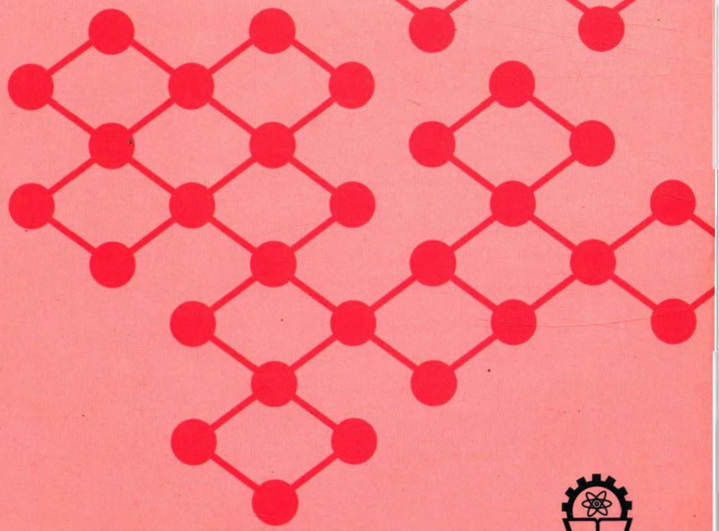
CĐ KINH TẾ - KỸ THUẬT
PM.010580

NGHIÊM HÙNG

VẬT LIỆU HỌC CƠ SỞ



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

NGHIÊM HÙNG

VẬT LIỆU HỌC CƠ SỞ

Giáo trình cho các ngành cơ khí của các trường Đại học

In lần thứ 4 có sửa chữa và hiệu chỉnh

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

HÀ NỘI - 2010

CÁC KÝ HIỆU VIẾT TẮT ĐƯỢC DÙNG TRONG SÁCH
(trong ngoặc là của nước ngoài)

Ký hiệu viết tắt	*Tên gọi*	*Đơn vị đo*
a, b, c	thông số mạng	nm
a_K (KCU, KCV, KCT)	độ dai va đập	kJ/m^2, $kG.m/cm^2$
A_1, A_3, A_{cm}	các nhiệt độ tới hạn của thép tương ứng với giản đồ pha Fe-C	^oC
Ac_1, Ac_3, Ac_{cm}	A_1, A_3, A_{cm} khi nung nóng	^oC
Ar_1, Ar_3, Ar_{cm}	A_1, A_3, A_{cm} khi làm nguội	^oC
A_K	công phá hủy, impact value, CVN energie	J, ft.lbf
B	mật độ từ thông (B_r - mật độ từ thông dư)	gaus, tesla
d, D	đường kính	nm, µm, mm...
E	môđun đàn hồi	MPa, GPa
F	lực, tải trọng	N, kG, T
h	chiều cao	µm, mm, m...
H	cường độ từ trường (H_c - lực khử từ)	ostet
HB	độ cứng Brinen	kG/mm^2
HRA, HRB, HRC	độ cứng Rôcven theo thang A, B, C	
HV	độ cứng Vicke	kG/mm^2
K_{IC}	độ dai phá hủy biến dạng phẳng	$MPa.\sqrt{m}$
l, L	chiều dài	nm, µm, mm...
Ox, Oy, Oz, Ou	các trục tọa độ	
S	tiết diện, mặt cắt, diện tích	mm^2

t^o, T^o	nhiệt độ	^oC, ^oK
t	thời gian	s (giây), min (phút), h (giờ)
v	vận tốc	mm/s, m/min
V	tốc độ nguội	$^oC/s$, $^oC/h$
α, β, γ	các góc tọa độ	
$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon, \xi$...	các dung dịch rắn	
$\alpha, \beta, \gamma, \delta$ (ở dạng chỉ số)	biểu thị dạng thù hình, ví dụ Fe_α	
γ	khối lượng riêng, mật độ	g/cm^3
ρ_t	bán kính cong	
δ (A, EL)	độ giãn dài tương đối	%
Ψ (Z, AR)	độ thắt (tiết diện) tương đối	%
τ	ứng suất tiếp	MPa, kG/mm^2, psi, ksi
σ	ứng suất, ứng suất pháp	như trên
σ_b (R_m, TS)	giới hạn bền (kéo)	như trên
σ_{ch} (R_Y, σ_Y)	giới hạn chảy vật lý hay lý thuyết	như trên
$\sigma_{0,2}$ ($R_{0,2}$, YS)	giới hạn chảy quy ước	như trên
σ_{dh} (R_e, ES)	giới hạn đàn hồi	như trên
η	độ nhớt, độ sệt	P (poise)

LỜI NÓI ĐẦU

Hiện nay vật liệu kim loại vẫn còn chiếm địa vị chủ chốt và rất quan trọng, song không còn giữ được ngôi độc tôn trong chế tạo cơ khí vì ngoài nó ra người ta đang sử dụng ngày một nhiều hơn ceramic, polyme và đặc biệt là compozit. Trong các trường đại học kỹ thuật và chuyên nghiệp đã và đang có sự chuyển đổi giảng dạy môn "*Kim loại học và nhiệt luyện*" hay "*Vật liệu kim loại*" sang "*Vật liệu học*" hay "*Vật liệu học cơ sở*". Cuốn sách này ra đời nhằm đáp ứng yêu cầu đó. Ở nước ngoài người ta thường dùng từ "*Khoa học và công nghệ vật liệu*" (Materials Science and Engineering) để đặt tên cho loại sách này. **Khoa học vật liệu** là môn học nghiên cứu mối quan hệ giữa tổ chức và tính chất của vật liệu, trên cơ sở đó **Công nghệ vật liệu** có mục tiêu là thiết kế hay biến đổi tổ chức vật liệu để đạt tới các tính chất theo yêu cầu.

Trong mọi công việc của kỹ sư cơ khí, từ việc quyết định phương án thiết kế, tính toán kết cấu cho đến gia công, chế tạo, lắp ráp vận hành máy, thiết bị, tất thảy đều có liên quan mật thiết đến lựa chọn và sử dụng vật liệu. Điều quan trọng nhất đối với người học là phải nắm được cơ tính và tính công nghệ của các vật liệu kể trên để có thể lựa chọn và sử dụng chúng tốt nhất và hợp lý, đạt các yêu cầu cơ tính đề ra với chi phí gia công ít nhất, giá thành rẻ và có thể chấp nhận được. Song điều quyết định đến cơ tính và tính công nghệ lại nằm ở cấu trúc bên trong. Do vậy mọi yếu tố ảnh hưởng đến cấu trúc bên trong như thành phần hóa học, công nghệ chế tạo vật liệu và gia công vật liệu thành sản phẩm (luyện kim, đúc, biến dạng dẻo, hàn và đặc biệt là nhiệt luyện) đều có ảnh hưởng đến cơ tính cũng như công dụng của vật liệu được lựa chọn, tất thảy được khảo sát một cách kỹ càng.

Giáo trình được biên soạn trên cơ sở thực tiễn của sản xuất cơ khí ở nước ta hiện nay, có tham khảo kinh nghiệm giảng dạy môn này của một số trường đại học ở Nga, Hoa Kỳ, Pháp, Canada, Trung Quốc..., đã được áp dụng ở Trường Đại học Bách khoa Hà Nội mấy năm gần đây.

Trong thực tế sử dụng vật liệu, đặc biệt là vật liệu kim loại, không thể lựa chọn loại vật liệu một cách chung chung (ví dụ: thép) mà phải rất *cụ thể* (ví dụ: thép loại gì, với mác, ký hiệu nào) theo các quy định nghiêm ngặt về các điều kiện kỹ thuật do các tiêu chuẩn tương ứng quy định. Trong điều

kiện ở nước ta hiện nay, sản xuất cơ khí đang sử dụng các sản phẩm kim loại của rất nhiều nước trên thế giới, do đó không thể đề cập được hết. Khi giới thiệu cụ thể các thép, gang, giáo trình sẽ ưu tiên trình bày các mác theo tiêu chuẩn Việt Nam (nếu có) có đi kèm với các mác tương đương hay cùng loại của tiêu chuẩn Nga do tiêu chuẩn này đã được quen dùng thậm chí đã phổ biến rộng rãi ở nước ta trong mấy chục năm qua. Trong trường hợp ngược lại khi tiêu chuẩn Việt Nam chưa quy định, giáo trình lại giới thiệu các mác theo tiêu chuẩn Nga có kèm theo cách ký hiệu do TCVN 1659-75 quy định. Ngoài ra cũng kết hợp giới thiệu các mác thép gang của Hoa Kỳ, Nhật Bản là những quốc gia có nền kinh tế, khoa học - công nghệ mạnh hàng đầu thế giới. Trong phần hợp kim màu, chủ yếu giới thiệu các mác của tiêu chuẩn AA (cho nhôm) và CDA (cho đồng) là các tiêu chuẩn rất thông dụng trong giao dịch thương mại trên thế giới, đồng thời có đi kèm với các mác tương đương hay cùng loại của tiêu chuẩn Nga. Rõ ràng là ngay cả với cách trình bày như vậy cũng không thể thỏa mãn hết các yêu cầu thực tế sử dụng và lúc này phải tham khảo các sách tra cứu tương ứng.

Cũng cần nói thêm rằng các thuật ngữ khoa học dùng trong sách theo đúng các quy định trong các tiêu chuẩn TCVN 1658 - 87 và TCVN 1660 - 87.

Cuối cùng như tên gọi của nó, chúng ta nên coi các điều trình bày trong sách như là phần kiến thức *cơ sở* về vật liệu thường dùng trong sản xuất cơ khí. Điều đó cũng có nghĩa để làm tốt hơn các công việc kỹ thuật, cần tham khảo thêm các sách, tài liệu chuyên sâu hơn về từng lĩnh vực đã đề cập.

Rõ ràng là không thể đạt được sự hoàn thiện tuyệt đối, nhất là do sự phát triển không ngừng của khoa học - công nghệ trên thế giới và ở nước ta, do kinh nghiệm có hạn của người viết cũng như sự chậm trễ cập nhật thông tin ở nước ta, cuốn sách khó tránh khỏi những hạn chế, rất mong được bạn đọc trao đổi.

Tác giả chân thành cảm ơn các đồng nghiệp ở Trường Đại học Bách khoa Hà Nội về những đóng góp quý báu cho cuốn sách.

Tác giả

tháng 8 năm 2001

MỤC LỤC

Bảng kê các ký hiệu viết tắt được dùng trong sách 3
Lời nói đầu 5

Mở Đầu 7

0.1. Khái niệm về vật liệu 7
0.2. Vai trò của vật liệu 9
0.3. Đối tượng của Vật Liệu Học cho ngành Cơ khí 10
0.4. Các tiêu chuẩn vật liệu 12

Phần I. **CẤU TRÚC VÀ CƠ TÍNH**

Chương 1. **Cấu trúc tinh thể và sự hình thành** 15

1.1. Cấu tạo và liên kết nguyên tử 15
1.1.1. Khái niệm cơ bản về cấu tạo nguyên tử 15
1.1.2. Các dạng liên kết nguyên tử trong chất rắn 16
1.2. Sắp xếp nguyên tử trong vật chất 20
1.2.1. Chất khí 20
1.2.2. Chất rắn tinh thể 20
1.2.3. Chất lỏng, chất rắn vô định hình và vi tinh thể 21
1.3. Khái niệm về mạng tinh thể 24
1.3.1. Tính đối xứng 24
1.3.2. Ô cơ sở- ký hiệu phương, mặt 24
1.3.3. Mật độ nguyên tử 29
1.4. Cấu trúc tinh thể điển hình của chất rắn 30
1.4.1. Chất rắn có liên kết kim loại (kim loại nguyên chất) 30
1.4.2. Chất rắn có liên kết đồng hóa trị 36
1.4.3. Chất rắn có liên kết ion 39
1.4.4. Cấu trúc của polyme 39
1.4.5. Dạng thù hình 40
1.5. Sai lệch mạng tinh thể 41
1.5.1. Sai lệch điểm 41
1.5.2. Sai lệch đường - Lệch 42

1.5.3. Sai lệch mạt 44
1.6. Đơn tinh thể và đa tinh thể 45
1.6.1. Đơn tinh thể 45
1.6.2. Đa tinh thể 45
1.6.3. Textua 48
1.7. Sự kết tinh và hình thành tổ chức của kim loại 49
1.7.1. Điều kiện xảy ra kết tinh 49
1.7.2. Hai quá trình của sự kết tinh 51
1.7.3. Sự hình thành hạt 54
1.7.4. Các phương pháp tạo hạt nhỏ khi đúc 55
1.7.5. Cấu tạo tinh thể của thỏi đúc 58

Chương 2. **Biến dạng dẻo và Cơ tính** **63**

2.1. Biến dạng dẻo và phá hủy 63
2.1.1. Khái niệm 63
2.1.2. Trượt đơn tinh thể 65
2.1.3. Trượt đa tinh thể 70
2.1.4. Phá hủy 73
2.2. Các đặc trưng cơ tính thông thường và ý nghĩa 82
2.2.1. Độ bền (tĩnh) 83
2.2.2. Độ dẻo 87
2.2.3. Độ dai va đập 88
2.2.4. Độ dai phá huỷ biến dạng phẳng 91
2.2.5. Độ cứng 93
2.3. Nung kim loại đã qua biến dạng dẻo - Thải bền - Biến dạng nóng 98
2.3.1. Trạng thái kim loại đã qua biến dạng dẻo 98
2.3.2. Các giai đoạn chuyển biến khi nung nóng 99
2.3.3. Biến dạng nóng 102

Phần II. HỢP KIM VÀ BIẾN ĐỔI TỔ CHỨC

Chương 3 **Hợp kim và Giản đồ pha** **103**

3.1. Cấu trúc tinh thể của hợp kim 105
3.1.1. Khái niệm về hợp kim 105
3.1.2. Dung dịch rắn 110
3.1.3. Pha trung gian 114
3.2. Giản đồ pha của hệ hai cấu tử 116
3.2.1. Quy tắc pha và ứng dụng 117

3.2.2. Giản đồ pha và công dụng 118
3.2.3. Giản đồ loại I 121
3.2.4. Giản đồ loại II 124
3.2.5. Giản đồ loại III 126
3.2.6. Giản đồ loại IV 129
3.2.7. Các giản đồ pha với các phản ứng khác 130
3.2.8. Quan hệ giữa dạng giản đồ pha và tính chất của hợp kim 132
3.3. Giản đồ pha Fe - C (Fe - Fe_3C) 135
3.3.1. Tương tác giữa Fe và C 136
3.3.2. Giản đồ pha Fe -Fe_3C và các tổ chức 137
3.3.3. Phân loại 143

Chương 4 **Nhiệt luyện thép** **141**

4.1. Khái niệm về nhiệt luyện thép 141
4.1.1. Sơ lược về nhiệt luyện 149
4.1.2. Tác dụng của nhiệt luyện đối với sản xuất cơ khí 152
4.2. Các tổ chức đạt được khi nung nóng và làm nguội thép 154
4.2.1. Các chuyển biến xảy ra khi nung nóng thép - Sự tạo thành austenit 154
4.2.2. Các chuyển biến xảy ra khi giữ nhiệt 160
4.2.3. Các chuyển biến của austenit khi làm nguội chậm 160
4.2.4. Chuyển biến của austenit khi làm nguội nhanh - Chuyển biến mactenxit 168
4.2.5. Chuyển biến khi nung nóng thép đã tôi 174
4.3. Ủ và thường hóa thép 177
4.3.1. Ủ thép 177
4.3.2. Thường hóa thép 182
4.4. Tôi thép 183
4.4.1. Định nghĩa và mục đích 183
4.4.2. Chọn nhiệt độ tôi thép 185
4.4.3. Tốc độ tôi tới hạn và độ thấm tôi 187
4.4.4. Các phương pháp tôi thể tích và công dụng. Các môi trường tôi 191
4.4.5. Cơ - nhiệt luyện thép 197
4.5. Ram thép 198
4.5.1. Mục đích và định nghĩa 198
4.5.2. Các phương pháp ram 198
4.6. Các khuyết tật xảy ra khi nhiệt luyện thép 202
4.6.1. Biến dạng và nứt 202
4.6.2. ôxy hóa và thoát cacbon 203
4.6.3. Độ cứng không đạt 205

4.6.4. Tính giòn cao 205
4.6.5. Ảnh hưởng của nhiệt độ và tầm quan trọng của kiểm nhiệt 205
4.7. Hóa bền bề mặt 206
4.7.1. Tôi bề mặt nhờ nung nóng bằng cảm ứng điện (tôi cảm ứng) 207
4.7.2. Hóa nhiệt luyện 211

Phần III. VẬT LIỆU KIM LOẠI

Chương 5 **Thép và gang** **221**

5.1. Khái niệm về thép cacbon và thép hợp kim 222
5.1.1. Thép cacbon 222
5.1.2. Thép hợp kim 233
5.2. Thép xây dựng 251
5.2.1. Đặc điểm chung - phân loại 251
5.2.2. Thép thông dụng 252
5.2.3. Thép hợp kim thấp độ bền cao HSLA 257
5.2.4. Thép làm cốt bêtông 259
5.2.5. Các thép khác 259
5.3. Thép chế tạo máy 260
5.3.1. Các yêu cầu chung 260
5.3.2. Thép thấm cacbon 265
5.3.3. Thép hóa tốt 272
5.3.4. Các chi tiết máy điển hình bằng thép 278
5.3.5. Thép đàn hồi 285
5.3.6. Các thép kết cấu có công dụng riêng 288
5.4. Thép dụng cụ 293
5.4.1. Các yêu cầu chung 293
5.4.2. Thép làm dụng cụ cắt 295
5.4.3. Thép làm dụng cụ đo 304
5.4.4. Thép làm dụng cụ biến dạng nguội 306
5.4.5. Thép làm dụng cụ biến dạng nóng 310
5.5. Thép hợp kim đặc biệt 314
5.5.1. Đặc điểm chung và phân loại 314
5.5.2. Thép không gỉ 315
5.5.3. Thép bền nóng 324
5.5.4. Thép có tính chống mài mòn đặc biệt cao dưới tải trọng va đập 326
5.5.5. Thép và hợp kim sắt có từ tính 328
5.6. Gang 334

5.6.1. Đặc điểm chung của các loại gang chế tạo máy 334
5.6.2. Gang xám 338
5.6.3. Gang cầu 341
5.6.4. Gang dẻo 344

Chương 6. **Hợp kim màu và bột** **347**

6.1. Hợp kim nhôm 347
6.1.1. Nhôm nguyên chất và phân loại hợp kim nhôm 347
6.1.2. Hợp kim nhôm biến dạng không hóa bền được bằng nhiệt luyện 351
6.1.3. Hợp kim nhôm biến dạng hóa bền được bằng nhiệt luyện 353
6.1.4. Hợp kim nhôm đúc 359
6.2. Hợp kim đồng 361
6.2.1. Đồng nguyên chất và phân loại hợp kim đồng 361
6.2.2. Latông 363
6.2.3. Brông 366
6.2.4. Hợp kim Cu - Ni và Cu - Zn - Ni. 368
6.3. Hợp kim ổ trượt 369
6.3.1. Yêu cầu đối với hợp kim làm ổ trượt 369
6.3.2. Hợp kim ổ trượt có nhiệt độ chảy thấp 370
6.3.3. Hợp kim nhôm 371
6.3.4. Các hợp kim khác 372
6.4. Hợp kim titan 373
6.4.1. Titan nguyên chất 373
6.4.2. Hợp kim titan 374
6.5. Hợp kim bột 380
6.5.1. Khái niệm chung 380
6.5.2. Vật liệu cắt và mài 381
6.5.3. Vật liệu kết cấu 386
6.5.4. Hợp kim xốp và thấm 387

Phần IV. VẬT LIỆU PHI KIM LOẠI

Chương 7 **Ceramic** **389**

7.1. Khái niệm chung 389
7.1.1. Bản chất và phân loại 389
7.1.2. Liên kết nguyên tử 390
7.1.3. Trạng thái tinh thể 391
7.1.4. Trạng thái vô định hình 398

7.1.5. Cơ tính 399
7.2. Gốm và vật liệu chịu lửa 403
7.2.1. Bản chất và phân loại 403
7.2.2. Gốm silicat 403
7.2.3. Gốm ôxyt 405
7.3. Thủy tinh và gốm thủy tinh 407
7.3.1. Bản chất và phân loại 407
7.3.2. Thủy tinh thông dụng 408
7.3.3. Các thủy tinh khác 409
7.3.4. Gốm thủy tinh 410
7.4. Ximang và bêtông 411
7.4.1. Bản chất 411
7.4.2. Ximang 411
7.4.3. Bêtông 413
7.4.4. Bêtông cốt thép 413
7.5. Vật liệu cốt sợi cho compozit 414
7.5.1. Vật liệu cacbon và sợi cacbon 414
7.5.2. Sợi bo và các sợi khác 416
7.5.3. Râu đơn tinh thể 417

Chương 8 **Vật liệu polyme** **419**

8.1. Cấu trúc phân tử polyme 420
8.1.1. Phân tử hydrôcacbon 420
8.1.2. Phân tử polyme 421
8.1.3. Cấu trúc mạch của polyme 424
8.1.4. Cấu trúc tinh thể của polyme 430
8.2. Tính chất cơ - lý - nhiệt của polyme 433
8.2.1. Quan hệ ứng suất - biến dạng 433
8.2.2. Cơ chế biến dạng 434
8.2.3. Nóng chảy và thủy tinh hóa 436
8.2.4. Trạng thái đàn hồi - nhớt 438
8.2.5. Phá hủy 439
8.2.6. Hóa già 440
8.3. Ứng dụng và gia công polyme 441
8.3.1. Phân loại 441
8.3.2. Các phương pháp tổng hợp polyme 443
8.3.3. Phối liệu của polyme 446
8.3.4. Các loại vật liệu polyme và ứng dụng 447

Chương 9. **Compozit** **453**

9.1. Khái niệm về compozit 453
9.1.1. Quy luật kết hợp 453
9.1.2. Đặc điểm và phân loại 454
9.1.3. Liên kết nền - cốt 455
9.2. Compozit hạt 456
9.2.1. Compozit hạt thô 456
9.2.2. Compozit hạt mịn 458
9.3. Compozit cốt sợi 459
9.3.1. Ảnh hưởng của yếu tố hình học sợi 459
9.3.2. Compozit cốt sợi liên tục thẳng hàng 462
9.3.3. Compozit cốt sợi gián đoạn thẳng hàng 468
9.3.4. Compozit cốt sợi gián đoạn hỗn độn 468
9.3.5. Kích thước và vật liệu làm cốt sợi 469
9.3.6. Vật liệu làm nền 471
9.3.7. Các loại compozit cốt sợi phổ biến 472
9.4. Compozit cấu trúc 473
9.4.1. Compozit cấu trúc dạng lớp 473
9.4.2. Panel sandwich 474
Tài liệu tham khảo **476**
Mục lục **477**

VẬT LIỆU HỌC CƠ SỞ

Tác giả: Nghiêm Hùng

Chịu trách nhiệm xuất bản: *TS. Phạm Văn Diễn*
Biên tập: *Ngọc Khuê*
Thiết kế bìa: *Phương Thảo*

In 400 bản khổ 16 x 24cm, tại Xưởng in Nhà xuất bản Văn hoá Dân tộc.
Số đăng ký kế hoạch xuất bản: 209-2009/CXB /543 – 10/KHKT, 18/3/2009.
Quyết định xuất bản số: 413/QĐXB – NXBKHKT, cấp ngày 30/12/2009.
In xong và nộp lưu chiểu tháng 1/2010.