

工程材料科學

洪敏雄 · 王木琴 · 許志雄 · 蔡明雄 · 呂英治 · 方冠榮 · 盧陽明 編著



 全華圖書股份有限公司 印行

工程材料科學

洪敏雄、王木琴、許志雄、蔡明雄

呂英治、方冠榮、盧陽明 編著



全華圖書股份有限公司 印行

國家圖書館出版品預行編目資料

工程材料科學 / 洪敏雄等編著. -- 初版. --

臺北縣土城市：全華圖書, 2008.12

面；公分

ISBN 978-957-21-6798-4(平裝)

1. 材料科學 2. 工程科學

440.2

97023982

工程材料科學

作 者 洪敏雄、王木琴、許志雄、蔡明雄、呂英治
方冠榮、盧陽明

執行編輯 邱冠銘、陳姍姍

發行人 陳本源

出版者 全華圖書股份有限公司

地 址 23671 台北縣土城市忠義路 21 號

電 話 (02)2262-5666 (總機)

傳 真 (02)2262-8333

郵政帳號 0100836-1 號

印刷者 宏懋打字印刷股份有限公司

圖書編號 05931

初版一刷 2009 年 1 月

定 價 新台幣 550 元

I S B N 978-957-21-6798-4

全華圖書

www.chwa.com.tw

book@chwa.com.tw

全華科技網 OpenTech

www.optentech.com.tw

有著作權 · 侵害必究

序言

材料是產業發展的基礎，也是帶動技術升級的火車頭，因此工程材料已成為工學院各學系必修的課程之一，只是各領域著重的方向不盡相同。有感於工程材料的重要性，作者特別規劃此一專書，希望以由淺入深，循序漸進方式介紹工程材料，使莘莘學子能一窺堂奧。希望讀者能藉此建立深厚的材料科學基礎，並且對於各種工程材料實務上的應用，亦能深入瞭解。使學生未來不論是進入研究所深造，或投身產業界工作，皆能勝任愉快。

全書完整介紹材料的結構、性能、製程與應用，並且涵蓋金屬、陶瓷、半導體、高分子及複合材料，對於材料的各種物理及化學性質的介紹也是本書的重點項目。另外，材料的基礎熱力學、動力學，以及實務上的製程加工技術，皆編列相當篇幅。本書的程度定位於材料科學及工程的入門書，因此可做為大學、科技大學及技術學院理工學院材料科學導論課程之用書，尤其是材料系、化工系及電機系相關課程之用，亦可作為機械系之機械材料或工程材料的用書。

本書之撰寫工作由數位國內學者擔綱，以其學術專長進行分工。包括國立成功大學材料系方冠榮教授、國立聯合大學材料科學工程學系許志雄教授、高雄醫學大學香妝品系王木琴教授、國立台南大學光電所盧陽明教授、南台科技大學化工及材料工程學系蔡明雄教授及國立台南大學材料系呂英治教授等人戮力投入使得以順利完成。

此專書撰寫過程，作者群們參考國內外專門書籍，並加入個人教學研究的心得，以期能掌握工程材料發展趨勢。下筆之際對於用字遣詞，再三斟酌，希望能盡可能減少誤繆。書中或有錯誤或不妥之處，還請告知，以便讓本書更臻於完善。本書如能對讀者專業知識的提昇有所助益，是作者們所期盼的。

洪敏雄
謹識於台南成大

編輯部序

工程材料科學

「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，循序漸進。

全書完整介紹材料的結構、性能、製程與應用，並且涵蓋金屬、陶瓷、半導體、高分子及複合材料，對於材料的各種物理及化學性質的介紹也是本書的重點項目。另外，材料的基礎熱力學、動力學，以及實務上的製程加工技術，皆編列相當篇幅。本書的程度定位於材料科學及工程的入門書，因此可做為大學、科技大學及技術學院理工學院材料科學導論課程之用書，尤其是材料系、化工系及電機系相關課程之用，亦可作為機械系之機械材料或工程材料的用書。

同時，為了使您能有系統且循序漸進研習相關方面的叢書，我們列出各有關圖書的閱讀順序，已減少您研習此門學問的摸索時間，並能對這門學問有完整的知識。若您在這方面有任何問題，歡迎來函聯繫，我們將竭誠為您服務。

相關叢書介紹

書號：0330072
書名：工程材料學(精裝本)(修訂二版)
編著：楊榮顯
16K/512 頁/550 元

書號：0308701
書名：機械材料試驗(修訂版)
編著：詹添印.廖德潭.周漢標
20K/344 頁/300 元

書號：10216
書名：粉末冶金技術手冊
編著：汪建民
16K/562 頁/800 元

書號：05615
書名：工程材料科學(新版)
編著：劉國雄.鄭晃忠.李勝隆.林樹均
葉均蔚
16K/824 頁/750 元

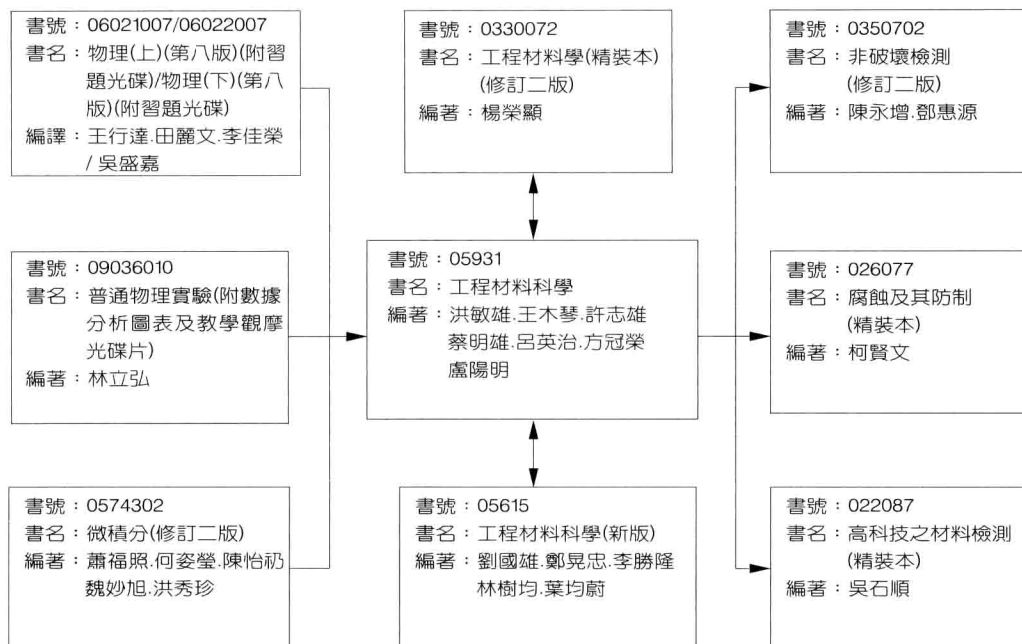
書號：0350702
書名：非破壞檢測(修訂二版)
編著：陳永增.鄧惠源
20K/424 頁/440 元

書號：0197901
書名：材料工程實驗與原理(修訂版)
編著：林樹均.葉均蔚.劉增豐.李勝隆
20K/768 頁/500 元

書號：05867
書名：圖解高分子材料最前線
日譯：黃振球
20K/336 頁/380 元

◎上列書價若有變動，請以最新定價為準。

流程圖



目 錄

contents

第 1 章	導論	1-1
1.1	簡介	1-2
1.2	材料科學與工程	1-3
1.3	材料的分類	1-5
1.3.1	金屬材料	1-5
1.3.2	高分子材料(polymers)	1-5
1.3.3	陶瓷材料(ceramics)	1-5
1.3.4	複合材料(composites)	1-5
	習題	1-6
第 2 章	原子鍵結與晶體構造	2-1
2.1	原子結構與鍵結	2-2
2.1.1	原子模型	2-2
2.1.2	週期表	2-6
2.2	鍵結(bonding)	2-7
2.2.1	主要鍵結	2-7
2.2.2	鍵結種類與材料物理特性關係實例	2-11
2.2.3	次要鍵結	2-12
2.3	結晶構造(crystal structure)	2-13
2.3.1	晶格(lattice)	2-13
2.3.2	對稱(symmetry)	2-14
2.3.3	金屬結構	2-14
2.4	結晶系統(crystal system)	2-16

2.4.1	米勒座標系統(Miller indices)	2-16
2.4.1.1	六方晶系之結晶方向	2-19
2.4.2	結晶平面之米勒指數(Miller indices)	2-19
2.4.3	原子堆積係數	2-22
2.4.4	密度(density)	2-23
2.5	液晶(liquid crystal)	2-24
2.6	碳結構	2-24
2.7	單晶與複晶	2-26
2.8	晶格系統與晶格常數之決定方法	2-27
	習題	2-33

第 3 章 結晶缺陷及固體中的缺陷 3-1

3.1	點缺陷(point defects)	3-2
3.1.1	本質點缺陷	3-2
3.1.2	異質點缺陷	3-6
3.1.3	點缺陷表示法	3-11
3.2	擴散(diffusion)原理	3-13
3.2.1	Fick 第一擴散定律	3-18
3.2.2	Fick 第二擴散定律	3-21
3.3	線缺陷(line defects)	3-27
3.3.1	刃差排(edge dislocation)	3-27
3.3.2	螺旋差排(screw dislocation)	3-28
3.3.3	混合差排(mixed dislocation)	3-28
3.3.4	布格向量(Burgers vector)	3-29
3.4	界面缺陷(Interfacial defects)	3-30
3.4.1	外表面	3-31
3.4.2	晶界(grain boundary)	3-31
3.4.3	小角晶界	3-33
3.4.4	雙晶晶界(twin boundary)	3-34
3.4.5	其他界面缺陷	3-35

3.5 體缺陷(volume defects)	3-36
習題	3-37

第 4 章 相圖(phase diagram) 4-1

4.1 相平衡(phase equilibrium)	4-2
4.2 平衡相圖(equilibrium phase diagram)	4-3
4.3 一元系統之相圖	4-4
4.4 二元系統之相圖	4-5
4.5 相圖的解說(interpretation of phase diagram)	4-8
4.6 共晶型平衡圖	4-10
4.7 偏晶型平衡圖	4-15
4.8 共析相變平衡圖	4-17
4.9 含有中間化合物的相圖	4-18
4.10 不平衡的冷卻過程	4-18
習題	4-20

第 5 章 相變態..... 5-1

5.1 相變態之分類	5-2
5.2 成核(nucleation)	5-3
5-2-1 均質成核	5-3
5-2-2 異質成核	5-5
5-2-3 成核劑(inoculant)	5-6
5.3 不改變組成之相變態	5-6
5-3-1 共軛相變	5-7
5-3-2 有序相變	5-7
5-3-3 麻田散鐵相變	5-7
5.4 組成改變之相變態(伴隨擴散的相變態)	5-9
5-4-1 共析反應	5-9

5-4-2	等溫析出	5-10
5-4-3	沃斯田鐵的恆溫相變	5-11
5-4-4	沃斯田鐵的連續冷卻變態	5-12
5.5	離相解離(spinodal decomposition)	5-13
5.6	相變態之影響因素	5-15
5-6-1	晶粒大小對相變行為的影響	5-15
5-6-2	合金組成對相變的影響	5-15
	習題	5-17

第 6 章 變形 6-1

6.1	金屬之彈性變形	6-3
6-1-1	金屬彈性變形之特徵	6-3
6-1-2	彈性模數與雙原子模型	6-3
6-1-3	彈性係數	6-7
6-1-4	由彈性應變求應力值	6-9
6.2	金屬之塑性加工	6-10
6.3	塑性變形	6-12
6-3-1	塑性變形之特徵	6-12
6-3-2	應力-應變曲線	6-12
6-3-3	真應力-真應變曲線	6-14
6.4	塑性變形之方式：滑動與雙晶	6-16
6-4-1	滑動及滑動帶	6-16
6-4-2	由滑動所發生的變形	6-17
6-4-3	滑動系統	6-19
6-4-4	滑動的臨界剪分應力(critical resolves shear stress, τ_{CRSS})	6-20
6-4-5	由雙晶(twin)所生之變形	6-21
6.5	多晶體的塑性變形	6-22
6-5-1	多晶體塑性變形的過程	6-22
6-5-2	晶粒大小對塑性變形的影響	6-24
6.6	合金的塑性變形	6-25

6-6-1 單相固溶體的塑性變形	6-25
6-6-2 多相合金的塑性變形	6-26
習題	6-30

第 7 章 破壞(fracture)..... 7-1

7.1 金屬的破壞類型	7-2
7.2 延性破壞(ductile fracture)	7-3
7.3 脆性破壞	7-5
7.3.1 脆性破壞之特徵	7-5
7.3.2 理論內聚強度(theoretical cohesive strength)	7-5
7.3.3 脆性破壞的 Griffith 理論(Griffith theory of brittle fracture)	7-6
7.4 斷口形態學(fractography)	7-7
7.5 破壞韌性	7-9
7.6 疲勞(fatigue)	7-12
7.6.1 疲勞破壞	7-12
7.6.2 疲勞破斷面之觀察	7-15
7.6.3 耐疲勞強度之影響因素	7-16
7.7 潛變(creep)	7-19
習題	7-22

第 8 章 強化及韌化 8-1

8.1 固溶強化(solid-solution strengthening)	8-2
8.2 應變硬化(strain hardening)	8-4
8.3 塑性變形對組織的影響	8-7
8.3.1 顯微組織的變化	8-7
8.3.2 內應力(或殘留應力)	8-7
8.3.3 變形組織	8-8
8.4 加工後之退火、回復、再結晶、晶粒成長及機械性質	8-9
8.4.1 冷加工之金屬與合金在退火過程中的變化	8-10

8.4.2 回復(recovery)	8-14
8.4.3 再結晶(recrystallization)	8-18
8.4.4 晶粒成長(grain growth)	8-24
習題	8-28

第 9 章 熱處理.....9-1

9.1 析出硬化	9-2
9.1.1 時效處理	9-2
9.1.2 析出(時效)硬化的原因	9-3
9.2 熱處理(heat treatment)之定義及其重要性	9-6
9.3 退火	9-7
9.3.1 完全退火(full annealing)	9-8
9.3.2 恒溫退火(isothermal annealing)	9-9
9.3.3 均質化退火(homogenizing)	9-9
9.3.4 球化退火(spherodizing)	9-10
9.3.5 應力消除退火(stress relief annealing)	9-11
9.4 正常化(normalizing)	9-11
9.5 鋼之淬火(quenching)	9-13
9.5.1 淬火目的及原理	9-13
9.5.2 淬火溫度與加熱時間	9-13
9.6 硬化能(hardenability)	9-15
9.6.1 質量效應	9-15
9.6.2 硬化能	9-16
9.7 鋼之回火(tempering)	9-21
9.7.1 回火目的	9-21
9.7.2 回火後的組織與性質之變化	9-22
9.7.3 合金元素對回火軟化與二次硬化的影響	9-23
9.7.4 回火脆性	9-25
習題	9-28

第 10 章 鐵系合金 10-1

10.1	鐵與鋼之製造	10-2
10.1.1	鐵、鋼及鑄鐵之定義	10-2
10.1.2	鋼鐵廠之概況	10-3
10.1.3	生鐵之製造	10-5
10.1.4	煉鋼法	10-8
10.1.5	鋼錠製造法	10-12
10.1.6	鋼錠之加工	10-13
10.1.7	鋼料製品之種類及用途概述	10-14
10.2	純鐵之組織及相變化	10-17
10.3	鋼之相變化	10-19
10.3.1	鐵-碳平衡圖	10-19
10.3.2	碳鋼在緩慢冷卻的相變化	10-23
10.4	碳鋼	10-28
10.4.1	鋼中所含元素對碳鋼特性之影響	10-28
10.4.2	碳鋼之編號	10-31
10.5	合金鋼	10-31
10.5.1	合金鋼之分類	10-31
10.5.2	普通構造用合金鋼	10-36
10.5.3	機械構造用合金鋼	10-36
10.5.4	彈簧鋼	10-37
10.5.5	工具鋼	10-38
10.5.6	高速鋼(hihg speed steel)	10-39
10.5.7	不銹鋼	10-40
10.5.8	其他特殊鋼	10-42
10.6	鑄鐵	10-43
10.6.1	鑄鐵之組織	10-43
10.6.2	鑄鐵之石墨化過程	10-43
10.6.3	石墨對鑄鐵機械性質之影響	10-45
	習題	10-46

第 11 章 非鐵金屬及合金..... 11-1

11.1	銅及銅合金	11-2
11.1.1	銅之物理與機械性質	11-2
11.1.2	黃銅	11-3
11.1.3	青銅	11-6
11.2	鋁及鋁合金	11-8
11.2.1	鋁之性質	11-8
11.2.2	鋁合金	11-9
11.3	鎂及鎂合金	11-11
11.3.1	鎂之性質	11-11
11.3.2	鎂合金	11-12
11.4	鈦及鈦合金	11-15
11.4.1	鈦之性質	11-15
11.4.2	鈦合金之種類及性質	11-15
	習題	11-20

第 12 章 陶瓷材料之結構與成型 12-1

12.1	緒論	12-2
12.2	陶瓷結構	12-3
12.2.1	陶瓷之穩定結構及配位數	12-3
12.2.2	AX 型晶體構造	12-7
12.2.3	A_mX_p 型晶體構造	12-9
12.2.4	$A_mB_nX_p$ 型鈣鈦礦晶體構造	12-10
12.2.5	陶瓷晶體密度計算	12-10
12.3	矽酸鹽(silicate)結構	12-11
12.4	陶瓷製程	12-13
12.4.1	粉體製程	12-14
12.4.2	成型法	12-15
12.4.3	燒結	12-19

12.5 玻璃(glass)及其形成條件.....	12-21
12.6 玻璃陶瓷.....	12-25
習題.....	12-29

第 13 章 陶瓷材料之特性 13-1

13.1 陶瓷之機械性能.....	13-2
13.1.1 陶瓷之強度.....	13-2
13.1.2 陶瓷之脆性.....	13-2
13.1.3 陶瓷的韌化.....	13-5
13.1.4 陶瓷之強度測試.....	13-6
13.2 介電性質.....	13-8
13.2.1 極化量與介電位移.....	13-8
13.2.2 極化機構.....	13-11
13.2.3 介電常數.....	13-13
13.3 介電材料用途及製造方法.....	13-14
13.4 壓電效應.....	13-17
13.5 陶瓷的導電特性.....	13-18
13.6 陶瓷高溫超導體.....	13-19
習題.....	13-22

第 14 章 複合材料 14-1

14.1 緒論.....	14-2
14.2 複合材料的分類.....	14-2
14.3 強化材(reinforced materials).....	14-2
14.4 基材(matrix).....	14-12
14.5 基材與強化材的界面(interface).....	14-13
14.6 複合材料的強度基本性質.....	14-15
14.6.1 比拉伸強度與比彈性模數.....	14-15

14.6.2 纖維複合材料的破壞機制	14-19
14.7 纖維強化塑膠複合材料的加工	14-20
14.8 複合材料的應用與展望	14-25
習題	14-28

第 15 章 高分子材料 15-1

15.1 高分子材料的定義與分類	15-2
15.2 單位之聚合反應	15-6
15.2.1 聚加成反應	15-6
15.2.2 聚縮合反應	15-7
15.2.3 共聚合高分子材料	15-9
15.2.4 高分子的分子量	15-10
15.3 高分子晶體	15-12
15.3.1 高分子的結晶模型	15-12
15.3.2 高分子材料的結晶型態	15-14
15.4 高分子材料之製程	15-17
15.4.1 高分子材料的合成方法	15-17
15.4.2 高分子加工	15-18
15.5 高分子材料的應用與展望	15-20
15.5.1 高分子材料的應用	15-20
15.5.2 分子材料的展望	15-26
習題	15-27

第 16 章 材料的電性質 16-1

16.1 電的傳導(electrical conduction)	16-2
16.2 固體的能帶理論(band theory in solids)	16-4
16.3 金屬的能帶結構	16-5
16.3.1 鹼金族的能帶結構	16-5

16.4	金屬的導電特性	16-6
16.4.1	溫度的影響	16-7
16.4.2	晶格缺陷的影響	16-7
16.4.3	製程與強化機構的影響	16-8
16.5	其他之導電特性	16-10
16.5.1	熱電偶	16-10
16.5.2	超導體	16-12
16.6	絕緣體	16-13
16.7	半導體	16-15
16.7.1	本質半導體(intrinsic semiconductor)	16-15
16.7.2	外稟半導體(extrinsic semiconductor)	16-17
16.7.2.1	n 型半導體	16-17
16.7.2.2	p 型半導體	16-19
16.7.3	溫度對導電性的影響	16-20
16.7.4	化合物半導體	16-22
16.7.5	半導體元件的應用	16-23
16.7.6	半導體元件的製作技術	16-26
16.8	離子材料的導電特性	16-28
	習題	16-30

第 17 章 磁性材料 17-1

17.1	緒論	17-2
17.2	磁性起源及種類	17-2
17.2.1	順磁性	17-5
17.2.2	反磁性(Diamagnetism)	17-5
17.2.3	鐵磁性(ferromagnetism)	17-7
17.2.4	反鐵磁性	17-8
17.2.5	亞鐵磁性	17-10
17.3	磁阻	17-10
17.3.1	磁阻之定義	17-10
17.3.2	磁阻之分類	17-11