

鍛造學

●理論與實習

許源泉 著

三民書局 印行



鍛 造 學

——理論與實習——

許源泉著

學歷：國立台灣師範大學工業教育學士、碩士

經歷：高工教師、工專講師、事務組長、科主任

現職：國立雲林工專機械製造科講師

三 民 書 局 印 行

鍛造學：理論與實習／許源泉著--初
版--臺北市：三民，民79
面； 公分
參考書目：面657-661
ISBN 957-14-0081-5 (平裝)
1. 鍛工—技術

472.1

© 鍛造學
——理論與實習

著者 許源泉

發行人 劉振強

出版者 三民書局股份有限公司
印刷所 三民書局股份有限公司

地址／臺北市重慶南路一段六十一號

郵撥／〇〇〇九九八—五

初版 中華民國七十九年九月

編號 S 44126

基本定價 拾伍元伍角陸分

行政院新聞局登記證局版臺業字第〇二〇號

學造鍛
編號 S 44126
三民書局

ISBN 957-14-0081-5 (平裝)

編 者 序

鍛造係自古以來金屬成型的主要方法，因其製品均勻強韌，所以須具備高強度要求的機件，尤其在高速、高壓、強腐蝕環境下或航空器等非依賴鍛造來製造不可。但我國的鍛造技術水準低落，連工業用的一些手工具及汽車鍛品均須仰賴進口，因此有計畫培育鍛造技術人力，振興我國鍛造工業乃是當務之急。

技術人力的培育首賴課程及教材的提供配合，近幾年來政府逐漸重視這種技術課程的規劃，譬如在工專機械類科的「塑性加工學」及「工廠實習」皆列有鍛造之相關課程內涵，而高工職校的羣集課程亦有「鍛造學」的專門課程，但是教材資料方面卻相當缺乏，因此作者不揣淺陋，搜集中外資料，加上自身的理論與實務教學經驗，試著編撰一鍛造專書，冀祈能有拋磚引玉之效，大家共為我國鍛造技術而努力。

本書乃以實務技術介紹為主，就是第二章的塑性理論亦僅做簡單的概述，不做艱深的理論說明，全書共分十七章，前十五章為鍛造專業知識，敘述鍛造的基本概念、各種鍛造設備、鍛件與鍛模設計、鍛造負荷材料溫度潤滑、各種鍛造方法、鍛造後處理與檢驗及自動化鍛造技術等。後二章為鍛造實習，敘述鍛造實習工廠的組織、設備、安全、急救及手工、機器鍛造的實習操作要領。因此本書可供工專「塑性加工學」、「工廠實習（鍛造實習）」及高工「鍛造學」教材之用，教師可參閱附錄6～8之課程標準酌加選擇教授。此外，本書亦可供訓練機構及工廠人士參考使用。

由於作者教學及行政工作繁忙，大部份均利用公餘之暇編撰本書，在此除要向書末「參考資料」的諸作者致意之外，特別感謝內人江麗琴老師的體諒、鼓勵和照顧家務，而三民書局之慨允幫忙，方能順利出版，謹致最高敬意。本書從資料搜集到編撰，雖歷經四年有餘，但因有關鍛造的資料文獻並不多，且作者才疏學淺，因此雖經多次校對，誤謬遺漏之處恐不能免，深盼教師及讀者惠予指正。

許源泉 謹識

民國七十九年六月於國立雲林工專機械製造工程科

鍛 造 學——理論與實習

目 次

編 者 序

第一章 緒 論

§1-1 金屬加工的方法	1
§1-1-1 金屬加工的種類	1
§1-1-2 塑性加工概說	2
§1-2 鍛造的意義與簡史	5
§1-2-1 鍛造的意義	5
§1-2-2 鍛造的歷史	5
§1-2-3 鍛造的應用	9
§1-3 鍛造的特點	11
§1-3-1 鍛造的特性	11
§1-3-2 鍛造的優缺點	12
§1-4 鍛造的目的	14
§1-4-1 鍛造目的概說	14
§1-4-2 鍛造之鍛鍊	14
§1-4-3 鍛造之成形	16
§1-5 鍛造的種類	17
§1-5-1 鍛造的分類	17
§1-5-2 鍛造的基本方法	22
§1-6 鍛造的製程	23

2 鍛 造 學

§1-6-1 鍛造的基本過程	23
§1-6-2 鍛造工廠的流程	24
§1-7 鍛造變數與系統	24
§1-7-1 鍛造的變數	24
§1-7-2 鍛造的系統	26

第二章 鍛造之塑性理論

§2-1 金屬的結構與缺陷	31
§2-1-1 金屬的結構	31
§2-1-2 金屬的缺陷	31
§2-2 塑性變形的基本概念	35
§2-2-1 塑性變形的意義	35
§2-2-2 塑性變形的機構	37
§2-2-3 差排滑動的形成	38
§2-3 塑性力學的基礎	45
§2-3-1 塑流應力	45
§2-3-2 真實應力與真實應變	45
§2-3-3 應力應變方程式	47
§2-3-4 降伏條件	49
§2-4 塑性力學解析法	50
§2-4-1 力學解析的目的	50
§2-4-2 力學解析基礎方程式	50
§2-4-3 力學解析法	52

第三章 鍛造設備

§3-1 鍛造設備概說	57
§3-2 加熱設備	59

§3-2-1 加熱設備的種類	59
§3-2-2 加熱設備的選用	64
§3-3 材料切斷設備	65
§3-3-1 沖剪床	65
§3-3-2 鋸床	65
§3-3-3 砂輪切割機	69
§3-3-4 瓦斯切割機	69
§3-4 手工鍛造設備	71
§3-4-1 概說	71
§3-4-2 手工鍛造設備的種類與功用	71
§3-5 清理矯正設備	77
§3-5-1 表面清潔設備	77
§3-5-2 矯正設備	77
§3-6 搬運設備	80
§3-6-1 概說	80
§3-6-2 搬運設備的種類	81

第四章 鍛造機的種類與選用

§4-1 鍛造機的種類	87
§4-2 開模鍛造機	87
§4-2-1 開模鍛造機的特徵	87
§4-2-2 開模鍛造機的種類	89
§4-3 落錘鍛造機	92
§4-3-1 重力落錘鍛造機	92
§4-3-2 動力落錘鍛造機	92
§4-3-3 相擊落錘鍛造機	97
§4-4 壓力鍛造機	99

4 鍛 造 學

§4-4-1 概說	99
§4-4-2 液壓式壓力鍛造機	99
§4-4-3 機械式壓力鍛造機	104
§4-5 特種鍛造機	111
§4-5-1 高能率鍛造機	111
§4-5-2 鍛粗鍛造機	113
§4-5-3 滾鍛機	115
§4-5-4 型鍛機	118
§4-5-5 迴轉鍛造機	120
§4-6 鍛造機的特性比較	121
§4-6-1 鍛造機的特性分析	121
§4-6-2 鍛造機的能量比較	123
§4-7 鍛造機的選用	126

第五章 鍛件的設計

§5-1 鍛件設計的基本概念	133
§5-2 鍛件的形狀	134
§5-2-1 鍛件的種類	134
§5-2-2 鍛件的形狀設計原則	135
§5-2-3 鍛件的成形序列	135
§5-3 鍛件的設計要項	138
§5-3-1 分模線的設計	138
§5-3-2 拔模斜度的設計	141
§5-3-3 內外圓角的設計	145
§5-3-4 肋及腹板的設計	149
§5-4 鍛件的公差	154
§5-4-1 鍛件公差規定	154

§5-4-2 鍛件公差實例.....	159
§5-5 鍛件的加工裕度.....	167
§5-6 鍛件設計圖的繪製.....	170

第六章 鍛模設計與製造

§6-1 鍛模的種類與構造.....	175
§6-2 鍛模材料的選定.....	178
§6-2-1 鍛模材料的性質.....	178
§6-2-2 鍛模材料的種類.....	178
§6-2-3 鍛模材料的選用.....	184
§6-3 鍛模設計.....	191
§6-3-1 鍛模設計的步驟.....	191
§6-3-2 預鍛成形設計.....	191
§6-3-3 模穴設計.....	195
§6-3-4 廢邊槽與廢邊室之設計.....	199
§6-3-5 模體設計.....	201
§6-3-6 剪邊模的設計.....	205
§6-4 鍛模壽命.....	207
§6-5 鍛模製造.....	209

第七章 鍛造之基礎

§7-1 鍛造負荷與能量.....	215
§7-1-1 概說.....	215
§7-1-2 普通鍛造的能量估算.....	216
§7-1-3 落錘鍛造的能量估算.....	216
§7-1-4 壓力鍛造的能量估算.....	219
§7-1-5 鍛粗鍛造的能量估算.....	223

6 鍛 造 學

§7-2 鍛造材料	225
§7-2-1 鍛造材料的種類	225
§7-2-2 合金元素對鍛造材料的影響	236
§7-2-3 鍛造材料的型態及大小	237
§7-3 可鍛性	242
§7-3-1 可鍛性的意義及影響因素	242
§7-3-2 可鍛性的測定方法	245
§7-4 鍛造溫度	247
§7-4-1 鍛造溫度的重要性	247
§7-4-2 鍛造溫度的選擇	248
§7-4-3 鍛造溫度的測定	254
§7-5 鍛造潤滑	258
§7-5-1 鍛造潤滑的目的	258
§7-5-2 鍛造潤滑劑的特性	259
§7-5-3 鍛造潤滑劑的種類與選用	260

第八章 開模鍛造法

§8-1 開模鍛造概說	275
§8-1-1 開模鍛造的意義	275
§8-1-2 開模鍛造的使用時機	276
§8-2 開模鍛造的基本操作	279
§8-2-1 開模鍛造基本操作的種類	279
§8-2-2 各種開模鍛造基本操作的分析	280
§8-2-3 開模鍛造基本操作的配合工作	285
§8-3 開模鍛造的影響因素	288
§8-3-1 開模鍛造的主要目的	288
§8-3-2 影響開模鍛件強度的因素	289

§8-4 機械開模鍛造.....	290
§8-4-1 機械開模鍛造的基本概念.....	290
§8-4-2 機械開模鍛造的實例.....	294
§8-5 手工開模鍛造.....	301
§8-5-1 手工開模鍛造的基本概念.....	301
§8-5-2 手工開模鍛造的實例.....	305

第九章 閉模鍛造法

§9-1 閉模鍛造概說.....	313
§9-1-1 閉模鍛造的意義.....	313
§9-1-2 閉模鍛造的種類.....	313
§9-2 閉模鍛造金屬的變形與流動.....	314
§9-2-1 閉模鍛造金屬的變形.....	314
§9-2-2 閉模鍛造金屬的流動.....	316
§9-3 影響閉模鍛造的因素.....	321
§9-3-1 影響閉模鍛造製程的因素.....	321
§9-3-2 影響閉模鍛件精度品質的因素.....	322
§9-4 閉模鍛造的過程.....	324
§9-4-1 閉模鍛造的步驟.....	324
§9-4-2 預鍛在閉模鍛造的任務.....	325
§9-5 落錘閉模鍛造.....	328
§9-5-1 落錘閉模鍛造的方案.....	328
§9-5-2 落錘閉模鍛件的分類.....	328
§9-5-3 落錘閉模鍛造實例.....	331
§9-6 壓床閉模鍛造.....	333
§9-6-1 壓床閉模鍛造的特性.....	333
§9-6-2 壓床閉模鍛件的分類.....	334

§9-6-3 壓床閉模鍛造實例.....	337
----------------------	-----

第十章 特種鍛造法

§10-1 加熱鍛粗鍛造法.....	343
§10-1-1 加熱鍛粗的基本概念	343
§10-1-2 加熱鍛粗的法則	346
§10-1-3 電熱加熱鍛粗法	351
§10-1-4 加熱鍛粗鍛造實例	352
§10-2 滾鍛鍛造法.....	360
§10-2-1 滾鍛的意義與種類	360
§10-2-2 直形滾鍛法	360
§10-2-3 環形滾鍛法	367
§10-3 高能率鍛造法.....	373
§10-3-1 高能率鍛造的意義與特性	373
§10-3-2 高能率鍛造的應用	374
§10-4 廻轉鍛造法.....	380
§10-4-1 廻轉鍛造的基本概念	380
§10-4-2 廻轉鍛造的模具運動	381
§10-5 心型鍛造法.....	383
§10-5-1 心型鍛造的意義	383
§10-5-2 心型鍛造的特點與應用	385
§10-6 型鍛鍛造法.....	387
§10-6-1 型鍛的意義與功用	387
§10-6-2 型鍛的工具及操作	390

第十一章 先進鍛造法

§11-1 概說.....	397
---------------	-----

§11-2 精密與高精密鍛造法	397
§11-2-1 精密鍛造法	397
§11-2-2 高精密鍛造法	401
§11-3 完全密閉鍛造法	401
§11-3-1 完全密閉鍛造的意義與特點	401
§11-3-2 完全密閉鍛造的技術要點	402
§11-4 溫間鍛造法	406
§11-5 粉末鍛造法	407
§11-5-1 粉末鍛造法的意義與特點	407
§11-5-2 粉末鍛造的技術	409
§11-6 熔融鍛造法	413
§11-6-1 熔融鍛造的特色	413
§11-6-2 熔融鍛造的種類與應用	414
§11-7 熱模、恒溫及超塑性鍛造法	417

第十二章 特種金屬鍛造法

§12-1 不銹鋼的鍛造	421
§12-1-1 不銹鋼的種類	421
§12-1-2 肥粒鐵型不銹鋼的鍛造性質	421
§12-1-3 麻田散鐵型不銹鋼的鍛造性質	428
§12-1-4 沃斯田鐵型不銹鋼的鍛造性質	430
§12-1-5 析出硬化型不銹鋼的鍛造性質	433
§12-1-6 不銹鋼的鍛造技術	435
§12-2 耐熱合金的鍛造	438
§12-2-1 耐熱合金的種類與性質	438
§12-2-2 鐵基耐熱合金的鍛造性質	440
§12-2-3 鎳基耐熱合金的鍛造性質	445

10 鍛 造 學

§12-2-4 鈷基耐熱合金的鍛造性質.....	449
§12-2-5 耐熱合金的鍛造技術.....	450
§12-3 鋁合金的鍛造.....	452
§12-3-1 鋁合金的種類與性質.....	452
§12-3-2 鋁合金的鍛造性質.....	455
§12-3-3 鋁合金的鍛造技術.....	458
§12-4 鈦合金的鍛造.....	459
§12-4-1 鈦合金的種類.....	459
§12-4-2 鈦合金的鍛造性質.....	462
§12-4-3 鈦合金的鍛造技術.....	466
§12-5 銅合金的鍛造.....	467
§12-5-1 銅合金的種類與特性.....	467
§12-5-2 銅合金的鍛造性質.....	470
§12-5-3 銅合金的鍛造技術.....	471
§12-6 鎂合金的鍛造.....	475
§12-6-1 鎂合金的種類與特性.....	475
§12-6-2 鎂合金的鍛造性質.....	475
§12-6-3 鎂合金的鍛造技術.....	478

第十三章 鍛後處理

§13-1 概說.....	481
§13-2 鍛件的剪邊.....	482
§13-2-1 鍛件廢邊之剪除.....	482
§13-2-2 鍛件廢邊之鋸除.....	488
§13-3 鍛件的整形.....	489
§13-4 鍛件的修整.....	492
§13-4-1 鍛件的鑿削修整.....	492

§13-4-2 鍛件的銼削修整	494
§13-4-3 鍛件的輪磨修整	495
§13-5 鍛件的清潔	497
§13-5-1 鍛件的酸洗清潔法	497
§13-5-2 鍛件的滾磨清潔法	499
§13-5-3 鍛件的珠擊清潔法	502
§13-5-4 鍛件的噴砂清潔法	504
§13-6 鍛件的熱處理	505
§13-6-1 鍛件熱處理的方法	505
§13-6-2 鍛件熱處理的要領	508

第十四章 鍛件的缺陷與檢驗

§14-1 概說	513
§14-2 鍛件的缺陷	514
§14-2-1 鍛件缺陷的形成	514
§14-2-2 鍛件缺陷的種類	514
§14-3 鍛件的尺度檢驗	518
§14-3-1 鍛件的尺寸檢驗	518
§14-3-2 鍛件的重量檢驗	523
§14-3-3 鍛件的外觀檢驗	524
§14-4 鍛件的組織檢驗	525
§14-4-1 鍛件的目視結構檢驗	525
§14-4-2 鍛件的顯微組織檢驗	529
§14-5 鍛件的機械性質檢驗	532
§14-5-1 鍛件的拉伸試驗	532
§14-5-2 鍛件的硬度試驗	534
§14-5-3 鍛件的衝擊試驗	537

12 鍛造學

§14-5-4 鍛件的疲勞試驗.....	539
§14-6 鍛件的非破壞檢驗.....	542
§14-6-1 概說.....	542
§14-6-2 鍛件的超音波檢測法.....	542
§14-6-3 鍛件的射線檢測法.....	545
§14-6-4 鍛件的磁粉檢測法.....	547
§14-6-5 鍛件的液滲檢測法.....	550
§14-6-6 鍛件的渦電流檢測法.....	551

第十五章 鍛造自動化

§15-1 鍛造自動化.....	555
§15-1-1 自動化的意義.....	555
§15-1-2 自動化的特點.....	556
§15-1-3 自動化技術在鍛造的應用.....	557
§15-2 CAD/CAM 在鍛造的應用.....	559
§15-2-1 CAD/CAM 的基本概念.....	559
§15-2-2 CAD/CAM 在鍛造的應用.....	561
§15-3 機器人在鍛造的應用.....	566
§15-3-1 機器人的基本概念.....	566
§15-3-2 鍛造用機器人的選擇.....	568
§15-3-3 機器人的鍛造作業.....	574
§15-4 彈性鍛造系統.....	578
§15-4-1 彈性製造系統的基本概念.....	578
§15-4-2 彈性鍛造系統的過程.....	581
§15-4-3 彈性鍛造系統的應用實例.....	583

第十六章 鍛造實習工場之組織與安全

§16-1 鍛造實習的目標.....	589
--------------------	-----

§16-2 鍛造實習工場的設備佈置.....	590
§16-3 鍛造實習工場的人事組織.....	595
§16-4 鍛造實習工場的安全.....	599
§16-5 鍛造實習工場的意外急救.....	602
§16-6 鍛造實習工場的火災及滅火.....	611

第十七章 鍛造實習

§17-1 鍛造基本操作實習.....	617
§17-2 手工鍛造實習.....	626
§17-3 機器鍛造實習.....	641
§17-4 鍛造實習之習作.....	650

參考資料.....	657
-----------	-----

附 錄

附錄 1 DIN 有關鋼材鍛件一般性之形狀規定摘要.....	663
附錄 2 常用鋼鐵材料之各國規格對照表.....	667
附錄 3 英吋／公厘對照表.....	672
附錄 4 CNS 模鋼鍛件有關規定.....	674
附錄 5 CNS 模式桿端鍛粗機製造之模鋼鍛件有關規定.....	699
附錄 6 教育部頒訂高工「鍛造學」課程標準.....	723
附錄 7 教育部頒訂工專「鍛造實習」課程標準.....	724
附錄 8 教育部頒訂工專「塑性加工學」鍛造部份之課程標準.....	725
專有名詞英中對照表.....	727