

# 金 屬 學

上 冊

A. П. 古列雅耶夫著

馮 根 源譯

重工業出版社出版

1 9 5 3

---

# 金 屬 學

上 冊

A. II. 古 列 雅 耶 夫 著  
馮 根 源 譯

江苏工业学院图书馆  
藏书章

重工業出版社出版

---

# 序

本書係供各種專業的機械製造學院應用。凡專攻金屬切削加工、鑄工、壓力加工以及飛機、發動機、工具機、汽車與其他機械的設計及製造的同學所必需知道的金屬和合金，本書都逐一加以討論。

爲符合於教學大綱起見，本書羅列了金屬學方面的各種問題，並包括評定機械製造材料的品質時最重要的機械性質。鑑於本書篇幅有限，對於某些問題只作了扼要的敘述，有些地方甚至僅用圖解說明。

爲某種專業而採用本書的教員們，必須指示同學那幾章可以略讀，那幾章必須特別注意。

在許多情況下，著者寧願略去在技術文獻中已有地位的陳舊論據，而力求能將各種最新的科學資料和理論多加說明。

本書較一九四八年的初版增加了兩章，以討論對於一般機械製造具有重大意義的材料（碳鋼與鑄鐵），並根據最新的科學資料，補充了以前未能編入的材料和規格。

前版中的第一章第一節（原子構造）已大加刪減，並略去說明腐蝕的一章。這些問題在物理和化學教程中都已討論，所以本書不擬復贅。

爲了形式的劃一，並能更加清晰起見，曾將前版中所有的圖解，甚至從各種研究作品中所借用的材料（在該種情況下，於括號內註明其著者）均一一加以改製；至於書中大部分的顯微照相圖，則都是專爲本版而特別攝製的。

在本書準備出版時，A.A. 巴黎凡爾院士、И.А. 阿金格通訊院士、與B.E. 伏洛維克、С.М. 伏洛諾夫、И.В. 庫德聊夫采夫、Я.С. 烏曼斯基、Я.В. 富里德曼諸位教授博士，曾經提出意見、批評、並幫助個別各章的校閱，著者特於此表示由衷的感謝。

對於莫斯科航空學院及莫斯科業餘機械製造學院金屬學教研室全體同仁在本書編輯時的幫助，以及對本書初版曾經提出批評的同志們，著者亦於此致以謝忱。

# 導 言

金屬學係上世紀末葉工業發展的那些年代中興起的科學；當時已開始應用大規模生產金屬的方法，而機械製造業也正在蓬勃地發展。

金屬學和其他各種科學之間存在着密切的聯繫，其中首先要推一般技術（如物理、化學、材料力學）和工藝學（壓力加工、切削加工、鑄工等）。金屬學可以說是建築在物理和化學等科學上，但同時又是一切工藝機械製造課程的基礎。

不懂金屬學的原理，便不可能成為合乎標準的機械製造工程師。如果叫一位不懂金屬學的工程師去當設計師，他一定不能正確地選擇製造機械的金屬。設計者由各種手冊上、或圖表上所查到的現成資料，往往不足以正確地指出製造機件的材料。

又如叫一位缺乏金屬知識的機械製造工程師去當工藝技師，他一定不能正確地規定和執行工藝過程。由於不了解金屬的性質，他會犯出嚴重的錯誤、造成廢品、或過量的材料消耗。

近代金屬學經過許多卓越的科學家費盡心血的研究，已發展到高度的水平。我們祖國的科學家們，在金屬科學的發展中曾經有過極其鉅大的貢獻。本書所編的各種材料，其基礎就是由他們所奠定的。

金屬的首次的正確定義：“金屬是可以鍛作而有光澤的物體”就是羅蒙諾索夫所下的。

在兩百年後的今天，如果問：“金屬和其他物料所最不同的特徵是什麼？”的時候，我們一定會回答：“它一方面具有金屬所共有的金屬光澤，另一方面還具有塑性。”

由此可見，金屬光澤和塑性這兩種基本特徵，是金屬和其他物料的區別所在。不過，其中還需要加入高導熱性和導電性，這兩項性質相互之間具有密切的聯繫，並且是各種金屬所共有的特徵。因此，金屬光澤、塑性、高導熱性和高導電性，為各種金屬所特有的性質。

於研究門哲雷耶夫的元素週期系以後，我們便能夠獲得關於金屬及其構造的深刻概



米哈依爾·法西列也維奇·羅蒙諾索夫  
(1711—1765)

念。各種金屬元素在週期系中均佔有一定的位置，而自然界中的九十八種元素中就有七十多種是金屬。

門哲雷耶夫關於元素週期系的發現，為原子構造學說創立的先河，其後曾根據它發現了各種元素（包括金屬在內）性質變化的規律。根據週期系，還可能覓得極有價值的金屬配合，並發現其中的新規律。因此，在研究金屬時，而特別是在創製新合金時，都常常去求教於週期系。

關於金屬的構造，現在已經發明了很多的研究方法；在這些方法中，以根據斷口來研究最為簡單。這種方法發明很早，直到現在依舊應用。不過，由它而獲得的金屬構造資料是極不充分的。

研究金屬的構造，係以利用顯微鏡為主。由於一切金屬都是不透明的，所以用透射光來觀察所考查的對象的生物顯微鏡，在這方面無法應用。因此，現在特別設計了遠較生物顯微鏡為複雜的金相顯微鏡來研究金屬的構造。

過去曾經發生過這樣一個問題：“究竟誰是第一個利用顯微鏡來研究金屬的呢？”在國外的文獻中，一般多認為是英國的梭貝，因為梭貝曾經在一八六四年應用顯微鏡研究過金屬的構造。但經確鑿的證據證明：顯微鏡是俄國工程師安諾索夫於上世紀的三十年代中，在茲賴托烏斯脫工廠首次應用的。

在他一八四一年所發表的著作中，就曾經引用了關於鋼的顯微鏡考查的各種資料。

這項工作的起由是很有趣的。那時茲賴托烏斯脫工廠面臨着製造刀劍的課題（所謂刀劍，就是指白刃的鋼質刀身），由於當時還是以中世紀的鐵匠在達馬斯克所造的刀身為最佳。所以該工廠和它的領導人安諾索夫，極想在俄國的工廠中也能做出高等品質的刀身來，安諾索夫於是把舊有的刀身打光，再將它的表面特別蝕顯，然後用顯微鏡審察以考查其結構。他便這樣地發現了刀劍鋼的特種構造，並作出刀的結構的分類，確定了那種結構的刀身能符合於最高的品質。這一項研究，使茲賴托烏斯脫工廠能利用茲賴托烏斯脫鋼生產品質不亞於達馬斯克的高等刀身。

金屬科學發展中的次一階段，是和俄國的科學工作者、德密時里·康士坦丁諾維奇·契爾諾夫有密切關係的。契爾諾夫活動的開始與安諾索夫的在日，雖然相距不過二十五年到三十年的光景，但却有很大的區別。



德密時里·依凡諾維奇·門哲雷耶夫  
(1834—1907)

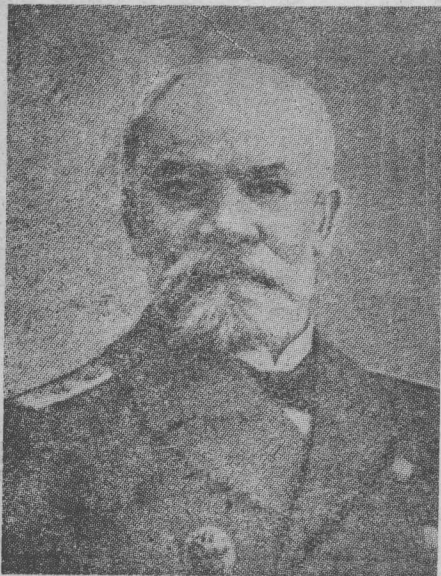
一八五六年，克里米亞戰爭結束。在作戰中，雖以兵士和水兵的英勇善戰，但由於軍隊的武裝配備較敵人為弱，致使沙皇的俄國依舊遭到失敗，當時俄國的光膛火銃可以射兩百步到三百步遠，而英法方面則已有發射一千步的來復線火銃。敵人的兵艦，幾乎全部是鐵製的輪船，而俄國的兵艦還是木製的帆船；他們所用的砲彈是鑄鐵做成的，並且還需要從烏拉爾用牛運往前線（當時還沒有鐵路交通）。

於戰爭結束以後，便開始興築鐵路，建造兵艦，並將兵隊重新武裝。所有這一切都需要大量的金屬，於是便在俄國興起了許多製造各式武器的新工廠。

彼得堡附近的阿布霍夫斯克工廠（現在的布爾什維克工廠）需要製造鋼砲，這對該廠來說，是一項完全生疏而從來沒有做過的工作。雖然當局招聘了許多外國技師，但依舊是毫無辦法。廠中所生產的鋼砲，其品質無法控制，甚至有許多在試放時即行炸裂。



派維爾·彼得洛維奇·安諾索夫  
(1797—1851)



德密特里·康士坦丁諾維奇·契爾諾夫  
(1839—1921)

當時政府的官員們，曾提議終止在各工廠中（阿布霍夫斯克工廠也包括在內）進行生產鋼砲的試驗，而完全仰賴國外輸入武器。現在我們可以看出，如果這種觀點獲得勝利，則俄國的軍隊必然會因沒有砲兵而等於解除武裝，國家的前途將不堪設想。

在這個困難的關頭，工廠裡來了一位青年工程師——契爾諾夫，他不僅整頓了工廠中的鋼砲生產，對祖國做了極其鉅大的貢獻，並且還發現了許多在理論方面具有高度重要性的現象。必須強調地指出：他在工廠中所做的高深理論研究，主要是為了解決迫切的實際任務的也正是由於高深的理論研究是具有重大的實用意義的，所以在技術科學的領域內，於重大的生產問題正確地解決以後，幾乎常常可以得到廣泛的科學綜合。

契爾諾夫曾經發現：壞砲中鋼的晶粒構造非常粗大，而好砲中則相當細緻。據此，他便得到一個基本的原理，即：鋼的性質是由它的構造所決定的。他曾經這樣寫道：一切的問題在於鋼的結構。

經過兩年的工作以後，即一八六八年，契爾諾夫在俄國的技術學會上做了出色的報告。他報告的標題是“拉夫洛夫和卡拉庫茨基著（論鋼與鋼砲）一文的評論及契爾諾夫本人對於該問題的考查”。

契爾諾夫根據自己的發現，真實地完成了科學上的功績。

契爾諾夫在開始他的傑出的試驗報告時，這樣說：“我們對於鋼的處理所抱的見解與成見基本上是極其不正確的”。

契爾諾夫真誠地熱愛着正在俄國成長的技術科學，他說道：“拉夫洛夫與卡拉庫茨基的著作，不獨是在俄國文獻中，即使在外國的文獻中也絕無可與比擬的。我們應對該文著者致以十二分的感謝”。

契爾諾夫仔細地分析了拉夫洛夫和卡拉庫茨基的著作以後，曾經斷定：鍛作是不能使金屬緊密的（當時認為這是鍛製金屬所以較鑄製金屬良好的原因）。

“鑄製金屬在沒有砂眼時的比重，為其密度的極限”。契爾諾夫認為鑄製金屬與鍛製金屬的性質之所以不同，是由於構造方面的差異所致；由於加熱能使金屬的構造改變，所以只須通過不同的加熱方式，便可以製成強度高的細粒鋼，或強度低的粗粒鋼。

契爾諾夫除證明加熱能夠影響結構外，還明白地指出加熱是如何地去影響屬構造的變化。他說：“為了清楚地介紹鋼的結構因加熱而製造變化的規律，我現在畫一根直線，在這根直線上，好像溫度表上的刻度標一樣，標出相當於某一定溫度的點。”

使鋼的結構發生急劇變化的轉化作用的臨界點，便這樣由契爾諾夫確定下來。

據此，契爾諾夫在一八六八年的著作中，即證明鋼的性質是由它的構造所決定。鋼的構造會在加熱時發生變化，並且這種變化還是在一定的溫度時突然地發生的。

這項研究，後來便成爲一項新的工藝課程——熱處理（利用加熱和冷卻來改變金屬的構造，從而改變其性質）和一項新的理論課程——金相學（關於金屬構造的科學）——的起源。

契爾諾夫當年所發表的原理，是一種顛撲不破的真理；一切有關於鋼的科學，都沿着契爾諾夫這一天才研究的道路繼續發展。不過，契爾諾夫在當時突然地提出這種原理時，由於其新穎與不尋常，以致迫不得已地用下面幾句話來作爲他的報告的結語：

“在我提出這種概念之前，我已經受到許多的責難，認為本人所發表的結論過於大膽；但，我還要更大膽地用下面的幾句話來指出和發表我根據自己觀察所得到的最後結論，就是：鋼的鍛作問題在更進一步發展時，是決離不開我們今天所提出的道路的。”

除了這項研究以外，契爾諾夫還曾經進行過許多出色的考查，金屬學中極其重要的原理，如熱處理學說（一八六八年），鑄錠結構與結晶過程間的關係的理論（一八七八年），滑動線的概念等都是他所創立的。

本書並不是專門講述金屬學歷史的，所以不可能將俄國偉大的學者、契爾諾夫的生平全部描述。契爾諾夫在暮年備受同代人所給他的莫大榮譽和尊崇，在他去世以前，他總共榮任了十三個科學團體和學會的榮譽會員。

開始學習金屬學的青年們！你們應當知道這門科學的奠基者：契爾諾夫的光輝生平。

在契爾諾夫給他學生的最後的信中，有一封這樣寫道：“工作！工作！再工作！在我們祖國所有的場所裡，都需要勤奮的工作人員。我雖已讓位給年青的一代，可是我是極愉快地看到我們的種籽，在新的田野上所茁起的幼芽。祝你一路安好！”

這幾句話也可以寄給所有的蘇聯的青年金屬學者。

契爾諾夫是俄國金屬學者聯合組織的社會團體（於1900年開始活動）——俄國技術協會直屬金相學委員會——的首任主席。其首屆會員有：A.A. 拜科夫、H.C. 庫爾納科夫、A.A. 日宿速爾斯基、A.П. 庫爾久莫夫、H.П. 阿塞耶夫、С.Ф. 日丘西尼其、B.H. 列平等\*。

契爾諾夫在阿布霍烏斯克工廠的繼承者、亞里封斯·亞歷山大洛維奇·日宿達爾斯基，於一八九五年組織了俄國第一所金相實驗室，並在一八九八年出版了俄國第一本講述金相考查的論著。其後不久，安那托利·米哈依洛維奇·巴契凡爾教授，爲了培養後代的金屬學者在莫斯科高等技術學校中設立金相試驗室，並創立了有色合金金屬學。

在他的學生中最值得稱道的，首先要推他的兒子、卓越的蘇聯金屬學家、安得利·安那托利也維奇·巴契凡爾院士、與輕合金金屬學領域中最傑出的蘇聯專家、С.М. 伏洛諾夫和 A.A. 彼得洛夫。

隨着技術的發展，人們開始應用各種新發明的金屬和合金。在十九世紀的末葉，出現了除含碳以外還含有特種雜質（現在稱之爲合金元素）的合金鋼，而有色合金的種類也是名目繁多。因此，除研究某種熱處理方式對於結構的關係，或某種結構對於性質的關係外，還有研究組成變化對於性質的影響的必要。這樣，便不得不擴大問題的範圍，將結構、組成與性質間相互的關係作爲一個整體來研究，於是結構、組成和性質的研究，便成爲科學的金屬學的基礎。

因此，便在金相學的基礎上，興起了一門較廣義的科學課程——金屬學。

俄國科學家尼可萊·塞梅諾維奇，庫爾納科夫院士，對於金屬學的興起，曾經起過

\* 由金屬學者聯合組織的社會團體，現在爲冶金與機械製造工程學會直屬的金屬學委員會。



卓越的作用。合金組成對於性質的變化，便是由他的研究而奠定基礎的。他首次應用了各種研究物料的物理性質的精密方法來考查合金構造的規律。庫爾納科夫和他的學生與同事們的努力，不僅擴大了金屬學所研究的問題範圍，並將這一門年青的科學和物理與化學之間建立了緊密的聯系，以及繼承的關係。

現在蘇聯科學院的機構中，設有庫爾納科夫一般無機化學研究所；裡面有許多過去直接在庫爾納科夫指導下工作的學生和追隨者，如：Г.Г. 烏拉索夫、А.С. 卜國金、И.И. 科爾涅洛夫、Н.В. 阿格耶夫等工作。

於十九世紀與二十世紀之初，金屬學在外國也曾經蓬勃地發展。其傑出的科學家，應當在這裡指出的有：梭貝與奧斯丁（英國），勞·夏特里歐與奧斯曼（法國），沙威（美國），馬丁斯與哈恩（德國）。

在二十世紀中，出現了許多新的金屬研究法。於 X 射線發現以後，便用來測定各種金屬的結晶構造；當電子顯微鏡製造成功以後，又用來以極高的放大率研究金屬的結構；這樣便大大地增加了金屬性質的研究法；於是，在合金方面應用庫爾納科夫物理化學分析法的可能性，便得到空前的推廣。

在蘇維埃當政的年代裡，金屬的研究工作更加推廣。在科學院的許多科學研究所的部門中，都設立了規模宏大的金屬學實驗室；在所有的冶金廠和機械製造廠中，都有設備優良的金相實驗室；在所有的機械製造學院、工藝學院、冶金學院中，都組織了領導科學研究工作、發揚祖國金屬科學奠基者的優良傳統的金屬學（金相學、熱處理、金屬物理等）教研室。

先進的資本主義國家，如美國、英國、德國（戰前），在過去和現在雖曾經在金屬和合金方面進行過許多的研究工作，但蘇聯科學工作的宏大規模，以及社會主義的科學計劃，使蘇聯的金屬學，也和許多其他的科學分科一樣，被提昇到全世界的第一位。

本書所引用的資料，主要是根據蘇聯各學院的教研室和科學研究所的考查結果（書中也敘述國外最有價值的研究結果）。

關於蘇聯科學家的工作，著者在書中的每一段中都有說明；不過，還想要在這裡指出，塞爾革依·薩莫依洛維奇·西泰因貝爾格和尼可萊·安那托利也維奇·明克維奇這兩位最著名的蘇聯金屬學家的功績。

塞爾革依·薩莫依洛維奇·西泰因貝爾格，在三十年代開始，曾主持過由 B.Л. 薩篤夫斯基、И.Н. 博蓋切夫、B.И. 裘新等成績卓著的烏拉爾研究家所組成的學派。

西泰因貝爾格的積極的科學活動總共進行了不過十年（1930—1940），但他在這個時期中，曾進行過一系列的高深研究。這些研究都專注於鋼的轉化過程的理論，和合金元素作用的規律等最重要的熱處理理論問題上。

西泰因貝爾格學派曾將繁複的事實概括成統一的理論，用近代的科學知識，將蘇聯金屬學和熱處理的鬥士們武裝了起來。

尼可來·安那托利也維奇·明克維奇曾主持過莫斯科鋼鐵學院的熱處理教研室歷有年所（1920—1942），許多的科學工作者如 A.C. 薩莫夫斯基、B.Γ. 里夫錫茨、Л.А. 普洛卡西金、B.Я. 都博伏依等都是他的高足。他也曾親自進行過一系列的研究；在他的直接指導下，創製了、並在生產中應用了許多新鋼和新合金，發明了、並應用了新的工藝過程。

總括地說，對於金屬科學之所以能達到現在的狀況，我們不僅以我們的前輩：П.П. 安諾索夫、A.K. 契爾諾夫、H.C. 庫爾納科夫、A.A. 拜科夫等為其創始人而感到驕傲，並且也以我們同代的蘇聯科學家：C.C. 西泰因貝爾格、H.A. 明克維奇、A.A. 巴契凡爾、H.T. 古德族夫、Г.В. 庫爾久莫夫和 C.T. 康諾貝也夫斯基，以及維持和鞏固俄國在本科學領域中的主導作用的其他學者而自豪。

# 上册目錄

序.....	i
導言.....	ii

## 第一篇

### 合金理論

#### 第一章 金屬的結晶構造

第一節	原子.....	1
第二節	原子的電子構造.....	2
第三節	原子構造與門哲雷耶夫的元素週期系.....	4
第四節	元素的性質與門哲雷耶夫的週期系.....	7
第五節	金屬.....	13
第六節	固體中的原子鍵.....	15
第七節	金屬的結晶格子.....	16
第八節	金屬晶體的實際構造.....	22
第九節	晶形平面與各種性質的異向性.....	23

#### 第二章 結晶作用

第一節	物料的三態.....	26
第二節	結晶過程中的能態.....	26
第三節	結晶過程的機構.....	29
第四節	結晶的形狀.....	31

第五節	錠的構造	32
第六節	固態中的轉化同質異相性	35
第七節	磁性轉化	39
第三章	合金的構造 (基本概念)	
第一節	一般概念	40
第二節	機械混合物	40
第三節	化合物	41
第四節	以合金中一種組分為基礎的固態溶液	43
第五節	以化合物為基礎的固態溶液	47
第六節	整列的固態溶液	49
第七節	電子化合物	51
第八節	侵入相	52
第四章	狀 態 圖	
第一節	相 律	55
第二節	狀態圖製作總說	57
第三節	狀態圖的實驗製作法	58
第四節	第Ⅰ類狀態圖	61
第五節	線段法則	64
第六節	第Ⅱ類狀態圖	66
第七節	第Ⅲ類狀態圖	68
	a) 含共凝轉化的狀態圖	68
	b) 含包凝轉化的狀態圖	71
第八節	第Ⅳ類狀態圖	72
第九節	第Ⅴ類狀態圖	74
第十節	具有多相轉化的合金狀態圖	75
第十一節	合金結晶過程的特點	76
第十二節	三元系	78
第十三節	研究多元系的簡化方法	87
第十四節	合金性質與狀態圖的關係	89

## 第 二 篇

## 機械性質、冷加工與再結晶

## 第五章 強 度 原 理

第一節	應 力	94
第二節	形 變	94
第三節	應力與形變	95
第四節	金屬的彈性	98
第五節	塑性形變的抗力	98
第六節	毀 壞	102
第七節	金屬的塑性	102
第八節	形變功	103
第九節	應力狀態	104

## 第六章 金屬的機械性質

第一節	用靜抗力試驗法所測定的性質	107
第二節	用其他靜試驗法所測定的性質	109
第三節	用靜試驗法所測定的切口對於性質的影響	109
第四節	硬 度	110
第五節	受衝擊載荷時的性質（衝擊韌性）	111
第六節	金屬的疲勞	113

## 第七章 再 結 晶 作 用

第一節	塑性形變對於金屬性質的影響	118
第二節	加熱對於形變金屬的構造和性質的影響	120

## 第 三 篇

### 鐵 碳 合 金

#### 第 八 章 鐵 碳 圖

第一節	歷史淵源	129
第二節	鐵	131
第三節	士敏體	135
第四節	狀態圖	137

#### 第 九 章 碳 鋼

第一節	碳的影響	151
第二節	常存雜質的影響	152
第三節	普通用途的碳鋼	157
第四節	冷作鋼	159
第五節	冷衝鈹鋼	160
第六節	切削加工性 自動機鋼 (快削鋼)	

#### 第 十 章 鑄 鐵

第一節	石墨化作用的過程	165
第二節	鑄鐵根據結構的分類	168
第三節	雜質的影響	170
第四節	冷卻速率的影響	171
第五節	鑄鐵的結構與性質	172
第六節	灰鑄鋼的號碼	173
第七節	變性鑄鐵	174
第八節	展性鑄鐵	175
第九節	鑄鐵的用途	180

## 第 四 篇

### 熱 處 理

#### 第十一章 熱處理的一般概念

第一節	熱處理的意義	183
第二節	“溫度—時間”圖	183
第三節	巴契凡爾熱處理分類法	185
第四節	熱處理與狀態圖	187
第五節	鋼熱處理的基本方法	189

#### 第十二章 鋼的熱處理理論

第一節	加熱時的轉化（波力體變成奧斯丁體的轉化）	193
第二節	奧斯丁體的晶粒的長大	194
第三節	奧斯丁體的分解（波力體的形成過程）	198
第四節	連續冷卻時的轉化 臨界蘸火速率	207
第五節	馬丁斯體轉化 馬丁斯體 殘留奧斯丁體	211
第六節	回火時的轉化	219
第七節	熱處理對於鋼的性質的影響	222

#### 第十三章 鋼的熱處理實施

第一節	蘸火溫度的選擇	231
第二節	加熱速率	233
第三節	加熱介質的化學作用	233
第四節	蘸火介質	235
第五節	蘸透性	237
第六節	內應力	244
第七節	蘸火法	246

第八節	鋼的冷處理 .....	249
第九節	蘸火操作 .....	250
第十節	蘸火缺陷 .....	251
第十一節	退火 .....	252
第十二節	勻火 .....	256

#### 第十四章 鋼的表面蘸火

第一節	氧炔焰加熱表面蘸火 .....	257
第二節	電流加熱表面蘸火 .....	258

#### 第十五章 鋼的化學熱處理

第一節	化學熱處理理論 .....	263
第二節	滲碳 .....	267
第三節	滲氮 .....	274
第四節	滲氰 .....	283
第五節	滲金屬 .....	285



# 第一篇

## 合金理論

### 第一章

#### 金屬的結晶構造

##### 第一節 原子

許多世紀以前，古希臘的哲學家、唯物論者、德謨克拉底（Демокрит）就曾經發表過一種假想，認為一切物體都是由細至不可再分的質點所構成；這種質點他稱之為原子。物料構造的原子說，對於十八世紀至十九世紀中化學和物理學的發展，曾經發生過很大的作用。

近代的物理科學，已得到無可置疑的證據，知道過去所認為細至不可再分而現在仍舊保留原子名稱的質點，其本身也是由更簡單和更基本的質點所構成的；而金屬的許多性質，便是由其原子的內部構造所決定。關於原子構造的問題，在物理和化學教程中雖已討論，但在金屬學中仍然有簡略地加以敘述的必要。

原子是由帶正電的核與帶負電的電子所構成；原子的整個質量幾乎全部集中於核，而電子則圍繞於核的周圍。

電子的電荷  $e = 1.6 \times 10^{-19}$  庫倫；原子中電子的總數  $z$  等於元素在週期系中的序數。原子核所帶的正電荷，等於  $z \cdot e$  的乘積。由於原子核的正電荷與所有電子的負電荷的總和相等，所以原子在電性方面是中性的。

在某些情況中，原子可能失去一個、或若干個電子，或獲得若干個多餘的電子；這時，原子便帶了正電（電子欠缺）或負電（電子過剩），而不再呈中性；這種帶電的原