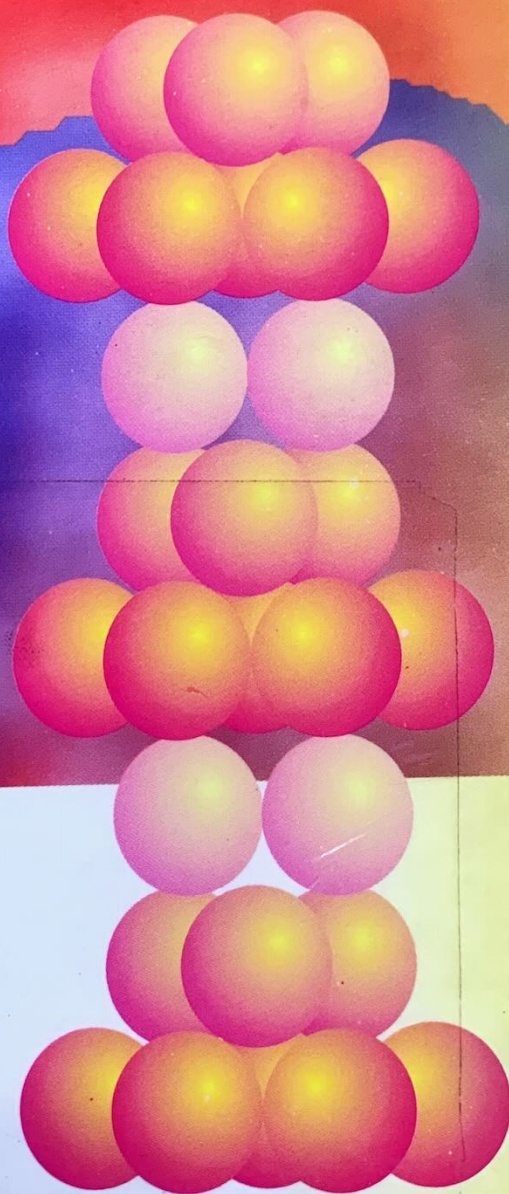
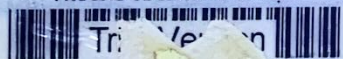


NGUYỄN KHẮC XƯƠNG

VẬT LIỆU KIM LOẠI MÀU



TRƯỜNG CDCN HN-THƯ VIỆN

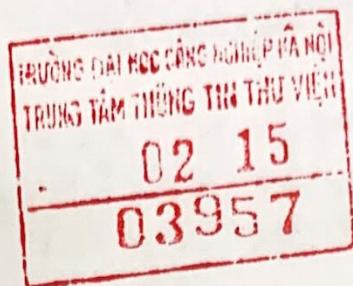


Mã sách: *02

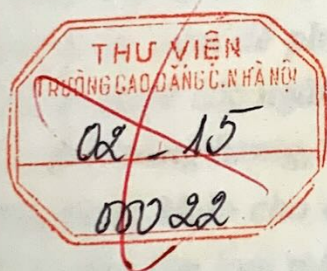


**NHÀ XUẤT BẢN
KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT**

NGUYỄN KHẮC XƯƠNG



VẬT LIỆU KIM LOẠI MÀU



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI

113-324-03
KHKT-03
000-0

LỜI NÓI ĐẦU

Trong ba nhóm vật liệu phổ biến: vật liệu vô cơ, hữu cơ và kim loại, tạo nền tảng cho quá trình tiến hoá của loài người thì vật liệu kim loại đóng vai trò quan trọng đặc biệt. Nhờ chúng nhân loại đã làm nên những tiến bộ nhảy vọt trong khoa học và công nghệ.

Vật liệu kim loại màu tiềm tàng các tính chất cơ, lý, hoá đặc biệt, rất phong phú và đa dạng. Nhiều yêu cầu "hóc búa" về chức năng của các thiết bị, kết cấu, dụng cụ trong các lĩnh vực công nghệ cao như điện tử, tin học, hàng không vũ trụ, năng lượng nguyên tử... hoàn toàn có thể tìm được câu trả lời trong nhóm vật liệu kim loại kim màu - "miền đất hứa" mà các nhà vật liệu hướng tới để nghiên cứu, khai thác.

Việc nghiên cứu sử dụng đúng đắn, hiệu quả vật liệu kim loại màu, đòi hỏi sự hiểu biết sâu sắc về tổ chức, tính chất và đặc điểm quá trình chuyển biến pha xảy ra khi gia công, chế tạo chúng.

Cuốn sách này được biên soạn để phục vụ cho chương trình đào tạo của chuyên ngành về vật liệu hoặc các ngành khác có liên quan như cơ khí, động lực, thiết bị hoá học, máy năng lượng, v.v...

Đây cũng là tài liệu tham khảo cho các kỹ sư và những người quan tâm nghiên cứu, sử dụng vật liệu kim loại màu.

Nội dung cuốn sách này gồm tám chương sắp xếp theo thứ tự tăng dần của khối lượng riêng:

Chương 1 : Nhôm và hợp kim nhôm.

Chương 2 : Magie và hợp kim magie.

Chương 3 : Titan và hợp kim titan.

Chương 4 : Đồng và hợp kim đồng.

Chương 5 : Niken và hợp kim niken.

Chương 6 : Các kim loại Pb, Sn, Zn và hợp kim của chúng.

Chương 7 : Các kim loại khó chảy và hợp kim của chúng.

Chương 8 : Vật liệu kim loại màu đặc biệt.

Đối với mỗi chương, đối tượng kim loại và hợp kim được khảo sát theo các chuyên mục :

- Đặc điểm, tổ chức và tính chất ở trạng thái nguyên chất.
- Quy luật tương tác với các nguyên tố hợp kim và quá trình chuyển

pha.

Tính chất công nghệ và phạm vi ứng dụng.
So với giáo trình kim loại học và nhiệt luyện các kim loại hợp kim màu xuất bản năm 1983, cuốn sách này được bổ sung nhiều nội dung mới ở từng phần và có thêm chương "Vật liệu kim loại màu đặc biệt" đề cập vật liệu trên cơ sở pha liên kim loại, hợp kim berili và composit trên nền kim loại màu.

Các ký hiệu vật liệu chủ yếu được sử dụng theo TCVN có đối chiếu với các tiêu chuẩn hiện hành của Liên bang Nga và một số quốc gia khác.

Tác giả bày tỏ sự biết ơn và ghi đậm những kỷ niệm sâu sắc về cố Giáo sư TSKH Lê Công Dươg, người đã dành nhiều tâm huyết để nghiên cứu và giảng dạy khoa học vật liệu kim loại màu, đồng thời đã góp những ý kiến quý báu cho bản đề cương soạn thảo giáo trình "Kim loại học và nhiệt luyện các kim loại và hợp kim màu" xuất bản năm 1983 - tiền thân của cuốn sách này.

Xin chân thành cảm ơn tập thể Bộ môn Vật liệu học và Nhiệt luyện đã động viên và dành những điều kiện thuận lợi cho quá trình biên soạn cuốn sách.

Tác giả đặc biệt cảm nhận và biết ơn sự giúp đỡ tận tình của các đồng nghiệp: Phạm Minh Phương, Lê Thị Chiêu, Nguyễn Minh Vương, Nguyễn Anh Sơn, Trần Thanh Tùng trong việc hoàn thành bản thảo cuốn sách theo kế hoạch.

Mặc dù đã có nhiều cố gắng trong quá trình biên soạn và chuẩn bị bản thảo, nhưng nhất định không tránh khỏi còn những thiếu sót.

Rất mong nhận được ý kiến đóng góp của bạn đọc để cuốn sách được hoàn thiện hơn.

Các ý kiến xin gửi về địa chỉ: Bộ môn Vật liệu học và Nhiệt luyện Khoa Luyện kim và Công nghệ vật liệu, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

Tác giả

MỤC LỤC

Lời nói đầu 3

Chương 1. Nhôm và hợp kim của nhôm 13

1.1. Lý thuyết chung về nhôm và hợp kim nhôm 13

1.1.1. Khái niệm chung 13

1.1.2. Tính chất của nhôm 14

1.1.2.1. Đặc điểm về tổ chức 14

1.1.2.2. Tính chất của nhôm 14

1.1.3. Quy luật tác dụng của nguyên tố hợp kim với nhôm 18

1.1.4. Tổ chức và tính chất của hợp kim nhôm trong trạng thái đúc 20

1.1.4.1. Vai trò của tổ chức khi đúc đối với tính chất của bán thành phẩm 20

1.1.4.2. Đặc điểm của tổ chức hợp kim sau đúc 20

1.1.5. Tổ chức và tính chất của hợp kim nhôm sau khi gia công áp lực 25

1.1.5.1. Định hướng hình học của hạt và các phần tử pha thứ hai 25

1.1.5.2. Định hướng tinh thể học hoặc TEXTURA biến dạng 25

1.1.5.3. Mật độ lệch sau biến dạng trong hợp kim nhôm 26

1.1.5.4. Sự đồng đều tổ chức và giảm thiểu khuyết tật đúc 26

1.1.6. Đặc điểm nhiệt luyện hợp kim nhôm 28

1.1.6.1. Ủ 28

1.1.6.2. Tôi 31

1.1.6.3. Hoá già 33

1.1.6.4. Hoá bền tổ chức hợp kim nhôm 77

1.1.6.5. Ký hiệu chế độ nhiệt luyện hợp kim nhôm 80

1.2. Các hợp kim nhôm công nghiệp 81

1.2.1. Phân loại hợp kim nhôm 81

1.2.1.1. Phân loại theo phương pháp chế tạo bán thành phẩm 81

1.2.1.2. Phân loại theo khả năng hoá bền khi nhiệt luyện 81

1.2.1.3. Phân loại theo thành phần nguyên tố hợp kim cơ bản	
1.2.1.4. Phương pháp ký hiệu nhôm và hợp kim nhôm	82
1.2.2. Nhôm kỹ thuật	83
1.2.2.1. Phương pháp sản xuất nhôm sạch kỹ thuật	86
1.2.2.2. Chế tạo nhôm có độ sạch cao	86
1.2.2.3. Chế tạo nhôm sạch đặc biệt	88
1.2.2.4. Tạp chất trong nhôm	89
1.2.3. Hợp kim nhôm biến dạng không hoá bền bằng gia công nhiệt luyện	89
1.2.3.1. Hợp kim hệ Al-Mn	94
1.2.3.2. Hợp kim hệ Al-Mg	94
1.2.4. Hợp kim nhôm biến dạng hoá bền bằng nhiệt luyện	97
1.2.4.1. Hợp kim hệ Al-Cu-Mg (đura)	101
1.2.4.2. Hợp kim nhôm trên cơ sở hệ Al-Mg-Si	101
1.2.4.3. Hợp kim nhôm hệ Al-Mg-Si-Cu	108
1.2.4.4. Hợp kim nhôm hệ Al-Zn-Mg và Al-Zn-Mg-Cu	112
1.2.4.5. Hợp kim nhôm hệ Al-Cu-Mg với các nguyên tố hợp kim phụ Fe và Ni	114
1.2.4.6. Hợp kim nhôm hệ Al-Cu-Mn	117
1.2.4.7. Hợp kim nhôm hệ Al-Cu-Li và Al-Mg-Li	119
1.2.5. Hợp kim nhôm đúc	121
1.2.5.1. Hợp kim nhôm đúc hệ Al-Si (Silumin)	124
1.2.5.2. Hợp kim nhôm đúc hệ Al-Cu	126
1.2.5.3. Hợp kim nhôm đúc trên cơ sở Al-Mg	133
1.2.6. Hợp kim nhôm đặc biệt	135
1.2.6.1. Khái niệm về hợp kim nhôm bột thiêu kết (SAAP)	137
1.2.6.2. Một số hợp kim nhôm bột thiêu kết	138
1.2.7. Hợp kim nhôm chống ma sát	139
1.2.7.1. Phân loại	142
1.2.7.2. Hợp kim nhôm chống ma sát nhóm I	142
1.2.7.3. Hợp kim nhôm chống ma sát nhóm II	142
Chương 2. Magie và hợp kim magie	
2.1. Lý thuyết chung về magie và hợp kim magie	147
2.1.1. Khái niệm chung	147
2.1.2. Đặc điểm của magie nguyên chất	148
2.1.3. Đặc điểm công nghệ sản xuất bán thành phẩm	148

2.1.4. Tác dụng của magie với nguyên tố hợp kim và tạp chất	149
2.1.5. Gia công nhiệt luyện hợp kim magie	152
2.1.5.1. Ủ hợp kim magie	152
2.1.5.2. Tôi hợp kim magie	153
2.1.5.3. Hoá già hợp kim magie	153
2.2. Các hợp kim magie công nghiệp	155
2.2.1. Phân loại hợp kim magie	155
2.2.2. Magie kỹ thuật	155
2.2.3. Hợp kim magie biến dạng	156
2.2.3.1. Hợp kim hệ Mg-Mn	157
2.2.3.2. Hợp kim hệ Mg-Al-Zn	159
2.2.3.3. Hợp kim hệ Mg-Zn-Zr	162
2.2.3.4. Hợp kim hệ Mg-Nd-Mn-Ni và Mg-Th-Mn	163
2.2.4. Hợp kim Mg đúc	164
2.2.5. Lĩnh vực ứng dụng magie và hợp kim magie	167
Chương 3. Titan và hợp kim của titan	
3.1. Lý thuyết chung về titan và hợp kim titan	169
3.1.1. Khái niệm chung	169
3.1.2. Tính chất của titan	170
3.1.3. Đặc điểm công nghệ sản xuất bán thành phẩm	172
3.1.4. Tương tác của titan với nguyên tố hợp kim	174
3.1.4.1. Hệ thống hai cấu tử	174
3.1.4.2. Hệ thống ba cấu tử	179
3.1.5. Đặc điểm của chuyển biến pha trong titan và hợp kim của nó	179
3.1.5.1. Đặc điểm của chuyển biến pha trong titan nguyên chất	180
3.1.5.2. Đặc điểm của chuyển biến pha trong hợp kim titan	180
3.1.6. Nhiệt luyện hợp kim titan	194
3.1.6.1. Ủ	195
3.1.6.2. Tôi và ram hoặc hoá già	198
3.1.6.3. Hoá nhiệt luyện	201
3.2. Hợp kim titan	202
3.2.1. Phân loại hợp kim titan	202
3.2.2. Titan kỹ thuật	203
3.2.2.1. Tính chất	203

3.2.2.2. Ảnh hưởng của tạp chất	204
3.2.2.3. Ảnh hưởng của nguyên tố hợp kim đến tổ chức và tính chất của hợp kim titan	206
3.2.3. Hợp kim titan biến dạng	213
3.2.3.1. Hợp kim phân nhóm 1	213
3.2.3.2. Hợp kim phân nhóm 2	214
3.2.3.3. Hợp kim phân nhóm 3	215
3.2.3.4. Hợp kim phân nhóm 4	215
3.2.3.5. Hợp kim phân nhóm 5	215
3.2.3.6. Hợp kim phân nhóm 6	216
3.2.4. Hợp kim titan biến dạng 2 pha $\alpha + \beta$	216
3.2.4.1. Hợp kim phân nhóm 1	217
3.2.4.2. Hợp kim phân nhóm 2	217
3.2.4.3. Hợp kim phân nhóm 3	218
3.2.4.4. Hợp kim phân nhóm 4	219
3.2.4.5. Hợp kim phân nhóm 5	219
3.2.5. Hợp kim titan β	219
3.2.6. Hợp kim titan đúc	221
3.2.7. Lĩnh vực ứng dụng titan và hợp kim của nó	222
Chương 4. Đồng và hợp kim của đồng	
4.1. Lý thuyết chung về đồng và các hợp kim đồng	225
4.1.1. Khái niệm chung	225
4.1.2. Tính chất của đồng nguyên chất	225
4.1.3. Đặc điểm công nghệ sản xuất bán thành phẩm	227
4.1.4. Tương tác của đồng với các nguyên tố hợp kim	228
4.1.5. Ảnh hưởng của tạp chất đến tổ chức và tính chất của đồng	229
4.1.5.1. Nhóm các nguyên tố hoà tan vào đồng tạo dung dịch rắn thay thế	231
4.1.5.2. Nhóm các nguyên tố tạo với đồng cùng tinh dễ chảy	232
4.1.5.3. Nhóm các á kim hầu như không tan trong đồng và tạo hợp chất hoá học	233
4.1.6. Đồng kỹ thuật	236
4.2. Các loại hợp kim đồng trong kỹ thuật	239
4.2.1. P hân loại hợp kim đồng	239
4.2.2. Latông (đồng thau)	240
4.2.2.1. Latông đơn giản	240

4.2.2.2. Latông phức tạp	251
4.2.3. Brông (đồng thanh)	258
4.2.3.1. Brông thiếc	258
4.2.3.2. Brông nhôm (đồng thanh nhôm)	267
4.2.3.3. Brông chì (đồng thanh chì)	273
4.2.3.4. Brông mangan (đồng thanh mangan)	274
4.2.3.5. Brông silic (đồng thanh silic)	276
4.2.3.6. Brông berili (đồng thanh berili)	277
4.2.3.7. Brông đặc biệt	281
4.2.3.8. Hợp kim đồng niken	286
Chương 5. Niken và hợp kim niken	
5.1. Lý thuyết chung về niken và hợp kim niken	293
5.1.1. Khái niệm chung	293
5.1.2. Tính chất của niken kim loại	293
5.1.3. Đặc điểm sản xuất bán thành phẩm	294
5.1.4. Ảnh hưởng của tạp chất và các nguyên tố hợp kim	296
5.1.4.1. Ảnh hưởng của tạp chất	296
5.1.4.2. Ảnh hưởng của các nguyên tố hợp kim	299
5.1.5. Nhiệt luyện hợp kim niken	302
5.2. Hợp kim niken công nghiệp	303
5.2.1. Hợp kim niken dùng trong kỹ thuật điện	303
5.2.1.1. Hợp kim làm cặp nhiệt	303
5.2.1.2. Hợp kim làm dây điện trở và dây nung	306
5.2.2. Hợp kim có tính chất hoá lý đặc biệt	308
5.2.2.1. Hợp kim từ cứng và từ mềm	308
5.2.2.2. Hợp kim có tính dẫn nở đặc biệt	310
5.2.2.3. Hợp kim ổn định chống ăn mòn	311
5.2.3. Hợp kim niken bền nóng và ổn định nóng	312
5.2.3.1. Hợp kim niken bền nóng	312
5.2.3.2. Hợp kim niken ổn định nóng	322
Chương 6. Các kim loại chì, thiếc, kẽm và hợp kim của chúng	
6.1. Tổ chức, tính chất của thiếc (Sn) và chì (Pb)	323
6.1.1. Thiếc (Sn)	323
6.1.2. Chì (Pb)	325
6.2. Hợp kim thiếc và chì	326
6.2.1. Hợp kim có nhiệt độ nóng chảy thấp	328

6.2.2. Hợp kim hàn	329
6.2.3. Hợp kim để bọc cáp điện	329
6.3. Tổ chức và tính chất của kẽm	330
6.4. Hợp kim kẽm	334
6.4.1. Hợp kim kẽm đúc	334
6.4.1.1. Hợp kim 2 cấu tử Zn-Al	337
6.4.1.2. Hợp kim 2 cấu tử Zn-Cu	337
6.4.1.3. Hợp kim hệ Zn-Cu-Al	340
6.4.2. Hợp kim kẽm biến dạng	342
6.4.3. Hợp kim kẽm hàn	342
6.5. Các hợp kim chống ma sát trên cơ sở chì, thiếc và kẽm	342
6.5.1. Những yêu cầu đối với vật liệu làm ổ trục	343
6.5.1.1. Tính chống ma sát	344
6.5.1.2. Cơ tính của vật liệu ổ trục	345
6.5.1.3. Khả năng chống ăn mòn	345
6.5.1.4. Yêu cầu về chế độ dẫn nhiệt và các tính chất vật lý khác	345
6.5.1.5. Tính công nghệ của vật liệu ổ trục	346
6.5.2. Các hợp kim chống ma sát trên cơ sở thiếc và chì	346
6.5.2.1. Bacbit thiếc	351
6.5.2.2. Bacbit chì	354
6.5.2.3. Bacbit chì - thiếc	357
6.5.3. Hợp kim ổ trục trên cơ sở kẽm	358
6.6. Hợp kim ứng dụng trong công nghiệp in	358
6.6.1. Các hợp kim chì	359
6.6.2. Các hợp kim kẽm	359
Chương 7. Các kim loại khó chảy và hợp kim của chúng	
7.1. Lý thuyết chung về kim loại và hợp kim khó chảy	361
7.1.1. Khái niệm mở đầu	361
7.1.2. Các tính chất của kim loại khó chảy	362
7.1.2.1. Tính chất vật lý của kim loại khó chảy	363
7.1.2.2. Cơ tính của kim loại khó chảy	365
7.1.2.3. Tính chống ăn mòn của các kim loại khó chảy	368
7.1.3. Đặc điểm tương tác của kim loại khó chảy với các nguyên tố hợp kim và tạp chất	370
7.1.3.1. Đặc điểm tương tác của kim loại khó chảy với các nguyên tố hợp kim	370

7.1.3.2. Đặc điểm tương tác của kim loại khó chảy với tạp chất	371
7.1.4. Nguyên tắc hợp kim hoá kim loại khó chảy	374
7.1.5. Đặc điểm công nghệ sản xuất kim loại và hợp kim khó chảy	380
7.1.5.1. Đặc điểm chung của quy trình chế tạo các kim loại khó chảy	380
7.1.5.2. Đặc điểm công nghệ sản xuất bán thành phẩm từ kim loại khó chảy	381
7.2. Các kim loại và hợp kim khó chảy công nghiệp	382
7.2.1. Vanadi và hợp kim của vanadi	382
7.2.1.1. Vanadi	382
7.2.1.2. Hợp kim vanadi	383
7.2.2. Niobi và hợp kim niobi	385
7.2.2.1. Niobi và tính chất của nó	385
7.2.2.2. Hợp kim niobi	387
7.2.3. Tantan và hợp kim của tantan	391
7.2.3.1. Tantan và tính chất của nó	391
7.2.3.2. Hợp kim của tantan	392
7.2.4. Crom và hợp kim crom	392
7.2.4.1. Crom và tính chất của nó	392
7.2.4.2. Hợp kim crom	393
7.2.5. Molipđen và các hợp kim molipđen	397
7.2.5.1. Molipđen và tính chất của nó	397
7.2.5.2. Hợp kim molipđen	399
7.2.6. Vonfram và hợp kim vonfram	402
7.2.6.1. Vonfram và tính chất của nó	402
7.2.6.2. Hợp kim vonfram	404
Chương 8. Vật liệu kim loại màu đặc biệt	
8.1. Berili và hợp kim của nó	407
8.1.1. Berili nguyên chất	407
8.1.1.1. Lý - hoá tính của berili	408
8.1.1.2. Cơ tính của berili	409
8.1.2. Hợp kim berili	410
8.1.2.1. Tương tác của berili với nguyên tố hợp kim	410
8.1.2.2. Hợp kim berili công nghiệp	411
8.1.3. Lĩnh vực ứng dụng	412

8.2. Vật liệu trên cơ sở pha liên kim loại (LKL)	413
8.2.1. Đặc điểm, phân loại LKL	414
8.2.1.1. Đantonit	414
8.2.1.2. Bertolit	414
8.2.1.3. Pha curnakov	416
8.2.2. Hợp kim hoá các liên kim loại	416
8.2.2.1. Tương tác giữa liên kim loại với nguyên tố hợp kim	418
8.2.2.2. Ảnh hưởng của hợp kim hoá, hợp kim hoá vi lượng	421
8.2.3. Ảnh hưởng của các yếu tố khác	422
8.2.4. Một số hợp kim liên kim loại và ứng dụng	422
8.2.4.1. Hợp kim kết cấu bền nóng trên cơ sở aluminhit titan	423
8.2.4.2. Hợp kim trên cơ sở aluminhit niken	429
8.2.4.3. Hợp kim có hiệu ứng nhớ hình	435
8.3. Vật liệu composit nền kim loại màu	444
8.3.1. Đặc điểm và phân loại vật liệu composit	444
8.3.2. Vật liệu composit cốt hạt	446
8.3.2.1. Tổ chức và tính chất	447
8.3.2.2. Vật liệu composit cốt hạt nền nhôm	447
8.3.2.3. Vật liệu composit cốt hạt nền niken	449
8.3.3. Vật liệu composit cốt sợi	450
8.3.3.1. Sự hoá bền bằng cốt sợi	451
8.3.3.2. Chế tạo composit nền kim loại cốt sợi	452
8.3.3.3. Vật liệu composit nền nhôm cốt sợi	454
8.3.3.4. Composit nền hợp kim magie và titan cốt sợi	457
8.3.3.5. Composit nền niken cốt sợi	458
8.3.4. Ứng dụng vật liệu composit nền kim loại màu	460
Tài liệu tham khảo	463

VẬT LIỆU KIM LOẠI MÀU

Tác giả:

PGS, TS NGUYỄN KHẮC XƯƠNG

Chịu trách nhiệm xuất bản:

PGS, TS TÔ ĐĂNG HẢI

Biên tập:

ThS. NGUYỄN HUY TIẾN

Sửa bài:

NGỌC LINH

Trình bày bìa:

HƯƠNG LAN

**NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
70 TRẦN HƯNG ĐẠO – HÀ NỘI**

00 cuốn, khổ 16x24cm, tại Nhà in KH & CN

phép xuất bản số: 113-354-28/1/2003

ng và nộp lưu chiểu tháng 2 năm 2003