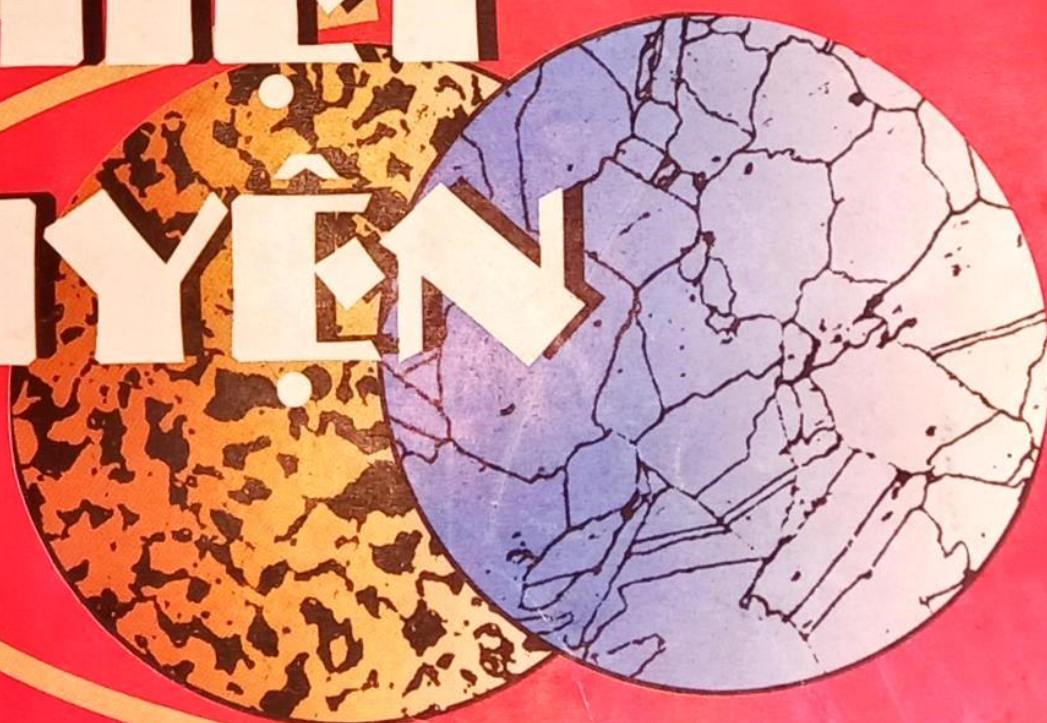


PHẠM THỊ MINH PHƯƠNG - TẠ VĂN THẮT

CÔNG NGHỆ NHỊẾT LUYỆN



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

PTS. PHẠM THỊ MINH PHƯƠNG - PGS. PTS. TẠ VĂN THẮT



CÔNG NGHỆ NHIỆT LUYỆN



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC - 2000

LỜI NÓI ĐẦU

Ngày nay, sự phát triển của tất cả các ngành kỹ thuật như chế tạo cơ khí, luyện kim, công nghiệp hóa học, xây dựng, kỹ thuật điện tử, giao thông vận tải, công nghiệp thực phẩm, kỹ thuật hàng không... và đời sống thường ngày đều gắn với vật liệu và cần đến các vật liệu có tính năng đa dạng với chất lượng ngày càng cao.

Công nghệ nhiệt luyện là quá trình làm thay đổi tính chất của vật liệu (chủ yếu là vật liệu kim loại) bằng cách thay đổi cấu trúc bên trong mà không làm thay đổi hình dáng và kích thước của chi tiết.

Trong chế tạo cơ khí, nhiệt luyện đóng vai trò quan trọng vì không những nó tạo cho chi tiết sau khi gia công cơ những tính chất cần thiết như độ cứng, độ bền, độ dẻo dai, khả năng chống mài mòn, chống ăn mòn v.v... mà còn làm tăng tính công nghệ của vật liệu. Vì vậy có thể nói nhiệt luyện là một trong những yếu tố công nghệ quan trọng quyết định chất lượng của sản phẩm cơ khí.

Nguyên công nhiệt luyện có thể nằm ở những vị trí khác nhau trong dây chuyền sản xuất cơ khí, tùy thuộc vào vị trí có thể phân thành hai loại :

- Nhiệt luyện sơ bộ : là dạng nhiệt luyện thường tiến hành trước khi gia công cơ, nhằm tạo ra độ cứng và tổ chức tế vi thích hợp cho các nguyên công gia công cơ và nhiệt luyện tiếp theo.
- Nhiệt luyện kết thúc : là dạng nhiệt luyện được tiến hành sau khi gia công cơ nhằm tạo cho chi tiết những tính chất cần thiết theo yêu cầu của kỹ thuật.

Nhiệt luyện có ảnh hưởng quyết định tới tuổi thọ của các sản phẩm cơ khí. Máy móc càng chính xác, yêu cầu cơ tính càng cao thì số lượng chi tiết cần nhiệt luyện càng nhiều. Đối với các nước công nghiệp phát triển, để đánh giá trình độ của ngành chế tạo cơ khí phải căn cứ vào trình độ nhiệt luyện, vì rằng dù gia công cơ khí có chính xác đến đâu nhưng nếu không qua nhiệt luyện hoặc chất lượng nhiệt luyện không đảm bảo thì tuổi thọ của chi tiết cũng giảm và mức độ chính xác của máy móc không còn giữ được theo yêu cầu.

Nhiệt luyện nâng cao chất lượng sản phẩm không những có ý nghĩa kinh tế rất lớn (để kéo dài thời hạn làm việc; nâng cao độ bền lâu của công trình, máy móc thiết bị...) mà còn là thước đo để đánh giá trình độ phát triển khoa học, kỹ thuật của mỗi quốc gia.

Ở nước ta, từ lâu nhiệt luyện đã được áp dụng trong đời sống thường ngày, ông cha ta đã biết tôi dao, kéo, dũa, đục... làm cho thép mềm trở thành cứng để cắt gọt hay ngược lại làm cho thép cứng trở thành mềm dẻo, dễ dàng cho quá trình chế tạo các chi tiết. Ngày nay, nền công nghiệp của chúng ta đang phát triển không ngừng và việc nghiên cứu nâng cao chất lượng cho các chi tiết bằng phương pháp nhiệt luyện ngày càng trở nên cấp thiết, mà việc đầu tiên là đào tạo đội ngũ cán bộ khoa học kỹ thuật trong lĩnh vực này.

Cuốn sách "Công nghệ nhiệt luyện" này góp phần để giải quyết nhiệm vụ trên. Đây là tài liệu dùng làm giáo trình cho học sinh các ngành kĩ thuật, đặc biệt cho sinh viên ngành vật liệu học và nhiệt luyện trong các trường đại học, cao đẳng kĩ thuật, trung cấp kĩ thuật. Đồng thời sách cũng dùng làm tài liệu tham khảo cho kĩ sư nhiệt luyện, kĩ sư các ngành khác có liên quan đến vấn đề nhiệt luyện, cho các cán bộ kĩ thuật, kinh tế, bạn đọc rộng rãi quan tâm tới vấn đề sử dụng vật liệu và xử lý nhiệt để nâng cao chất lượng của chi tiết - một vấn đề đã và đang là công nghệ hàng đầu trong xử lý vật liệu.

Cuốn sách này được biên soạn theo nội dung của các giáo trình "Công nghệ nhiệt luyện" đã dạy nhiều năm tại trường Đại học Bách khoa Hà Nội, cũng như các giáo trình "Công nghệ nhiệt luyện" dùng cho các trường đại học tại các nước khác như Nga, Đức, Balan... Khi biên soạn cuốn sách này, chúng tôi có chỉnh lí và bổ sung thêm. Nội dung của giáo trình này gồm hai phần chính: phần thứ nhất trình bày lí thuyết chung về chuyển biến pha trong thép và hợp kim khi nhiệt luyện; phần thứ hai: trình bày về công nghệ nhiệt luyện cụ thể của các kim loại và hợp kim.

Trong quá trình chuẩn bị bản thảo, chúng tôi đã nhận được sự giúp đỡ rất chân tình của các bạn đồng nghiệp trong bộ môn cũng như tại các cơ sở sản xuất. Nhân dịp này chúng tôi xin chân thành cảm ơn.

Thư góp ý xin gửi về Nhà xuất bản Giáo dục - 81 Trần Hưng Đạo, Hà Nội hoặc bộ môn Vật liệu học và Nhiệt luyện, khoa Luyện kim và Công nghệ vật liệu, trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

Các tác giả

Chương 1

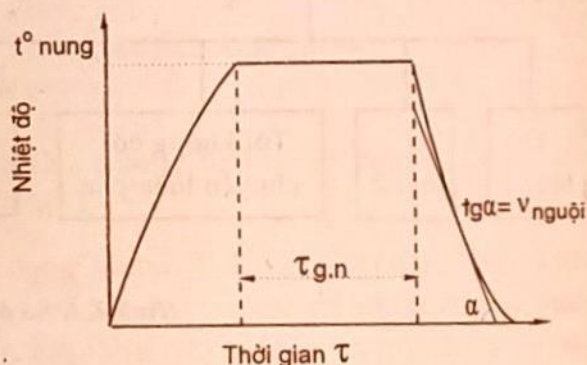
GIỚI THIỆU CHUNG

1.1. VỊ TRÍ CỦA NHIỆT LUYỆN TRONG DÂY CHUYỀN SẢN XUẤT CHUNG

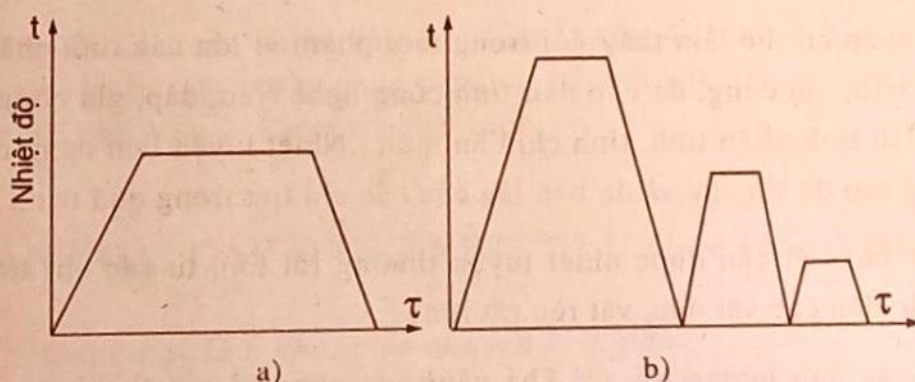
Nhiệt luyện các kim loại và hợp kim là quá trình công nghệ bằng sử lý nhiệt làm thay đổi tổ chức và do đó làm thay đổi tính chất của chúng.

Bất kỳ quá trình công nghệ nhiệt luyện đơn giản nào cũng gồm có các bước sau: nung nóng kim loại tới nhiệt độ xác định, giữ nhiệt tại đó một thời gian nhất định rồi sau đó làm nguội với tốc độ quy định để làm thay đổi tổ chức, do đó làm thay đổi tính chất của kim loại và hợp kim theo phương hướng đã chọn trước.

Như vậy các yếu tố quan trọng của một quá trình nhiệt luyện là nhiệt độ nung nóng, thời gian



Hình 1.1. Sơ đồ quá trình nhiệt luyện cơ bản.

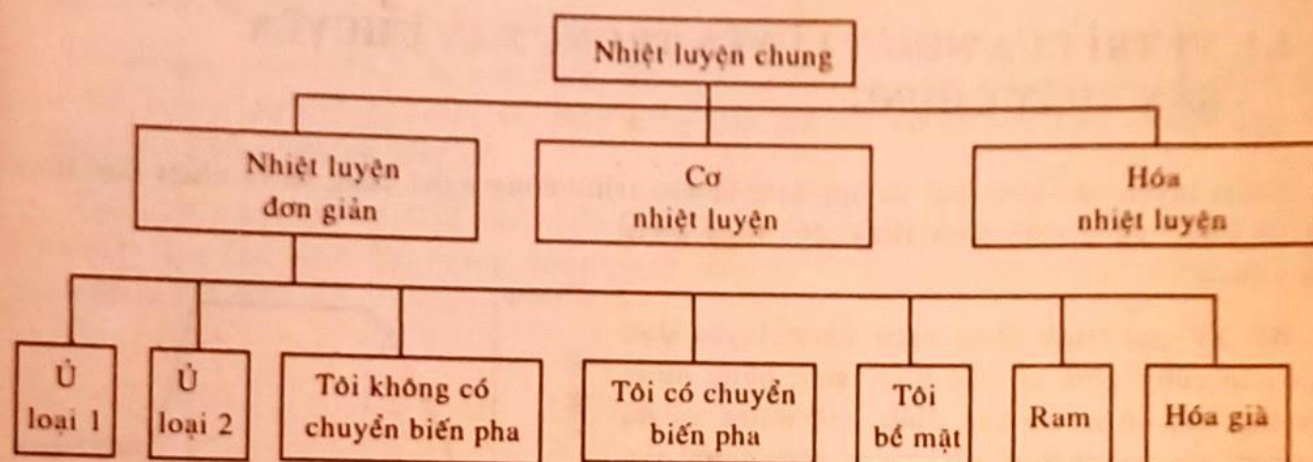


Hình 1.2. Sơ đồ quá trình nhiệt luyện
a) Đơn giản ; b) Phức tạp.

giữ nhiệt và tốc độ làm nguội. Vì vậy các quá trình nhiệt luyện thường được biểu diễn trên sơ đồ theo các trục nhiệt độ - thời gian (hình 1.1).

Quá trình nhiệt luyện có thể là đơn giản (chỉ có một nguyên công) hay phức tạp (tập hợp của nhiều nguyên công). Nếu quá trình nhiệt luyện chỉ có một nguyên công thì sơ đồ như nêu trên hình 1.2a, còn nếu quá trình là phức tạp (gồm vài nguyên công) sơ đồ của nó được nêu trên hình 1.2b.

Để làm thay đổi mạnh hơn nữa các tính chất của kim loại và hợp kim, người ta còn kết hợp đồng thời tác dụng của biến dạng dẻo và nhiệt luyện (cơ nhiệt luyện) hay tác dụng hóa học và nhiệt luyện (hóa nhiệt luyện). Trên hình 1.3 là sơ đồ tổng quát phân loại các dạng nhiệt luyện.



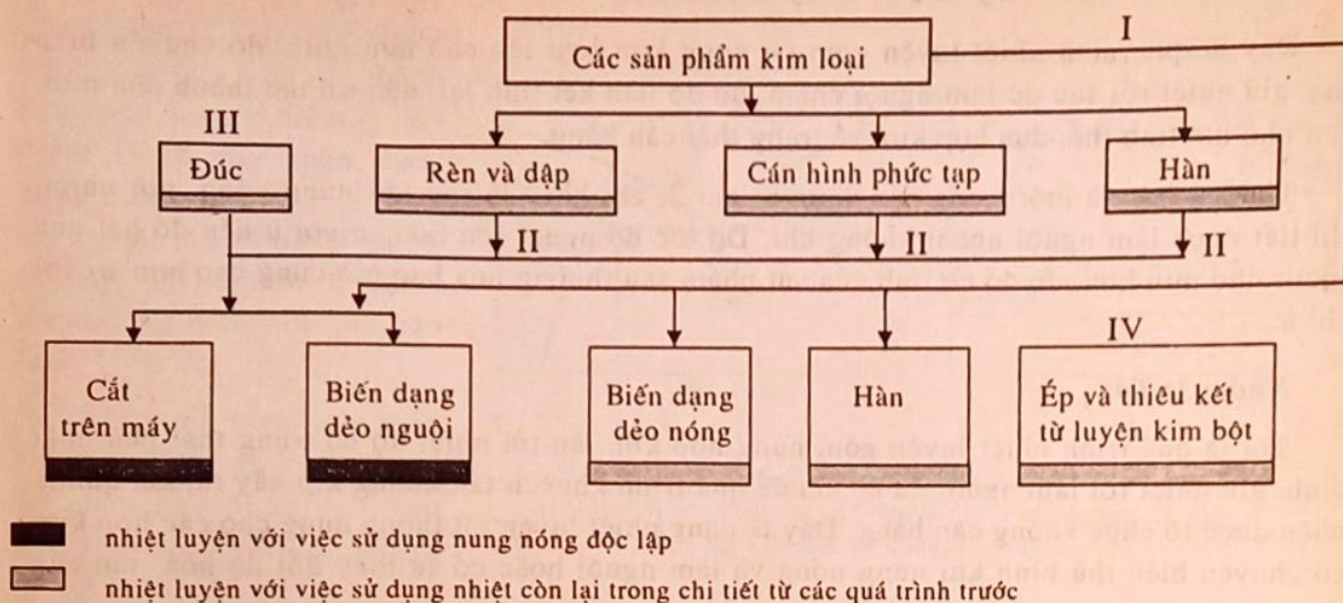
Hình 1.3. Sơ đồ phân loại các dạng nhiệt luyện.

Các quá trình nhiệt luyện có thể được thực hiện tại phân xưởng nhiệt luyện riêng biệt hay cũng có thể thực hiện trên các thiết bị nhiệt luyện đặt tại các phân xưởng đúc, cán, rèn, dập, các phân xưởng chế tạo dụng cụ hay phân xưởng cơ khí.

Bằng nhiệt luyện có thể làm thay đổi trong một phạm vi lớn các tính chất của kim loại hay hợp kim: độ bền, độ cứng, độ dẻo dai, tính công nghệ (rèn, dập, gia công cắt, tính chịu mài, tính hàn...), từ tính, điện tính, tính chịu ăn mòn... Nhiệt luyện làm nâng cao độ bền của các kết cấu, nâng cao độ tin cậy và độ bền lâu của các chi tiết trong quá trình sử dụng.

Số lượng các chi tiết cần được nhiệt luyện thường rất lớn, từ các chi tiết rất nhỏ, các dụng cụ chính xác đến các vật đúc, vật rèn rất lớn.

Nhiệt luyện gây ảnh hưởng lớn tới khả năng gia công và giá thành của quá trình sản xuất. Nó có thể là giai đoạn chuẩn bị cho một nguyên công nào đó (nhiệt luyện sơ bộ) nhưng cũng có thể là nguyên công cuối cùng để đảm bảo cho chi tiết những tính chất nhất định. Trên hình 1.4 là sơ đồ sử dụng nhiệt luyện để chế tạo các chi tiết, các bán thành phẩm.



- I - chế tạo chi tiết trực tiếp từ phôi cán hay phôi kim loại ;
 II - chế tạo chi tiết từ các phôi ;
 III - chế tạo chi tiết từ vật đúc ;
 IV - chế tạo chi tiết từ bột kim loại.

Hình 1.4. Sử dụng nhiệt luyện trong các phương pháp khác nhau để chế tạo chi tiết, các phôi.

Ví dụ 1: Công nghệ sản xuất ổ bi từ thép OL100Cr2 (tương đương với mác IX15 của Nga) ($0,95 \div 1,05\%C$; $1,30 \div 1,65\%Cr$; $0,20 \div 0,40\%Mn$).

1. Chế tạo bánh răng bằng phương pháp biến dạng nóng; 2. Nhiệt luyện sơ bộ (ủ để được peclit hạt) để cải thiện tính gia công cắt gọt và chuẩn bị tổ chức để nhiệt luyện cuối cùng; 3. Gia công sơ bộ (định hình); 4. Nhiệt luyện kết thúc (tôi và ram thấp); 5. Gia công cơ kết thúc (đánh bóng); 6. Nhiệt luyện bổ sung (ủ để khử ứng suất dư sau khi mài bóng); 7. Kiểm tra cuối cùng để lắp ráp các ổ bi.

Ví dụ 2: Công nghệ sản xuất đường ray.

1. Cán nóng; 2. Cắt theo chiều dài; 3. Nhiệt luyện; 4. Hàn; 5. Gia công cơ; 6. Nhiệt luyện (tôi bề mặt và tự ram với phương pháp tôi bề mặt bằng dòng điện tần số cao - nung dọc theo chiều dài chi tiết); 7. Kiểm tra chất lượng.

1.2. PHÂN LOẠI CÁC DẠNG NHIỆT LUYỆN THEO NHÓM

Nhóm 1: Ủ loại 1 hay là ủ không có chuyển biến pha

Ủ không chuyển biến pha là quá trình nhiệt luyện được tiến hành ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ tới hạn, sau đó làm nguội chậm (cùng lò). Dạng nhiệt luyện này không làm thay đổi mạng tinh thể, nhằm khắc phục một phần hoặc hoàn toàn các sai lệch về mạng tinh thể so với trạng thái cân bằng do các dạng gia công khác như đúc, rèn, dập, hàn, nhiệt luyện gây ra, làm giảm ứng suất bên trong, giảm độ cứng và nâng cao độ dẻo dai của kim loại.

Nhóm 2: Ủ loại 2 hay là ủ có chuyển biến pha

Đây là quá trình nhiệt luyện gồm có nung kim loại lên cao hơn nhiệt độ chuyển biến pha, giữ nhiệt rồi sau đó làm nguội chậm, do đó làm kết tinh lại, dẫn tới tạo thành pha mới, làm nhỏ hạt tinh thể, đưa hợp kim về trạng thái cân bằng.

Thường hóa là một trong các dạng ủ loại 2, chỉ khác là sau khi nung nóng, giữ nhiệt, chỉ tiết được làm nguội ngoài không khí. Do tốc độ nguội lớn hơn so với ủ nên độ hạt của péclit nhỏ mịn hơn, do đó cơ tính của vật phẩm sau thường hóa bao giờ cũng cao hơn so với khi ủ.

Nhóm 3: Tôi

Tôi là quá trình nhiệt luyện gồm nung hợp kim lên tới nhiệt độ có trạng thái pha nhất định, giữ nhiệt rồi làm nguội đủ nhanh để quá trình khuếch tán không kịp xảy ra, kết quả là nhận được tổ chức không cân bằng. Đây là dạng nhiệt luyện rất thông dụng cho các hợp kim có chuyển biến thù hình khi nung nóng và làm nguội hoặc có sự thay đổi độ hòa tan của các nguyên tố ở trạng thái rắn.

Nhóm 4: Ram và hóa già

Ram là quá trình nhiệt luyện gồm có nung kim loại đã được tôi tới nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ chuyển biến pha, đưa hợp kim về trạng thái cân bằng, do đó mà tổ chức không ổn định khi tôi sẽ được phân hủy thành tổ chức ổn định hơn. Khi nhiệt độ ram càng cao, tổ chức nhận được càng thô. Thông thường quá trình phân hủy dung dịch rắn quá bão hòa ở nhiệt độ phòng hay nhiệt độ không cao của các hợp kim trên cơ sở các kim loại không có chuyển biến thù hình được gọi là hóa già.

Nhóm 5: hóa nhiệt luyện

Hóa nhiệt luyện là phương pháp nhiệt luyện gồm có việc nung kim loại hay hợp kim trong một môi trường nào đó có nguyên tử hoạt của nguyên tố cần thấm, chúng sẽ tương tác với bề mặt chi tiết và làm thay đổi thành phần hóa học của lớp bề mặt. Như vậy hóa nhiệt luyện gồm hai quá trình:

- Tạo lớp thấm bề mặt bằng cách khuếch tán vào bề mặt chi tiết một hay nhiều nguyên tố khác nhau nhằm làm thay đổi thành phần hóa học, do đó làm thay đổi tổ chức và tính chất của lớp bề mặt theo mục đích nhất định.

- Nhiệt luyện tiếp theo (thường hóa, tôi, ram) nhằm cải thiện tổ chức và tính chất của lớp bề mặt, cũng như toàn chi tiết.

Nhóm 6: Cơ nhiệt luyện

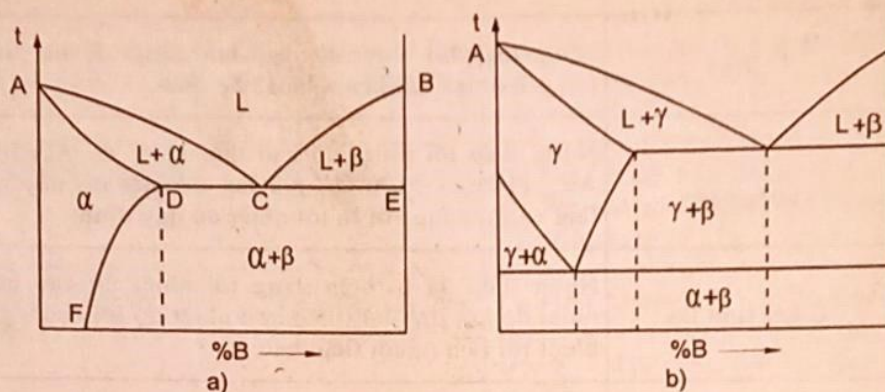
Cơ nhiệt luyện là phương pháp gia công kết hợp giữa biến dạng dẻo và nhiệt luyện, kết hợp được hiệu quả hóa bền giữa biến dạng cơ học và nhiệt luyện, làm tăng hiệu quả hóa bền do cả hai phương pháp tạo nên.

Nhiệt luyện nhóm 1 có thể áp dụng với kim loại hay hợp kim bất kỳ. Nhiệt luyện nhóm 2, nhóm 3, nhóm 4 và nhóm 5 chỉ áp dụng với các hợp kim có giản đồ pha xác định, chúng có độ hòa tan ở trạng thái rắn giảm khi nhiệt độ giảm (hình 1.5a) hay là với các kim loại và hợp kim có chuyển biến thù hình (hình 1.5b)

Trong trường hợp đầu tiên (hình 1.5a), khi nung nóng các hợp kim có thành phần hóa học từ điểm F đến điểm D có thể nhận được dung dịch rắn một pha α và khi nguội nhanh tới nhiệt độ thường (tôi) người ta nhận được dung dịch rắn quá bão hòa.

Khi nung nóng tiếp theo (ram hay hóa già) sẽ xảy ra sự phân hủy dung dịch rắn quá bão hòa với sự tách ra pha β .

Trong trường hợp thứ hai (hình 1.5b), từ trạng thái ban đầu gồm hai pha $\alpha + \beta$ khi nung nóng nhận được pha γ . Khi làm nguội chậm tiếp theo sẽ có chuyển biến ngược lại, từ trạng thái một pha γ sẽ phân hủy thành hỗn hợp hai pha ($\alpha + \beta$ khi ủ có chuyển biến pha) và khi làm nguội nhanh sẽ nhận được trạng thái một pha không ổn định (tôi).



Hình 1.5. Giản đồ pha

- a) Với giới hạn hòa tan của nguyên tố trong dung dịch rắn,
b) Với các kim loại có chuyển biến thù hình.

1.3. PHÂN LOẠI THEO CÁC NGUYÊN CÔNG NHIỆT LUYỆN, CƠ NHIỆT LUYỆN VÀ HÓA NHIỆT LUYỆN (bảng 1.1)

Bảng 1.1

Phân loại các nguyên công nhiệt luyện, cơ nhiệt luyện và hóa nhiệt luyện

Tên gọi	Nội dung	Mục đích
Ủ hoàn toàn	Nung thép trước cùng tích tới nhiệt độ cao hơn nhiệt độ tới hạn A_{c1} (đường GS) giữ nhiệt và sau đó làm nguội chậm.	Tạo tổ chức hạt nhỏ, giảm độ cứng, tăng tính dẻo, khử ứng suất bên trong.
Ủ không hoàn toàn	Nung thép tới nhiệt độ cao hơn nhiệt độ tới hạn A_{c1} (hay đường PSK), giữ nhiệt và sau đó làm nguội chậm.	Để làm tốt hơn khả năng gia công cắt gọt của thép.
Ủ cấu hóa xementít	Nung thép lên nhiệt độ cao hơn nhiệt độ tới hạn A_{c1} một chút, giữ ở nhiệt độ này, làm nguội đến 650°C (cứ như thế nhiều lần) rồi sau đó làm nguội ngoài không khí.	Làm giảm độ cứng và cải thiện tính gia công cắt gọt của thép dụng cụ, thép ổ bi...
Ủ đẳng nhiệt	Nung thép tới nhiệt độ cao hơn nhiệt độ A_{c1} (hay A_{c1}), giữ nhiệt, làm nguội tới nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ A_1 một chút, giữ ở nhiệt độ này để chuyển biến hoàn toàn rồi làm nguội ở không khí.	Để cải thiện tính gia công cắt gọt của thép hợp kim, rút ngắn thời gian ủ, khử ứng suất bên trong.

MỤC LỤC

	Trang
Lời nói đầu	3
Phần thứ nhất	
CÁC CHUYỂN BIẾN TRONG THÉP KHI NHIỆT LUYỆN	
Chương 1. GIỚI THIỆU CHUNG	5
1.1. Vị trí của nhiệt luyện trong dây chuyền sản xuất chung	5
1.2. Phân loại các dạng nhiệt luyện theo nhóm	7
1.3. Phân loại theo các nguyên công nhiệt luyện, cơ nhiệt luyện và hóa nhiệt luyện	9
Chương 2. CÁC SỐ LIỆU CHUNG VỀ THÉP	12
2.1. Giảm độ pha hệ Fe-C	21
2.2. Thép cacbon và các đặc tính của chúng	24
2.3. Thép hợp kim và các đặc tính của chúng	24
Chương 3. CHUYỂN BIẾN PHA TRONG THÉP KHI NUNG NÓNG	33
3.1. Chuyển biến peclit thành austenit khi nung	38
3.2. Động học chuyển biến	42
3.3. Hạt austenit	48
Chương 4. CHUYỂN BIẾN AUSTENIT THÀNH PÉCLIT	49
4.1. Đặc điểm của chuyển biến austenit thành peclit	51
4.2. Cơ chế chuyển biến	56
4.3. Động học của chuyển biến	56
Chương 5. CHUYỂN BIẾN MACTENXIT	66
5.1. Cấu trúc tinh thể và tính chất của mactenxit	68
5.2. Những đặc điểm của chuyển biến mactenxit	69
5.3. Nhiệt động học của chuyển biến mactenxit	71
5.4. Cơ chế chuyển biến mactenxit	75
5.5. Động học của chuyển biến mactenxit	75
Chương 6. CHUYỂN BIẾN BAINIT	80
6.1. Tổ chức tế vi và cơ tính của bainit	81
6.2. Cơ chế của chuyển biến bainit	85
6.3. Động học chuyển biến bainit	85

Chương 7. CHUYỂN BIẾN KHI RAM THÉP

7.1. Định nghĩa, mục đích	87
7.2. Sự phân hủy mactenxit tôi	88
7.3. Sự phân hủy austenit dư	92
7.4. Quá trình tích tụ cacbit	94
7.5. Sự tạo thành cacbit hợp kim	96

Chương 8. HÓA GIÀ HỢP KIM

8.1. Nhiệt động học của quá trình tiết pha từ dung dịch rắn	99
8.2. Sự thay đổi tổ chức khi hóa già	103
8.3 Các yếu tố ảnh hưởng tới quá trình hóa già	110

Phần thứ hai

CÔNG NGHỆ NHIỆT LUYỆN

Chương 9. CÔNG NGHỆ NUNG NÓNG

9.1. Cơ sở công nghệ nung nóng và làm nguội thép khi nhiệt luyện	114
9.2. Tác dụng của môi trường nung với kim loại	127
9.3. Các môi trường lỏng dùng để nung nóng	135

Chương 10. Ủ VÀ THƯỜNG HÓA

10.1. Khái niệm chung	140
10.2. Các yếu tố ảnh hưởng tới tổ chức và tính chất của kim loại sau khi ủ	142
10.3. Các phương pháp ủ thường dùng	144
10.4. Thường hóa	148
10.5. Một số dạng ủ dùng cho gang	150

Chương 11. TÔI THÉP

11.1. Định nghĩa, mục đích	155
11.2. Chọn nhiệt độ tôi thép	156
11.3. Tính thời gian nung	157
11.4. Làm nguội khi tôi	158
11.5. Tốc độ tôi tới hạn và độ thấm tôi	162
11.6. Các phương pháp tôi thể tích thép và công dụng	169
11.7. Các khuyết tật xảy ra khi nhiệt luyện thép	175
11.8. Tôi với các hợp kim không có chuyển biến thù hình	178

Chương 12. TÔI BỀ MẶT

12.1. Đặc điểm của tôi bề mặt	180
12.2. Tôi bề mặt bằng ngọn lửa đèn xì oxy - axêtilen	182
12.3. Tôi bề mặt khi nung trong chất điện phân	185

12.4. Tôi mặt ngoài khi nung nóng bằng phương pháp tiếp xúc	186
12.5. Tôi bề mặt bằng cách nung nóng bởi dòng điện cảm ứng có tần số cao (tôi cao tần)	188
Chương 13. RAM THÉP	
13.1. Định nghĩa và phân loại	196
13.2. Ảnh hưởng của ram đến tính chất của kim loại	198
13.3. Xác định chế độ ram	199
13.4. Hiện tượng giòn ram	201
13.5. Gia công lạnh	203
Chương 14. HÓA GIÀ	
14.1. Định nghĩa, phân loại	207
14.2. Chọn chế độ nhiệt luyện	210
14.3. Hồi phục khi hóa già	212
Chương 15. HÓA NHIỆT LUYỆN	
15.1. Khái niệm chung	214
15.2. Cơ sở lý thuyết của hóa nhiệt luyện	214
15.3. Thấm cacbon	220
15.4. Thấm nitơ	234
15.5. Thấm xianua (thấm cacbon - nitơ)	238
15.6. Thấm kim loại	241
Chương 16. MỘT SỐ CÔNG NGHỆ NHIỆT LUYỆN KHÁC	
16.1. Cơ nhiệt luyện	249
16.2. Nhiệt luyện chu kỳ	254
16.3. Các phương pháp nhiệt luyện mới khác	259
Phụ lục. Các hệ thống kí hiệu vật liệu kim loại	261
Tài liệu tham khảo	267
Mục lục	269

Chịu trách nhiệm xuất bản :

NGÔ TRẦN ÁI
VŨ DƯƠNG THỤY

Biên tập nội dung :

TRẦN VĂN THẮNG

Trình bày bìa :

ĐOÀN HỒNG

Sửa bản in :

MINH THƯ

Chế bản :

TRẦN THU HƯƠNG - BAN KTĐH (NXB GIÁO DỤC)

CÔNG NGHỆ NHIỆT LUYỆN

In 2.000 cuốn, khổ 19 x 27 cm, tại Công ty In Khoa học kỹ thuật - Hà nội.

Số in : 50. Giấy phép xuất bản số : 194/111-00.

In xong và nộp lưu chiểu tháng 4 năm 2000.