	500	2,1-2,6	52 - 65	12,6
Dây						
Berili	1284	1,8	290	1,0 -1,3	55 - 65	15,76
Vonfram	3400	19,3	400	4,2	21	2,07
Thép	1300	7,8	200	3,6÷4,0	54 - 51	2,56
Râu đơn tinh thể						
Nitrit nhôm	2400	3,3	380	15	455	11,5
Cacbua silic	2650	3,21	580	37	1150	18
Nitrit silic	1900	3,18	495	15	472	15,6

Bảng 8.95. **Cơ tính một số compozit nền nhôm cốt sợi thép**

Vật liệu nền	Cốt		Khối lượng riêng, t/m^3	Độ bền, MPa	Modun đàn hồi E . 10^{-3}, MPa
	Sợi thép, MPa	Lượng chứa, %			
Al Cu 4,3 Mg 0,6 Mn 0,6	Cr 18 Ni 9 Ti (1850)	7-24	3,1 - 3,9	160 - 465	100
AlMg 6	Cr 18 Ni 9 Ti (2000)	5-20	2,9 - 3,7	390 - 630	70 - 90
SAP - 1	Cr 15 Ni 4 N Mo 3 (4200)	40	4,8	1700	100

Bảng 8.96. Cơ tính của compozit nền hợp kim titan BT6

Cốt			Vật liệu compozit				
Tên	%	σ_b, MPa	ρ, t/m^3	σ_b, MPa	$\sigma_b/(\rho.g)$, km	E, GPa	$E/(\rho.g)$ 10^{-3}, km
Mo	30	2300	6,25	1400	22	200	3,2
Be	33	1050	-	1050	-	168	-
SiC*	25	2550	4,3	9,0	23	210	5

* Nền là titan kỹ thuật

DANH MỤC CÁC BẢNG

Chương 1

Bảng 1.1. Phân loại lò nhiệt luyện theo nguồn năng lượng nhiệt và theo các phương pháp sử dụng chúng (tr. 9).

Bảng 1.2. Phân loại lò theo đặc điểm cấu trúc và phương pháp cơ khí hóa (tr.9).

Bảng 1.3. Phân loại lò nhiệt luyện theo đặc điểm thể tích làm việc và dùng môi trường ngoài (tr. 11).

Bảng 1.4. Kích thước khoảng không làm việc của lò thường dùng (tr. 11).

Bảng 1.5. Tính năng suất và số lượng lò (tr. 12).

Bảng 1.6. Thời gian phụ để thay đổi chế độ làm việc của lò (tr. 13).

Bảng 1.7. Công suất riêng không kể trọng lượng gá lắp tính bằng $kg/m^2.h$ của lò đối với quá trình nhiệt luyện khác nhau (gần đúng) (tr. 14).

Bảng 1.8. Đặc tính nhiệt của lò nhiệt luyện (hệ số có lợi) (tính năng suất của cả gá lắp) (tr. 15).

Bảng 1.9. Tính toán nhiệt của lò (tr. 15).

Bảng 1.10. Lò buồng điện trở (tr. 17).

Bảng 1.11. Lò buồng điện trở có môi trường bảo vệ (tr. 19).

Bảng 1.12. Lò buồng điện trở có dây đốt bằng cacborun (tr. 19).

Bảng 1.13. Lò điện trở quay (tr. 20).

Bảng 1.14. Lò điện trở đáy rung (tr. 21).

Bảng 1.15. Lò điện trở có trống quay (tr. 21).

Bảng 1.16. Lò giếng chạy điện (tr. 23).

Bảng 1.17. Các loại lò điện ОКБ (tr. 24).

Bảng 1.18. Lò muối chạy điện (tr. 25).

Bảng 1.19. Lò muối điện cực kiểu CBC (tr. 26).

Bảng 1.20. Lò muối và lò diêm tiêu (tr. 27).

Bảng 1.21. Lò giếng điện trở để thấm cacbon thể khí (tr. 27).

Bảng 1.22. Lò điện trở làm việc theo chu kỳ để thấm nitơ thể khí (tr. 28).

Bảng 1.23. Đặc tính kỹ thuật của lò đẩy chạy điện dùng để tôi và ram (tr. 29).

Bảng 1.24. Máy liên hợp băng tải chạy điện để tôi và ram các chi tiết nhỏ và trung bình (tr. 30).

Bảng 1.25. Đặc tính kỹ thuật lò băng tải chạy điện để tôi và ram (tr. 32).

Bảng 1.26. Máy liên hợp tôi và ram (tr. 33).

Bảng 1.27. Đặc tính kỹ thuật của bể tôi (tr. 35).

Bảng 1.28. Đặc tính kỹ thuật của máy rửa (tr. 35).

Bảng 1.29. Các thiết bị chạy điện dùng để nhiệt luyện các dây, ống và băng (tr. 36).

Bảng 1.30. Lò điện trở chân không (tr. 38).

Bảng 1.31. Các máy biến đổi tần số cao loại ВПЧ (tr. 39).

Bảng 1.32. Đặc điểm kỹ thuật của thiết bị tôi bề mặt và nung thấu bằng máy phát đèn (tr. 40).

Bảng 1.33. Những đặc điểm cơ bản của chế độ tôi bề mặt khi nung nóng bằng TSC (tr. 40).

Bảng 1.34. Nhiệt độ nung nên dùng để tôi TSC (tr. 41).

Bảng 1.35. Đặc điểm các phương pháp tôi bề mặt bằng TSC (tr. 42).

Bảng 1.36. Thí dụ đối với mẫu thép có đường kính 10 và 17 mm (tr. 45).

Bảng 1.37. Nung nóng trong chất điện phân (tr. 46).

Bảng 1.38. Tính chất của các chất điện phân dùng để nung nóng (tr. 46).

Bảng 1.39. Chế độ nung nóng một và hai bậc đối với chi tiết máy kéo (tr. 47).

Bảng 1.40. Các số liệu về chất đốt dùng để tôi ngọn lửa (tr. 47).

Bảng 1.41. Phân loại các phương pháp tôi bề mặt bằng ngọn lửa khí (tr. 48).

Bảng 1.42. Số lỗ và đường kính mỏ đốt đối với axetilen (tr. 50).

Bảng 1.43. Vòi phun (tr. 50).

Bảng 1.44. Chiều rộng khe làm việc của mỏ đốt để tôi đối với dầu hỏa (tr. 52).

Bảng 1.45. Tính thời gian nung nóng khi tôi ngọn lửa (tr. 52).

Bảng 1.46. Thời gian nung nóng bề mặt chi tiết bằng ngọn lửa khí (s) đến 900°C (tr. 53).

Bảng 1.47. Chiều sâu và độ cứng lớp được tôi thay đổi phụ thuộc vào khoảng cách giữa vùng nung nóng và làm nguội (tr. 53).

Bảng 1.48. Vòi đốt ngọn lửa khí dùng để tôi (tr. 54).

Bảng 1.49. Vòi đốt để tôi VĐT bề mặt, rộng 100–600 mm (tr. 56).

Bảng 1.50. Vòi đốt phẳng để tôi và vòi đốt ngọn lửa oxi–axetilen (tr. 57).

Bảng 1.51. Vòi đốt ngọn lửa oxi–khí nhiệt phân (tr. 57).

Bảng 1.52. Phân loại máy tôi (tr. 58).

Bảng 1.53. Công thức điện trở và công suất cần thiết của lò cho các sơ đồ mắc dây đốt chính (tr. 61).

Bảng 1.54. Tỷ số $\frac{\nu}{\nu_{lt}}$ khi nung nóng các vật liệu khác nhau (hệ số mất mát nhiệt $\nu = 0{,}25$) (tr. 62).

Bảng 1.55. Đặc điểm của vật liệu dùng làm dây đốt (tr. 65).

Bảng 1.56. Các dây điện trở cao làm bằng hợp kim chịu nóng (tr. 67).

Bảng 1.57. Các loại băng điện trở cao (tr. 68).

Bảng 1.58. Điện trở riêng $\rho \cdot 10^6$ $\Omega\,mm^2/m$ của sắt nguyên chất và thép cacbon (tr. 68).

Bảng 1.59. Dây đốt kiểu ống (tr. 69).

Bảng 1.60. Thành phần hóa học, tính chất và kích thước của dây đốt bằng cacborun (tr. 70).

Bảng 1.61. Đặc tính các thanh cacborun của lò Г 30 và ОКБ–210А (tr. 71).

Bảng 1.62. Điện trở riêng của các thanh cacborun theo %, phụ thuộc vào nhiệt độ (tr. 71).

Bảng 1.63. Đặc tính các thanh cacborun (silic) có hai đầu lớn (tr. 71).

Chương 2

Bảng 2.1. Hằng số nhiệt động của các phản ứng hóa học quan trọng (tr. 74).

Bảng 2.2. Phương trình để xác định hằng số cân bằng các phản ứng oxi hóa kim loại (tr. 75).

Bảng 2.3. Hằng số cân bằng và lượng cân bằng CO_2 và H_2O của phản ứng hơi nước (tr. 78).

Bảng 2.4. Hằng số cân bằng và phương trình đơn giản (tr. 78).

Bảng 2.5. Hằng số cân bằng của các phản ứng (1) và (2) (hình 2.4b) (tr. 82).

Bảng 2.6. Phân loại khí bảo vệ (tr. 93).

Bảng 2.7. Đặc tính khí bảo vệ (tr. 94).

Bảng 2.8. Sử dụng khí bảo vệ 9tr. 97).

Bảng 2.9. Đặc tính kỹ thuật của silicagen (tr. 99).

Bảng 2.10. Tính chất hóa lý của etanonlamin (tr. 100).

Bảng 2.11. Độ hòa tan của CO_2 và H_2S trong các dung dịch nước của etanonlamin (tr. 101).

Bảng 2.12. So sánh các chất làm khô khí (không khí) khác nhau (tr. 101).

Bảng 2.13. Áp suất hơi nước bão hòa và lượng ẩm trong $1m^3$ hơi nước (tr. 102).

Bảng 2.14. Lượng ẩm trong $1m^3$ hơi nước bão hòa của băng tính theo % (tr. 103).

Chương 3

Bảng 3.1. Tính chất nhiên liệu dầu mỏ–madut (tr. 108).

Bảng 3.2. Trọng lượng phân tử, trọng lượng riêng, giá trị tuyệt đối của entanpi và entropi ở 0^oK của một số khí (tr. 108).

Bảng 3.3. Hiệu ứng nhiệt của phản ứng cháy (tr. 109).

Bảng 3.4. Hệ số dẫn nhiệt $\lambda\ 10^3\ \frac{kcal}{m\ .\ h\ .^oC}$ của các khí ở áp suất thường (tr. 110).

Bảng 3.5. Nhiệt dung riêng và nhiệt hàm của các khí (tr. 111).

Bảng 3.6. Độ đen bức xạ toàn phần đối với các vật liệu khác nhau (tr. 112).

Bảng 3.7. Đặc tính của nhiên liệu khí tự nhiên (tr. 114).

Bảng 3.8. Đặc tính của nhiên liệu khí (tr. 115).

Bảng 3.9. Thành phần trung bình của sản phẩm cháy nhiên liệu khí khi α = 1,0 tính bằng % (tr. 115).

Bảng 3.10. Đặc tính kỹ thuật của vòi đốt áp lực thấp (tr. 118).

Bảng 3.11. Áp lực của hỗn hợp và của khí trong vòi đốt hút không ngọn lửa ở áp lực cao (tr. 119).

Bảng 3.12. Kích thước vòi đốt hút khí, phần ngầm, bộ phận trộn và năng suất vòi đốt khí lò sinh khí (tr. 119).

Bảng 3.13. Phương pháp xác định tổn hao nhiên liệu và năng lượng điện 9tr. 121).

Bảng 3.14. Nhiệt độ bốc lửa và giới hạn cháy của khí (tr. 122).

Bảng 3.15. Những số liệu chính của vật liệu chịu lửa (tr. 123).

Bảng 3.16. Các tính chất cơ bản của vật liệu xốp chịu lửa (hạng nhẹ) (tr. 124).

Bảng 3.17. Hình dạng và kích thước vật liệu chịu lửa thông dụng (tr. 125).

Bảng 3.18. Những số liệu cơ bản của vật liệu cách nhiệt (tr. 129).

Bảng 3.19. Chiều dày giới hạn của chi tiết mỏng khi Bio = $\frac{X\alpha}{\lambda}$ < 0,25 (tr. 133).

Bảng 3.20. Thời gian nung nóng trong thiết bị khác nhau (750°C, mẫu thép có đường kính 50 mm) (tr. 134).

Bảng 3.21. Giá trị của hệ số ε (tr. 135).

Bảng 3.22. Giá trị của hàm số f_1 (tr. 136).

Bảng 3.23. Giá trị của hàm số f_2 (tr. 137).

Bảng 3.24. Thời gian nung nóng và giữ nhiệt tính ra phút tùy thuộc vào tiết diện chi tiết (cho thép cacbon) (tr. 139).

Bảng 3.25. Thời gian nung nóng tính ra phút tùy thuộc vào tỷ số bề mặt chi tiết F trên thể tích V của nó (tr. 140).

Bảng 3.26. Chế độ tôi sáng (tr. 145).

Bảng 3.27. Thành phần nên dùng của bể oxi hóa (tr. 146).

Bảng 3.28. Đặc tính của môi trường làm nguội để tôi đẳng nhiệt (tr. 146).

Bảng 3.29. Nhiệt dung riêng thực tế của dung dịch nước, kcal/kg.độ (tr. 147).

Bảng 3.30. Đặc tính của hỗn hợp muối dùng cho lò nồi (tr. 147).

Bảng 3.31. Kim loại và hợp kim dùng nung nóng các chi tiết thép để ram (tr. 149).

Bảng 3.32. Thành phần hỗn hợp muối, kiềm dùng để nung nóng và đồng thời tôi đẳng nhiệt, phân cấp (tr. 149).

Bảng 3.33. Tính chất lý hóa các loại dầu làm môi trường nguội để tôi và môi trường nung để ram (tr. 151).

Bảng 3.34. Tốc độ làm nguội thép trong các môi trường làm nguội khác nhau (xem hình 3.10 – 3.15) (tr. 152).

Chương 4

Bảng 4.1. Hằng số mạng của sắt (tr. 154).

Bảng 4.2. Các điểm đặc trưng của giản đồ sắt–cacbon (tr. 155).

Bảng 4.3. Các tính chất của các thành phần tổ chức thép và gang (tr. 159).

Bảng 4.4. Các đặc tính nguyên tử và thể tích chủ yếu của các pha của thép (tr. 162).

Bảng 4.5. Ảnh hưởng các nguyên tố hợp kim đến các tính chất của thép (tr. 169).

Bảng 4.6. Các thông số hình học của các hạt với các cấp khác nhau (tr. 176).

Bảng 4.7. Cấp hạt ở các độ phóng đại và các cấp hạt tương ứng với chúng khi độ phóng đại tiêu chuẩn là 100 (tr. 176).

Bảng 4.8. Các điều kiện thích hợp làm nguội mẫu (tr. 180).

Bảng 4.9. Tốc độ làm nguội (trung bình) trong các tiết diện của thỏi thép tròn nung nóng đến nhiệt độ tôi (tr. 180).

Bảng 4.10. Tốc độ làm nguội (trung bình) để bảo đảm được độ cứng HRC50 (tr. 181).

Bảng 4.11. Nhiệt độ nung nóng để tôi khi thử độ thấm tôi (tr. 181).

Bảng 4.12. Chiều dày của thép đem thử và thời gian duy trì tải trọng khi thử theo Brinen (tr. 188).

Bảng 4.13. Tải trọng nên dùng P, kg (tr. 189).

Bảng 4.14. Số độ cứng khi thử bằng mũi kim cương (theo Vichker) với tải trọng 10 kg (tr. 189).

Bảng 4.15. Tải trọng đem dùng và giới hạn đo độ cứng (tr. 190).

Bảng 4.16. Các kiểu máy đo để xác định độ cứng khi kiểm tra mẫu thỏi (tr. 192).

Bảng 4.18. Tương quan gần đúng giữa các loại độ cứng xác định theo các phương pháp khác nhau (tr. 198).

Bảng 4.19. Số đo độ cứng tế vi Hμ, MPa (kG/mm^2) khi thử bằng mũi đâm kim cương hình tháp gốc ở đỉnh 136° với tải trọng 100 Gam (tr. 197).

Bảng 4.20. Độ cứng tế vi một số kim loại và hợp kim (tr. 198).

Bảng 4.21. Độ cứng tế vi các pha trong hệ Cu–Sn (tr. 200).

Bảng 4.22. Độ cứng tế vi các pha và các thành phần tổ chức của hợp kim (tr. 200).

Bảng 4.23. Độ cứng tế vi của mactenxit (tr. 201).

Bảng 4.24. Độ cứng tế vi của cacbit, borit, silicua (tr. 202).

Bảng 4.25. Độ cứng tế vi các pha trong hệ Sn–Sb–Pb–Cu (tr. 203).

Bảng 4.26. Độ cứng tế vi các pha trong hệ Sn–Sb (tr. 203).

Bảng 4.27. Độ cứng tế vi các pha trong hệ Cu–Sb (tr. 204).

Bảng 4.28. Độ cứng tế vi của gang và thép crom (tr. 204).

Chương 5

Bảng 5.1. Bảng ký hiệu các phương pháp và tổ chức nhiệt luyện (tr. 205).

Bảng 5.2. Bảng so sánh cơ tính của thép 30CrMnSiA sau khi tôi đẳng nhiệt và tôi thường (tr. 212).

Bảng 5.3. Phân loại các phương pháp nung nóng khi tôi bề mặt (tr. 213).

Bảng 5.4. Độ bền mỏi của mẫu thép C40 và 40Cr ở các chế độ nhiệt luyện khác nhau (tr. 213).

Bảng 5.5. Chiều sâu lớp được tôi của các mẫu hình trụ có đường kính 15 mm, được nung nóng theo các chế độ khác nhau (tr. 215).

Bảng 5.6. Chế độ nung thấu các tấm bằng dòng điện có tần số công nghiệp (tr. 220).

Bảng 5.7. Hiệu quả gia công lạnh vài số hiệu thép (tr. 224).

Bảng 5.8. Ảnh hưởng của gia công lạnh (t = – 183°C) đến cơ tính và khả năng chống mài mòn của một vài số hiệu thép hợp kim (tr. 225).

Bảng 5.9. Giới hạn mỏi khi uốn của các mẫu đường kính 10 mm khi thấm cacbon thấm xianua và thấm nitơ (tr. 229).

Bảng 5.10. Ảnh hưởng của nguyên tố hợp kim đến hằng số khuếch tán của cacbon vào sắt γ (0,4% C) (tr. 230).

Bảng 5.11. Thành phần chất thấm cacbon thể rắn (tr. 231).

Bảng 5.12. Thời gian quá trình thấm cacbon thể rắn phụ thuộc chiều sâu yêu cầu của lớp thấm (tr. 232).

Bảng 5.13. Tiêu hao chất thấm cacbon (gần đúng) trong lò giếng (tr. 240).

Bảng 5.14. Chế độ thấm cacbon thể khí trong lò giếng và trong lò liên tục (tr. 243).

Bảng 5.15. Các phương pháp cách ly bề mặt chi tiết khỏi bị thấm cacbon (tr. 244).

Bảng 5.16. Đặc tính lớp thấm cacbon thể lỏng của thép C20 (lượng chứa trong bể 5% NaCN, t = 840°C , τ = 3h) (tr. 245).

Bảng 5.17. Điều kiện pha trộn các muối khác nhau với muối xianua, ứng dụng khi thấm cacbon thể lỏng (tr. 246).

Bảng 5.18. Thành phần qui định của bể muối thấm cacbon thể lỏng (tr. 247).

Bảng 5.19. Thời gian của quá trình thấm cacbon thể lỏng phụ thuộc vào chiều sâu lớp thấm (tr. 247).

Bảng 5.20. Chiều sâu lớp thấm xianua phụ thuộc vào thành phần bể muối (tr. 249).

Bảng 5.21. Thấm xianua bằng cách nung nóng bể và chi tiết bằng dòng điện tần số cao (thành phần bể giống bảng 5.20) (tr. 250).

Bảng 5.22. Thành phần bể thấm xianua ở nhiệt độ cao (tr. 251).

Bảng 5.23. Thành phần bể thấm xianua các dụng cụ ở nhiệt độ thấp (lượng chứa muối %) (tr. 251).

Bảng 5.24. Chiều sâu lớp thấm xianua thép gió phụ thuộc vào thời gian giữ nhiệt khi thấm xianua ở nhiệt độ thấp (tr. 252).

Bảng 5.25. Thành phần bể thấm xianua thể lỏng trên cơ sở muối $K_4Fe(CN)_6$ (tr. 252).

Bảng 5.26. Thành phần hỗn hợp để thấm xianua thể khí (tr. 253).

Bảng 5.27. Thời gian thấm xianua các dụng cụ làm bằng thép 80Cr4W18V và 90Cr4W9V2 (tr. 254).

Bảng 5.28. Thành phần bột nhão thấm xianua thép kết cấu (tr. 254).

Bảng 5.29. Lượng tiêu hao gần đúng của chất thấm khi thấm xianua thể khí (tr. 255).

Bảng 5.30. Đặc tính về mạng tinh thể nguyên tử và nồng độ các pha cơ bản trong lớp thấm nitơ (tr. 260).

Bảng 5.31. Hệ số khuếch tán của nitơ trong các pha khi thấm nitơ thép (tr. 261).

Bảng 5.32. Thang độ dòn của lớp thấm nitơ (tr. 261).

Bảng 5.33. Chế độ thấm nitơ TN (tr. 262).

Bảng 5.34. Thép thấm nitơ có nhôm và molipđen (tr. 263).

Bảng 5.35. Chế độ thấm nitơ vài số hiệu thép (tr. 263).

Bảng 5.36. Thành phần bể thấm lưu huỳnh (tr. 265).

Bảng 5.37. Thành phần bể thấm lưu huỳnh cacbon nitơ (tr. 266).

Bảng 5.38. Đặc tính của quá trình thấm kim loại (tr. 268).

Chương 6

Bảng 6.1. Phân loại thép theo thành phần hóa học (tr. 274).

Bảng 6.2. Phân loại thép theo tổ chức (tr. 274).

Bảng 6.3. Cơ tính của các thép cacbon chất lượng thường (TCVN 1765–75) (tr. 281).

Bảng 6.4. Thành phần hóa học (%) của một số số hiệu thép thấm cacbon (tr. 282).

Bảng 6.5. Thành phần hóa học (%) của một số số hiệu thép hóa tốt (tr. 284).

Bảng 6.6. Thành phần hóa học (%) của các số hiệu thép gió thường gặp (tr. 285).

Bảng 6.7. Thành phần hóa học (%) của các thép làm khuôn dập thường gặp (tr. 286).

Bảng 6.8. Thành phần hóa học (%) của các thép làm khuôn côn rèn và khuôn ép chảy thường gặp (tr. 287).

Bảng 6.9. Thành phần hóa học (%) của các số hiệu thép không gỉ chủ yếu (tr. 288).

Bảng 6.10. Thành phần hóa học (%) của các số hiệu thép làm xupap xả (tr. 289).

Chương 7

Bảng 7.1. Thành phần hóa học (%) của các loại gang (tr. 292).

Bảng 7.2. Cơ tính của các loại gang xám (tr. 293).

Bảng 7.3. Tính chất của các loại gang khác nhau (tr. 297).

Bảng 7.4. Cơ tính của gang xám phụ thuộc vào tổ chức tế vi (tr. 298).

Bảng 7.5. Một số số hiệu gang thông dụng (theo tiêu chuẩn ASTM) (tr. 298).

Bảng 7.6. Cơ tính và tổ chức nền kim loại của một số số hiệu gang (tr. 300).

Bảng 7.7. Công nghệ nhiệt luyện gang (tr. 300).

Bảng 7.8. Quy trình nhiệt luyện gang (tr. 302).

Bảng 7.9. Thứ tự các thao tác khi nhiệt luyện gang (tr. 303).

Bảng 7.10. Quy trình nhiệt luyện thường dùng để ủ khử ứng suất của gang đúc (tr. 306).

Bảng 7.11. Thành phần hóa học và phạm vi ứng dụng các ký hiệu gang xám (tr. 307).

Bảng 7.12. Cơ tính của gang (tr. 310).

Bảng 7.13. Thành phần hóa học gang xám thấm nitơ (%) (tr. 310).

Bảng 7.14. Quy trình thấm nitơ của gang làm sơmi (tr. 310).

Bảng 7.15. Quy trình nhiệt luyện gang cầu nên dùng (tr. 311).

Bảng 7.16. Những khuyết tật của gang xám, gang dẻo sau khi ủ (tr. 311).

Bảng 7.17. Thành phần hóa học một số số hiệu gang Cr theo ASTM A532–82 (tr. 312).

Chương 8

Bảng 8.1. Các tính chất vật lý cơ bản của kim loại màu (tr. 320).

Bảng 8.2. Các nguyên tố hợp kim thường gặp trong nhôm (tr. 321).

Bảng 8.3. Thành phần hóa học (%) và cơ tính của các hợp kim nhôm theo AA.

Bảng 8.4. Thành phần hóa học (%) và cơ tính của một số hợp kim đồng theo CDA (tr. 322).

Bảng 8.5. Ký hiệu hợp kim nhôm AA (tr. 323).

Bảng 8.6. Ký hiệu một số hợp kim nhôm biến dạng ở một số nước khác nhau (tr. 324).

Bảng 8.7. Thành phần hóa học và các tính chất cơ học của hợp kim nhôm biến dạng (tr. 325).

Bảng 8.8. Thành phần hóa học và cơ tính của hợp kim nhôm đúc (tr. 326).

Bảng 8.9. Thành phần và ký hiệu hợp kim nhôm kỹ thuật dạng thỏi (tr. 327).

Bảng 8.10. Thành phần và tính chất của các hợp kim Al–Mn (tr. 328).

Bảng 8.11. Thành phần hóa học của một số hợp kim hệ Al–Mg (tr. 328).

Bảng 8.12. Thành phần hóa học các đura (tr. 328).

Bảng 8.13. Nhiệt độ tôi của một số đura (tr. 329).

Bảng 8.14. Tổ chức các đura ở trạng thái cân bằng và không cân bằng (tr. 329(.

Bảng 8.15. Chế độ hóa già một số đura (tr. 329).

Bảng 8.16. Thành phần hóa học của các hợp kim nhôm biến dạng (tr. 330).

Bảng 8.17. Chế độ nhiệt luyện AK6 và AK8 (tr. 330).

Bảng 8.18. Thành phần hóa học một số hợp kim hệ Al–Zn–Mg–Cu (tr. 330).

Bảng 8.19. Thành phần hóa học của một số hợp kim hệ Al–Cu–Mn (tr. 330).

Bảng 8.20. Các dạng nhiệt luyện hợp kim màu (tr. 331).

Bảng 8.21. Quy trình nhiệt luyện và cơ tính của hợp kim nhôm gia công bằng áp lực (tr. 331).

Bảng 8.22. Xác định thời gian nung để tôi hợp kim nhôm gia công bằng áp lực (phút) (tr. 332).

Bảng 8.23. Các dạng nhiệt luyện, mục đích và công dụng nhiệt luyện hợp kim nhôm đúc (tr. 333).

Bảng 8.24. Chế độ nhiệt luyện hợp kim Д20 và 1201 (tr. 333).

Bảng 8.25. Thành phần hóa học của một số hợp kim hệ Al–Cu–Li và Al–Mg–Li (tr. 333).

Bảng 8.26. Thành phần hóa học của một số silumin (tr. 333).

Bảng 8.27. Cơ tính của một số silumin (tr. 334).

Bảng 8.28. Thành phần hóa học và cơ tính của hợp kim nhôm đúc (tr. 335).

Bảng 8.29. Nhiệt độ ủ của nhôm (tr. 336).

Bảng 8.30. Phương pháp nhiệt luyện hợp kim nhôm silic (tr. 336).

Bảng 8.31. Phương pháp ủ đura Д 1 (nhôm cứng) (tr. 336).

Bảng 8.32. Thành phần hóa học và cơ tính một số hợp kim nhôm đúc hệ Al–Cu (tr. 337).

Bảng 8.33. Thành phần một số hợp kim nhôm đúc hệ Al–Mg (tr. 337).

Bảng 8.34. Quy trình nhiệt luyện của nhôm đúc trong lò nung môi trường khí (tr. 338).

Bảng 8.35. Thành phần tính chất các hợp kim nhôm thiêu kết có hệ số dãn nở nhiệt nhỏ (tr. 339).

Bảng 8.36. Thành phần và ký hiệu một số hợp kim chống ma sát trên cơ sở nhôm (tr. 335).

Bảng 8.37. Thành phần hóa học hợp kim nhôm gia công bằng áp lực (tr. 340).

Bảng 8.38. Thành phần hóa học của hợp kim magie (tr. 340).

Bảng 8.39. So sánh tính chất của SAAP–1 với một số hợp kim (tr. 341).

Bảng 8.40. Thành phần, ký hiệu một số loại magie kỹ thuật (tr. 341).

Bảng 8.41. Chế độ gia công nhiệt luyện hợp kim Mg biến dạng (tr. 341).

Bảng 8.42. Mục đích công dụng các dạng nhiệt luyện hợp kim magie (tr. 342).

Bảng 8.43. Quy trình nhiệt luyện trong lò buồng điện trở và cơ tính của hợp kim magie (tr. 342).

Bảng 8.44. Thành phần hóa học một số hợp kim magie đúc (% khối lượng) (tr. 343).

Bảng 8.45. Ký hiệu và cơ tính một số hợp kim magie (tr. 344).

Bảng 8.47. Chế độ nhiệt luyện một số hợp kim titan (tr. 345).

Bảng 8.48. Thành phần và ký hiệu một số titan kỹ thuật (tr. 345).

Bảng 8.49. Cơ tính của titan ở 20°C (tr. 346).

Bảng 8.50. Thành phần hóa học của các hợp kim titan biến dạng (tr. 346).

Bảng 8.51. Thành phần và cơ tính một số hợp kim titan đúc (tr. 347).

Bảng 8.52. Thành phần, công dụng, ký hiệu một số đồng kỹ thuật (tr. 348).

Bảng 8.53. Thành phần hóa học (%) và cơ tính của hợp kim Tiα (tr. 348).

Bảng 8.54. Thành phần hóa học (%) và cơ tính của titan hai pha $\alpha-\beta$ (tr. 349).

Bảng 8.55. Thành phần hóa học (%) và cơ tính của hợp kim titan Tiβ (tr. 349).

Bảng 8.56. Nhiệt độ ủ kết tinh lại của đồng (tr. 350).

Bảng 8.57. Quan hệ giữa nhiệt độ ủ và mức độ biến dạng của latông (tr. 350).

Bảng 8.58. Cơ tính một số latông biến dạng sau ủ (tr. 351).

Bảng 8.59. Tính chất một số latông đúc đặc biệt (tr. 352).

Bảng 8.60. Thành phần hóa học (%) latông gia công bằng áp lực (tr. 353).

Bảng 8.61. Cơ tính latông gia công bằng áp lực (tr. 354).

Bảng 8.62a. Brông thiếc gia công bằng áp lực (tr. 355).

Bảng 8.62b. Cơ tính và đặc tính công nghệ brông gia công bằng áp lực (tr. 356).

Bảng 8.63. Nhiệt độ ủ của latông (tr. 357).

Bảng 8.64. Nhiệt độ ủ của brông (tr. 357).

Bảng 8.65. Nhiệt độ ủ của brông thiếc, ^{o}C (tr. 358).

Bảng 8.66. Quy trình nhiệt luyện brông không thiếc (tr. 358).

Bảng 8.67. Cơ tính của brông thiếc (tr. 359).

Bảng 8.68. Cơ tính của một số brông không Sn biến dạng và hợp kim đồng–niken (tr. 359).

Bảng 8.69. Cơ tính một số brông không Sn đúc (đúc khuôn kim loại) (tr. 360).

Bảng 8.70. Cơ tính một số brông berili (tr. 360).

Bảng 8.71. Tính chất của một số brông đặc biệt có độ bền và độ dẫn điện cao (tr. 361).

Bảng 8.72. Thành phần, tính chất các hợp kim Cu–Ni 9tr. 361).

Bảng 8.73. Thành phần, ký hiệu của niken (tr. 362).

Bảng 8.74. Thành phần và tính chất một số hợp kim từ cứng (tr. 362).

Bảng 8.75. Thành phần hóa học một số hợp kim làm cặp nhiệt (tr. 363).

Bảng 8.76. Thành phần hóa học và tính chất một số hợp kim niken chống ăn mòn (tr. 364).

Bảng 8.77. Thành phần hóa học (%) một số hợp kim niken biến dạng bền nóng (tr. 365).

Bảng 8.78. Thành phần hóa học (%) một số hợp kim niken đúc bền nóng (tr. 366).

Bảng 8.79. Thành phần tạp chất (%) của một số loại chì kỹ thuật (tr. 367).

Bảng 8.80. Thành phần tạp chất (%) một số loại thiếc kỹ thuật (tr. 368).

Bảng 8.81. Thành phần hóa học (%) một số hợp kim dễ chảy (tr. 368).

Bảng 8.82. Thành phần hóa học (%) và công dụng của một số hợp kim hàn (tr. 368).

Bảng 8.83. Thành phần hóa học (%) và tính chất một số hợp kim làm vỏ bọc cáp (tr. 369).

Bảng 8.84. Thành phần tạp chất (%) và ứng dụng của một số loại kẽm (tr. 369).

Bảng 8.85. Thành phần hóa học (%) một số hợp kim Zn đúc (tr. 370).

Bảng 8.86. Tính chất cơ lý một số hợp kim Zn đúc (tr. 370).

Bảng 8.87. Thành phần hóa học (%) và tính chất một số hợp kim kẽm biến dạng (tr. 371).

Bảng 8.88. Thành phần hóa học (%), ký hiệu và tính chất một số hợp kim ổ trục trên cơ sở chì và thiếc (tr. 371).

Bảng 8.89. Thành phần hóa học và tính chất một số bacbit kẽm (tr. 373).

Bảng 8.90. Thành phần một số hợp kim chì dùng trong kỹ thuật in (tr. 373).

Bảng 8.91. Thành phần hóa học (%) và công dụng một số hợp kim kẽm dùng trong kỹ thuật in (tr. 373).

Bảng 8.92. Cơ tính của các hợp kim trên cơ sở Ti_3Al (tr. 374).

Bảng 8.93. Thành phần hóa học (%) và cơ tính của hợp kim trên cơ sở TiAl (tr. 374).

Bảng 8.94. Tính chất một số sợi cốt (tr. 375).

Bảng 8.95. Cơ tính một số compozit nền nhôm cốt sợi thép (tr. 375).

Bảng 8.96. Cơ tính của compozit nền hợp kim titan BT6 (tr. 375).

BẢNG TRA CỨU NỘI DUNG

Ảnh hưởng nguyên tố hợp kim	169–172
Áp suất hơi nước	102
Bảng tra độ cứng	193–194
Bio	133, 137
Bể tôi	35
Brông	356, 358
Các số hiệu gang	299, 312
Cacbit	202
Các phương pháp tôi	209–212
Công suất riêng của lò	14
Chuyển biến $\gamma \rightarrow$ P chậm	164, 168
Chiều sâu lớp thấm	237
Đặc tính các pha	162
Đặc tính các khí	79
Đặc tính các khí tự nhiên	114
Độ ẩm	102, 103
Chất thấm cacbon thể khí	239
Chuyển biến $\gamma \rightarrow$ M nhanh	165
Độ bền mỏi thép C và Cr	213
Độ cứng	177, 179, 189–204
Độ cứng Brinen	187–188
Độ cứng tế vi	197, 198, 200
Độ cứng tế vi các pha Cu–Sn	200
Độ cứng tế vi các pha Sn–Sb	204
Độ cứng tế vi các tổ chức	200–201
Độ cứng tế vi kim loại và hợp kim	198–199
Độ cứng tế vi thép, gang Cr	204
Độ cứng Vichker	187, 188, 189
Độ đen bức xạ vật liệu	112–113
Độ hạt của thép	173
Độ hòa tan các khí CO_2, H_2O	101
Gang	290
Gang biến tính	290
Gang cầu	311, 295, 291
Gang chế tạo máy	291, 292
Gang dẻo	290, 296 311, 312

Gang giun 297, 314–318
Gang trắng 290
Gang xám 293, 299, 307, 310
Giản đồ đẳng nhiệt 164, 166, 168
Gia công bằng hơi nước 267
Gia công lạnh 222, 225
Giá trị hàm f_1, f_2 136, 137
Giới hạn mỏi sau thấm 229
Hằng số các phản ứng hóa học 74–75
Hằng số cân bằng 77
Hằng số mạng tinh thể Fe 153
Hằng số nhiệt động học phản ứng hóa học 74–75
Hệ số có lợi 15
Hệ số dẫn nhiệt của khí 110
Hóa già 222
Hóa nhiệt luyện 225
Kí hiệu các phương pháp nhiệt luyện 205–206
Kí hiệu tổ chức 206
Kí hiệu hợp kim nhôm 319, 324, 328
Kí hiệu hợp kim màu Al 319
Khí bảo vệ (H_2) 86–88
Khí bảo vệ (N_2) 90
Khí Crắcking 91–92
Lò buồng điện trở 17–19
Lò băng tải 32, 33
Lò chân không 38
Lò đẩy 29
Lò giếng 23, 27
Lò nung dây, ống, băng 36, 37
Lò muối 25–27
Máy liên hợp 30, 31, 33
Máy rửa 35
Máy tôi ngọn lửa 58, 59
Máy TSC dùng đèn 40
Máy TSC dùng máy 39
Môi trường chì 141
Môi trường dầu 143
Môi trường diêm tiêu 141–143
Môi trường H_2O 142
Môi trường nung bằng muối 147, 148
Môi trường nung bằng kim loại Pb, Sn 149
Môi trường xút 142
Nhiệt dung riêng H_2O 147
Nhiệt độ bốc lửa 122
Nhiệt độ tới hạn của thép 406, 407
Nhiệt luyện brông 358

Nhiệt luyện gang 300–305
Nhiệt luyện gang đúc 306
Nhiệt luyện gang Crom 312–314
Nhiệt luyện hợp kim đúc 333, 335–338
Nhiệt luyện hợp kim đura 333
Nhiệt luyện hợp kim latông 350
Nhiệt luyện hợp kim magie Mg 341–344
Nhiệt luyện hợp kim nhôm 331–332
Nhiệt luyện hợp kim Silumin 333, 336
Nhiệt luyện hợp kim titan 345–349
Phản ứng cháy 109, 110
Phân loại khí bảo vệ 94–97
Phân loại lò theo cơ khí hóa 9–10
Phân loại lò theo công dụng 11–12
Phân loại thép theo cacbon 275
Phân loại thép theo công dụng 273
Phân loại thép theo hợp kim 278
Phân loại thép theo tổ chức 274, 275
Phương pháp cách ly chống thấm cacbon 244
Silicagen 99
Sơ đồ ủ 207
Sơ đồ tôi 290
Sử dụng khí bảo vệ 97, 98
Thành phần chất thấm C 231, 232
Thành phần hóa học hợp kim chì 367–373
Thành phần hóa học hợp kim chì và thiếc 371–372
Thành phần hóa học hợp kim bacbit Zn 373
Thành phần hóa học hợp kim dễ chảy 368
Thành phần hóa học hợp kim hàn 368
Thành phần hóa học hợp kim kẽm 370, 373
Thành phần hóa học hợp kim latông 353
Thành phần hóa học hợp kim niken 361–366
Thành phần hóa học hợp kim TiAl 374
Thành phần hóa học hợp kim Sn 371–372
Thành phần hóa học hợp kim cặp nhiệt 363, 364
Thành phần hóa học hợp kim nhôm 327–330, 340
Thành phần hóa học hợp kim Mg 343
Thành phần hóa học hợp kim Ti 345–349
Thành phần hóa học hợp kim từ cứng 362, 363
Thành phần hóa học hợp kim vỏ bọc cáp 369
Thấm cacbon thể khí 237
Thấm cacbon thể lỏng 245–247
Thấm cacbon–nitơ thể khí 253–254
Thấm cacbon–nitơ thể lỏng 249–250
Thấm cacbon thể rắn 331–332
Thấm cacbon–nitơ bột nhão 254–255
Thấm cacbon–nitơ–lưu huỳnh 266
Thấm kim loại 268–271

Thấm lưu huỳnh 265–266
Thấm nitơ 256–264
Thấm nitơ cho thép 263
Thép austenit 288, 289
Thép gió 285, 286
Thép hóa tốt 284–285
Thép khuôn dập 286–287
Thép mactenxit 288
Thép thấm cacbon 282, 283
Tính chất Al_2O_3 104
Tính chất các loại gang 297
Tính chất dầu làm nguội 151–152
Tính chất dầu mỏ–madút 108
Tính chất etanonlamin 100
Tính chất sợi cốt 375
Tính chất vật lý hợp kim màu 320
Tính toán dây đốt 60–64
Tính toán năng suất lò 12–13
Tính toán nhiên liệu 130–132
Tính toán thời gian nung 134–137
Tính toán thời gian thấm cacbon 232
Tính toán tổn hao năng lượng điện 121
Tính toán tổn hao nhiên liệu 121
Tính toán vòi đốt 116
Tiêu chuẩn gang 298–299
Tiêu chuẩn thép cacbon 275
Tiêu chuẩn thép hợp kim 278
Tiêu chuẩn thép Hoa Kỳ 279–280
Tiêu chuẩn thép Nga 279
Tiêu chuẩn thép Nhật 280
Tiêu chuẩn thép Việt Nam 278, 281
Tổ chức tế vi thép và gang 158–160
Tổ chức tế vi sau thấm cacbon 233–236
Tôi bề mặt 213
Tôi đầu mút 179
Tôi ngọn lửa 47, 48
Tôi TSC 216–220, 42–44
Tôi thể tích 209
Tôi trong chất điện phân 44
Trọng lượng riêng các chất khí 108, 109
Vật liệu cách nhiệt 129
Vật liệu chịu lửa 123–128
Vật liệu dây đốt 65–72
Vòi đốt 50–52, 54–57
Vòi đốt áp lực thấp 118
Vòi đốt hút 119–120
Xác định độ lớn của hạt austenit γ 175

TÀI LIỆU THAM KHẢO

****

1. Lê Công Dưỡng (chủ biên)–Vật liệu học, NXB Khoa học và Kĩ thuật Hà Nội-1997.
2. Nguyễn Huy Sáu, Nguyễn Khắc Xương–Vật liệu Kim loại ĐHBK–Hà Nội–1992.
3. Nghiêm Hùng–Sách tra cứu thép, gang thông dụng ĐHBK–Hà Nội–1997.
4. Nghiêm Hùng–Vật liệu học, ĐHBK–Hà Nội–1999
5. Nguyễn Khắc Xương–Vật liệu kim loại màu, NXB Khoa học và Kĩ thuật Hà Nội–2003.
6. Nguyễn Chung Cảng–Thiết bị và Thiết kế xưởng nhiệt luyện ĐHBK–Hà Nội 1997.
7. A.A.Smucov–Sách tra cứu nhiệt luyện, tập thể bộ môn Vật liệu học và Nhiệt luyện dịch, Nguyễn Chung Cảng và Hoàng Trọng Bá hiệu đính, NXB Khoa học và Kĩ thuật Hà Nội–1973.
8. Nguyễn Văn Thái, nguyễn Văn Chương, Nguyễn Văn Sưa, Nguyễn Thanh Lịch, Nguyễn Phùng Cầu và những người khác–Báo cáo Hội thảo Khoa học "Nâng cao chất lượng sản phẩm Kim loại" của Bộ Khoa học CN và Môi trường tháng 12 năm 2000.
9. E.V. Patrenco Thí nghiệm Kim loại học Moscow–1965
10. B.G Livssic Kim loại học Moscow–1963
11. PL Gaixeva Chụp ảnh màu tổ chức tế vi của hợp kim bằng tia tử ngoại Moscow–1963
12. B.K. Vunf. Các pha kim loại ba nguyên trong hợp kim. Nhà xuất bản Luyện kim. Moscow 1964.
13. N.I. Kariakin, K.N.Buxtrov, P.X.Kirecv Sách tra cứu tóm tắt vật lý.

Nhà xuất bản "Mir" Moscow 1978.

14. Các báo cáo thực tập và đồ án tốt nghiệp của sinh viên ngành Vật liệu học và Nhiệt luyện trường ĐHBK–Hà Nội từ khóa K9 đến khóa K41–2001.
15. Nguyễn Chung Cảng. Cách tính nhiệt độ tôi. BCKHSV МИСиС Moscow 1965.
16. Nguyễn Chung Cảng. Hóa già thép 40Cr12Mn8Ni6Si2N. Báo cáo KHSV МИСиС Moscow 1966.
17. Nguyễn Chung Cảng. Thiết kế và thi công lò phản xạ đốt than cho nhà máy Cơ khí Trung tâm Hà Tây 1972.
18. Nguyễn Chung Cảng. Thấm Nitơ thể khí từ NH_4OH. Báo cáo khoa học ĐHBK Hà Nội 1974.

19. Nguyễn Chung Cảng, Huỳnh Viên. Thấm Nitơ trể khí xilanh máy nén số 5 cho Nhà máy Phân đạm Hà Bắc. Hợp đồng KH, 1982.

20. Nguyễn Chung Cảng. Giáo trình Thiết bị Nhiệt luyện Đại học Bách khoa xuất bản, 1970.

21. Nguyễn Chung Cảng, Nguyễn Ngọc Uyên, Chu Xuân Lượng. Thiết bị và Thiết kế xưởng Nhiệt luyện. Đại học Bách khoa Hà Nội xuất bản 1982.

22. Nguyễn Chung Cảng. Thiết bị và Thiết kế xưởng Nhiệt luyện. Nhà xuất bản Khoa học và Kĩ thuật Hà Nội 2004.

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

Tác giả : NGUYỄN CHUNG CẢNG

SỔ TAY NHIỆT LUYỆN

TẬP I

Chịu trách nhiệm xuất bản : PGS.TS. TÔ ĐĂNG HẢI

Biên tập và sửa bài : ThS. NGUYỄN HUY TIẾN, NGỌC LINH

Trình bày bìa : HƯƠNG LAN

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

70 TRẦN HƯNG ĐẠO HÀ NỘI

In 700 cuốn, khổ 19 x 27cm, tại Xưởng in NXB Văn hoá Dân tộc
Quyết định xuất bản số: 136-2006/CXB/368.1-06/KHKT ngày 12/4/2006
In xong và nộp lưu chiểu Quý II năm 2006.

ĐẠI HỌC
BÁCH KHOA
1956 - 2006

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

50 NĂM XÂY DỰNG VÀ PHÁT TRIỂN

206126



Giá: 72.000đ