

中等專業學校教學用書

金屬學

沙莫毫茨基、庫聶夫斯基合著



機械工業出版社

中等專業學校教學用書



金 屬 學

石 霖 譯

蘇聯汽車及拖拉機工業部高等教育司審定為機械製造
中等專業學校和汽車製造中等專業學校教科書

江苏工业学院图书馆
藏书章



機械工業出版社

1 9 5 5

出版者的話

本書係根據蘇聯機械出版社 (Государственное Научно-техническое Издательство Машиностроительной Литературы) 出版沙莫毫茨基 (А. И. Самохоцкий) 和庫聶夫斯基 (М. Н. Кунявский) 合著的“金屬學” (Металловедение) 1952 年版譯出。原書經蘇聯汽車及拖拉機工業部高等教育司審定為機械製造中等專業學校和汽車製造中等專業學校教科書。

本書為中等專業學校“金屬學”課程的教本。在本書內講述了有關金屬的構造及結晶，合金的結構，金屬與合金的結構及性能之研究方法，工藝生產過程對金屬與合金的結構及性能之影響，熱處理原理，特殊鋼及有色金屬與合金的分類等問題。

本書中譯本原分上下兩冊，為適應需要，特改為合訂本出版。

書號 0367

1955 年 2 月第一版 1955 年 11 月第一版第三次印刷

787×1092¹/₁₆ 343 千字 15⁸/₉ 印張 10,501—13,400 冊

機械工業出版社(北京東交民巷27號)出版

北京市印刷二廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可證出字第 008 號

定價 (8) 2.24 元

目 次

緒言(庫聶夫斯基)	2
第一章 金屬的構造及結晶(庫聶夫斯基)	5
1 關於原子的構造	5
2 金屬的構造及性能	10
3 結晶過程	14
4 同素異形性	19
第二章 二元合金平衡圖(庫聶夫斯基)	22
1 金屬合金的一般特性	22
2 二元合金平衡圖	23
3 相律	38
4 第二類平衡圖	40
5 第三類平衡圖	45
6 第四類平衡圖	53
7 第五類平衡圖	56
8 合金成份、構造與性能間之關係	59
第三章 三元合金平衡圖之概念(庫聶夫斯基)	62
1 三元合金平衡圖之一般特點	62
2 元素形成機械混合物時之三元平衡圖	64
3 元素形成無限固溶體時之三元平衡圖	67
第四章 顯微分析與粗型分析(沙莫毫茨基)	70
1 顯微分析	70
2 粗型分析	74
第五章 金屬機械性能試驗(沙莫毫茨基)	77
1 拉伸試驗	77
2 壓縮試驗	82
3 彎曲試驗	84
4 扭轉試驗	85
5 衝擊試驗	86
6 硬度試驗	87
7 疲勞試驗	93
8 蠕變試驗	96

9 工藝試驗	97
第六章 物理試驗法 (沙莫毫茨基)	99
1 熱分析法	99
2 膨脹測量法	103
3 磁力探傷法	106
4 X光分析法	107
第七章 鐵碳合金 (庫聶夫斯基)	110
1 鐵碳合金平衡圖	111
2 Fe-Fe ₃ C (類穩定) 平衡圖	112
3 碳素鋼與白口鐵之性能及應用	130
4 鋼中之經常雜質	131
5 Fe-C 平衡圖 (穩定的)	132
第八章 鋼錠之構造及其缺陷 (沙莫毫茨基)	142
第九章 壓力加工對鋼的結構及性能的影響 (沙莫毫茨基)	146
1 壓力冷加工對鋼的結構及性能的影響	146
2 壓力熱加工對鋼的結構及性能的影響	150
第十章 鋼的熱處理 (沙莫毫茨基)	153
1 退火	154
2 常化	161
3 鋼的淬火	162
4 淬火操作	167
5 零下溫度的處理	169
6 鋼的可硬性	170
7 淬火缺陷	171
8 表面淬火	172
9 淬火後鋼的回火	177
第十一章 鋼的化學熱處理 (沙莫毫茨基)	181
1 鋼的滲碳	181
2 鋼的氮化	187
3 鋼的氰化	190
4 擴散金屬化	193
第十二章 生鐵的熱處理 (庫聶夫斯基)	196
1 生鐵熱處理的理論基礎	196
2 白口鐵的熱處理	200
3 灰口鐵的熱處理	203

4 白硬層生鐵的熱處理.....	204
5 可鍛鐵的熱處理.....	204
6 生鐵的化學熱處理.....	205
第十三章 特殊鋼(沙莫毫茨基)	206
1 合金元素對鋼之性能的影響.....	206
2 特殊鋼的分類.....	210
3 結構鋼.....	212
4 合金結構鋼的缺陷.....	222
5 工具鋼.....	223
6 高速鋼.....	227
7 硬質合金.....	232
8 不銹鋼.....	234
9 抗氧化鋼及合金和耐熱鋼及合金.....	235
10 磁鋼與磁合金.....	237
11 高電阻合金.....	239
12 具有特殊熱性能的合金.....	240
13 耐磨鋼.....	241
第十四章 銅及其合金(庫聶夫斯基)	242
1 銅.....	242
2 黃銅.....	245
3 青銅.....	248
第十五章 鋁及其合金(庫聶夫斯基)	255
1 鋁.....	255
2 鋁合金.....	255
第十六章 鎂及其合金(庫聶夫斯基)	262
第十七章 減磨(軸承)合金(庫聶夫斯基)	264
1 巴比合金.....	265
2 銅基軸承合金.....	267
3 以輕質金屬為基的軸承合金.....	268
4 鋅軸承合金.....	268
5 有色減磨軸承合金的代用品.....	269
6 金屬陶瓷軸承材料.....	270
附錄 電子在化學元素原子內依層及次層的分佈	272
中俄名詞對照表	
參考書目	

緒 言

金屬學是確立金屬合金之性能、成份及構造間關係的一門科學。

掌握了金屬性能及構造方面的知識，就使我們能按照嚴格的科學根據去選擇製造各種零件及結構用的金屬及合金；並確立熱處理、鍛造、衝壓、鑄造及焊接等各項操作過程之最正確工作程序。

金屬學是俄國學者們建立的一門科學。金屬學的奠基者是傑出的俄國學者切爾諾夫(Д. К. Чернов)教授。我國的科學界無論過去和現在，在金屬學發展的過程中，總是起着領導作用的。

金屬是有“光澤的”可鍛的物體，這一定義是首先在十八世紀由天才的俄國學者羅蒙諾索夫(М. В. Ломоносов)所下的。

在十九世紀的前半葉，俄國的學者及生產者們在創造新的鋼種方面，以及在研究熱處理操作過程方面，完成了巨大的工作。

當時傑出的冶金學家阿諾索夫(П. П. Аносов)在茲拉托烏斯托夫工廠(Златоустовский Завод)工作時，首先生產了比久負盛名的大馬士鋼(дамасская сталь)還要優良的刀劍鋼(клинковая сталь)。阿諾索夫最早應用了研究金屬的



阿諾索夫 (1797~1851)

顯微鏡方法，而且將他研究的結果詳細地寫在 1841 年出版的“論大馬士鋼”一書中。

應當注意的是：資產階級的學者們企圖把英國人索拜(Сорби)說成是使用顯微鏡來研究金屬的第一個人，其實，索拜在 1864 年才開始用顯微鏡研究隕鐵的構造，即比阿諾索夫遲 23 年。

鋼內加碳的最先進的方法之一，氣體滲碳法，也是首先由阿諾索夫研究出來的，同時他還研究了各類元素對鋼的性能的影響。

拉符洛夫(А. С. Лавров)與卡拉庫茨基(Н. В. Калакуцкий)兩位工程師的貢獻是很大的，因為他們發現了鋼錠構造中成份的不均勻性，而且研究了鋼內縮孔及內應力形成的過程。

到十九世紀的中葉，正當鑄鋼業開始以極高的速度發展着，同時開始利用鋼來製

造重要零件(大砲的砲身等)的時候發現了鋼件在性能上的不同。在某些情況下,鋼在使用過程中是完全可靠的,而在另外的情況下,同一成份的鋼則完全不合應用。

這種原因在當時是完全不清楚的;因此,對於用鋼來製造重要機件之進一步發展的可能性受到懷疑。

當工業面臨危機的時候(1866年),切爾諾夫在阿布毫夫工廠(Обуховский завод)(現在列寧格勒的“布爾什維克”廠)開始了他的工作。由於他的頑強,勇敢,及非凡的觀察能力,在工廠內連續工作的二年期間,切爾諾夫就作出了可保證巨大技術改進的具有世界意義的發現。關於這個使金屬學成為一門獨立科學的基礎的發現,切爾諾夫於1868年4月向俄國冶金學會作了一個報告,報告的題目是:“拉符洛夫與卡拉庫茨基論鋼及大砲一文的簡評以及切爾諾夫本人對此題目的研究”。



切爾諾夫 (1839~1921)

在這個報告內,切爾諾夫首先證明:鋼在固體狀態下具有臨界溫度(後來稱為切爾諾夫點),在臨界溫度時,能使鋼中質點(切爾諾夫稱為微粒)發生重新改組而使鋼具有新的特性。

這些臨界點是製定可保證金屬製件具有高度質量的正確熱加工工藝過程的指南。

只是依據了切爾諾夫的發現,機器製造業內進一步技術的改進才有可能。在全世界,鋼件(以及後來其他合金的零件)的生產都是建立在切爾諾夫所創造的科學基礎上的。

切爾諾夫首先確定了熱處理過程中的擴散特性,揭露了合金結晶的機構,創造了一種最先進的淬火方法,即等溫淬火法,同時指出了金屬在壓力下結晶及離心鑄造的優點等。

門德雷葉夫(Д. И. Менделеев)(1869年3月)的週期律是具有巨大實際意義的最偉大的科學發現。門德雷葉夫本人將此定律看作是一個被嚴格提供出來的,能概括那些尚未得到綜合的事實的新的自然規律。這個辯證的自然規律,使金屬學家們能够建立金屬及合金的性能、成份及構造間的關係,能够預見元素的物理、化學及機械性能的變化,合金內元素間的相互作用,以及所形成相的特性等。在金屬學內,當解決複雜的、疑難的問題時,除了用門德雷葉夫週期律外,再沒有更可靠的方法可尋了。

切爾諾夫及門德雷葉夫の後繼者及學生——光榮的俄國學者們:庫爾納可夫(Н. С. Курнаков);巴依可夫(А. А. Байков);及惹少塔爾斯基(А. А. Ржевотарский)等,尚在革命前的時期,就以其創造性的工作推動了金屬學的發展。

金屬學在我們社會主義的條件下達到了空前的繁榮。在斯大林五年計劃的年代

裏，僅僅爲金屬學範圍內的研究工作，就建立了巨大的專門科學研究院網。在數十座高等學校裏設立了金屬學教學研究組及實驗室，巨大的科學學派正是在這種基礎上成長起來的。在成百的機器製造工廠以及冶金工廠內，在斯大林五年計劃的年代裏，建立了設備優良的實驗室，這些實驗室成爲生產上的科學參謀部。伴隨着社會主義工業化的增長，蘇聯的金屬學，即研究金屬的科學也在增長着。

解決金屬學上最複雜的科學問題，以及創造金屬及合金熱處理，化學熱處理等一系列快速、先進工藝操作的這種榮譽，都應歸功於我國的學者們及生產者們。

測定臨界點及建造平衡圖的精確方法是由我國的科學界研究出來的。我國科學界曾研究了極多的金屬系，製定了平衡圖的幾種基本類型，確立了合金性能與成份間的關係（科學院士庫爾納可夫及其學派），確立了合金成份與工藝性能，即與流動性、縮孔等間的關係（科學院士包赤瓦爾〔А. А. Бочвар〕），發現了共晶與共析結晶的規律性（科學院士包赤瓦爾），研究了鋼中奧斯丁體等溫分解的機構及動力學（斯廷別格〔С. С. Штейнберг〕教授及其學派）。我國科學家們確定了鋼及有色合金內馬丁體之性質及形成的機構，以及淬火後的鋼在回火時所發生的轉變（庫久莫夫〔Г. В. Курдюмов〕教授及其學派），研究了鋼中擴散的過程，創造了新的鋼種（明克維奇〔Н. А. Минкевич〕及其學派），研究了奧斯丁體的構造（科學院士巴依可夫）及結晶的週期性（科學院士古德曹夫〔Н. Т. Гудцов〕及其學派）。

我國的金屬學家們還確定了壓力對於合金內轉變的影響，生鐵及鋼內石墨形成的過程，液相的構造等。科學密切聯系實踐是我國金屬學家的突出特點。

理論與實踐的統一，光輝地反映在阿諾索夫、切爾諾夫以及許多其他俄國金屬學家的活動中。經過了幾次的斯大林五年計劃，蘇維埃的科學與實踐幾乎對一切金屬及合金的熱處理，化學熱處理的工藝程序作了根本的改變。而且創造了許多新的先進的工藝程序。

在這個時期內，蘇維埃的學者們解決了快速加熱（利用高週波電流加熱，接觸電熱，在電解液內加熱）的問題，從而使某些操作加速了千倍；創造了，和在根本上改善了許多表面強化的操作：氮化、氣體氰化；發現而且運用了冷處理，白口鐵的快速退火以及其他許多方法。

關於我國科學界所解決了的科學及實際問題的這個簡短而遠不夠全面的敘述，將值得蘇維埃人民以那些奠定了金屬學基礎的先人們，以及促進了這門科學進一步繁榮，即促進了這門科學在斯大林時代應有繁榮的那些同代人們引爲驕傲。

第一章 金屬的構造及結晶

金屬學是研究金屬及合金的性能、成份及構造的一門科學，並且是從它們的互相關係上來進行研究的。

在金屬學中，是將金屬及合金的性能與金屬及合金各種形式的構造相聯系而研究的；即與電子在原子內的分佈，及其在原子內的運動；與原子、離子及分子在空間之排列；與結晶形成的大小、形狀及特性相聯系而研究的。

一切金屬中的一系列特殊性能，都與原子的構造有關（如高導電性、導熱性等）。金屬間彼此互相作用的特性，以及金屬可形成各類化合物的能力都與原子的構造有關；這樣，合金的性能，即包含若干個金屬的複雜物體的性能；以及含有非金屬物的金屬等均得到了解釋。

1 關於原子的構造

物質內部之構造及在物質內部所發生之轉變的原子理論，尙在十八世紀的前半葉時就已為天才的俄國學者羅蒙諾索夫所創立了。

門德雷葉夫的週期律及以此為根據的週期表，都證明元素的性能（其中包括金屬的性能）與其原子量間存在着一定的關係。

二十世紀科學的成就，特別是我國科學方面的成就使我們能極其精確地來研究原子內部的構造。

一切元素的原子均為一種物體，其大小是用約介於 $0.528 \times 10^{-8} \sim 2.4 \times 10^{-8}$ 厘米的半徑，即總共才幾億分之一厘米的半徑來表示的。

尺寸最小的是氫原子，其原子半徑為 0.528×10^{-8} 厘米，尺寸最大的是鉍原子，其原子半徑為 2.4×10^{-8} 厘米。

原子的體積雖然很小，可是也是由物質不均勻地填充而成的，它是由運動物質所形成的一個複雜系統。一切元素的原子都是由不同數目的最簡單的質點組成的。

原子的中心，即原子核是由帶正電的質點——質子，及不帶電荷的質點——中子所組成的。（某一元素的大多數原子內中子的數目是一樣的。但是也發現有中子數目相異的原子，因此，在質量上這些原子就有了不同，這種原子稱為該元素的同位素）。

原子核僅由質子與中子構成的這一原理是在 1932 年由蘇維埃物理學家伊凡寧柯（Д. Д. Иваненко）所首先發表的。這一原理已成為關於原子核構造的近代概念的基礎了。

質子的質量為 1.6727×10^{-24} 克。質子的電荷是 $+1.602 \times 10^{-19}$ 庫侖。質子的半徑是 1.1×10^{-13} 厘米。

中子的質量為 1.6749×10^{-24} 克, 電荷為零。

幾乎原子全部的質量(超過 99.98%)是集中在原子核上的。而核本身則只佔原子體積的極小的一部份(小於原子體積的 $1/10^{12}$)。不同之元素其原子核的半徑介於 $1 \times 10^{-13} \sim 4 \times 10^{-13}$ 厘米範圍之內, 也就是說, 約為原子半徑的萬分之一。電子以極大的速度圍繞着原子核運動着。

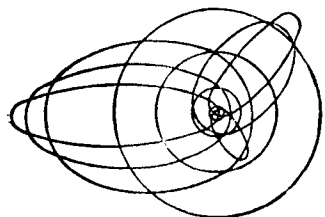


圖1 電子軌道示意圖
圓形軌道及橢圓形軌道

電子的質量為 9.109×10^{-28} 克, 也就是說, 幾乎少於質子質量的二千分之一。電子所帶的電荷是負的(減號的), 為 -1.602×10^{-19} 庫倫。

沿着半徑為 0.528 埃的軌道運動着的氫的電子雖然速度是最小的, 但仍等於 2000 呎/秒。

不同元素的原子, 其原子核內質子的數目(正電荷)或環繞着核運動着的電子的數目是各不相同的。而同一原子內質子的數目與電子的數目則彼此相等, 也就是說, 個別地取一個原子時它在電性上是中性的。在門德雷葉夫週期表中(表1)元素的序數就表示這個數目。這就意味着在氫的原子核中有一個質子時, 那末環繞着核就有一個電子在運動着。在表上佔第 26 位的鐵, 在原子核內含有 26 個質子, 而環繞着核有 26 個電子在運動着。佔第 92 位的鈾核內有 92 個質子而環繞着核則有 92 個電子在運動着。

電子只是沿着一定圓的或橢圓的軌道運動。軌道愈大, 則電子的能級(電子在軌道上之運動量)也愈高。電子軌道的一個示意圖列於圖1上。

與原子核最接近(如氫)的最小軌道的半徑 r_1 等於 0.528×10^{-8} 厘米, 即約為十億分之五厘米。電子運動時所遵循的軌道之半徑為自然序數的平方, 即:

$$r_2 = 4r_1; r_3 = 9r_1; r_4 = 16r_1; r_5 = 25r_1 \text{ 等}$$

可將原子內的電子基本上分成爲代表其能量的若干層。

在每一層內不能有任意數目的電子存在, 而只能允許有不多於 $N = 2n^2$ 個的電子存在。此處 N ——電子的數目, n ——自原子核起的層號。因而:

在第一層內可以有 $2 \cdot 1^2 = 2$ 個電子

在第二層內可以有 $2 \cdot 2^2 = 8$ 個電子

在第三層內可以有 $2 \cdot 3^2 = 18$ 個電子

在第四層內可以有 $2 \cdot 4^2 = 32$ 個電子

根據電子的能級, 每一層又可分爲若干次層。

假設在某一層內用自然數, 即 0, 1, 2, 3 等將次層(l)編成號時, 那末在每一個次層內電子的數目 N_n 可以按照公式 $N_n = 2(2l+1)$ 來決定, 因而,

在第零次層內可能有的電子不超過 $2(2 \cdot 0 + 1) = 2$

在第一次層內可能有的電子不超過 $2(2 \cdot 1 + 1) = 6$

在第二次層內可能有的電子不超過 $2(2 \cdot 2 + 1) = 10$

在第三次層內可能有的電子不超過 $2(2 \cdot 3 + 1) = 14$

電子按層及次層在各種元素原子內的分佈列於附錄1。

表 1 門德雷夫元素週期表

序 號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1							元素晶格符號											
2							□ 面心立方晶格 ○ 六方晶格 ⊙ 體心立方晶格 ⊙ 密排六方晶格 ⊠ 金屬立方型晶格 ⊠ 菱方晶格 ⊠ 複雜立方晶格 ◇ 斜方晶格											
3							過渡族元素											
4																		
5																		
6																		
7																		

電子結構的表示符號(表示電子所屬的層及次層)

自原子核起的層號用序數表示之, 即 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 等。

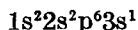
層內的次層用字母表示之, 即

次層(<i>l</i>)	0, 1, 2, 3
字母符號	S, P, d, f

而在次層字母符號的前面則是層號。所以, 如在第四層上的電子則用

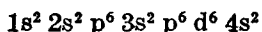
4s; 4p; 4d; 4f 表示之。

電子在該次層內的數目寫成“幕次”形式。譬如, 4s² 是指在第四層的 s 次層內有 2 個電子。按照這個系統可以寫出任何元素的電子結構來。譬如, 鈉(Na)在門德雷業夫週期表上佔第 11 位。因而, 鈉裏有 11 個電子。其中兩個電子填滿了第一層; 8 個電子填滿了第二層; 第十一個電子將位於第三層內。第二層內的電子依下列的方式分佈於次層內: 在零次層(s)內有 2 個電子, 在第一次層(p)內有 6 個電子。因而, 鈉的電子結構可以寫成·



在某些元素內(見附錄 1)雖然還有尚未填滿的層及次層存在, 但却開始填充更高的層及次層了

所以, 鐵的電子結構(見附錄 1)可以用下列的表示法寫出來:



在門德雷業夫週期表內鐵佔據第 26 位; 因而在鐵內有 26 個電子, 從上面所寫的式子可以看出來這 26 個電子是按照下列方式分佈的。在第一層內有 2 個電子, 兩個電子都在零次層(s)內。在第二層內有 8 個電子, 其中在零次層(s)內的有 2 個電子而在第一次層(p)內則有 6 個電子。

在第三層內有 14 個電子(而能包含 18 個電子的), 因而這一層是未填滿的。在此第三層內之零次層(s)內有 2 個電子; 在第一次層(p)內有 6 個電子; 而在第二次層(d)內有 6 個電子(在 d 次層內可以容納 10 個電子的); 因而第三層之 d 次層未填滿, 它還能容納 4 個電子。雖然如此, 但是最後的兩個電子却被安置在第四層而填滿了零次層(4s²)。

電子的結構與金屬的性能

當電子被安置於較高的次層時, 未填滿之次層的存在就預先決定了元素許多特殊的性能: 形成碳化物(與碳的化合物)的能力; 形成氮化物(與氮的化合物)的能力; 碳化物、氮化物的穩定性; 元素石墨化能力。

位於門德雷業夫週期表上鐵左邊的過渡族的所有元素: Ti(22); V(23); Cr(24); Mn(25); Zr(40); Nb(41); Mo(42); Hf(72); Ta(73); W(74); (括弧內是元素在

週期表中之序數)，均具有未填滿的 3d 次層。這些元素在門德雷業夫週期表中之位置愈左，則其 3d 次層愈未填滿，那末其碳化物及氮化物也愈穩定。

假定，在形成碳化物時碳是將其外部之電子讓出填滿 3d 次層的。那末，具有已填滿的 3d 次層的元素 [Cu(29); Zn(30); Ag(47); 這些元素是位於門德雷業夫週期表內鐵之右邊的] 在合金內是不會形成碳化物的。

能促使鐵碳合金內之碳呈自由狀態析出亦即呈石墨狀態析出的元素的這種性能叫做石墨化能力。元素之石墨化能力，是隨着 d 及 f 次層填滿的程度而增加，隨着 s 及 p 次層填滿的程度而減小的。

那末不同層的電子以及在一層之內不同次層的電子有何區別呢？

層的號數愈大（即與原子核相距愈遠），則電子的能量也就愈高。在次層內的電子也是一樣。次層的號數愈大，則電子的能量也愈高。同時，在 0 及 1（或 s 及 p）次層內電子的能量彼此很相近，而在 2 及 3（或 d 及 f）次層內電子的能量急劇的增大，甚至可以達到其次一層的能量範圍以內。

電子按照層及次層的分佈，並沒有排除電子由一層移動到另一層，由一個次層移動到另一個次層上的這種可能性。但是顯而易見，爲了使電子昇至較高的層及較高的次層上去是需要消耗能量的，也就是說要由外部供給能量。反之，在作相反的轉變而到達較低層的情況下將放出能量。

門德雷業夫的元素週期表就說明了元素的電子結構。同一組的元素（沿週期表之垂直行）在電子結構上具有相似的地方，即在這些元素的最外層軌道上有着相同數目的電子（所謂的價電子）。

與電子結構的相似性完全相應的是：同一組元素有着相類似的性能。

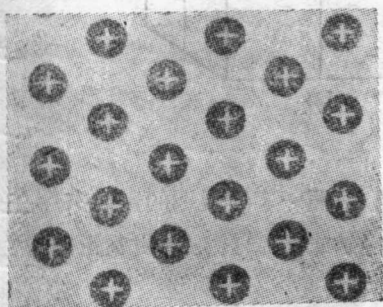


圖2 金屬構造之示意圖
在晶格的結點處是正電離子，
在間隔內則是“自由的”電子

門德雷業夫週期表內之週期（水平行）是說明元素在電子結構方面的重複性（週期性）；與這種情況完全相應的是可以看到元素性能的重複性（週期性）。

在金屬學中所研究的硬度，熔化絕對溫度，平均熱膨脹係數，原子體積等，都是屬於元素這種週期變化性能之內的。

金屬約佔自然界中存在着的元素的 75%（見表1粗黑綫左邊之元素）。

羅蒙諾索夫曾經指出過，一切金屬皆具有金屬的光澤及展性變形的能力。除此之外，高的導電性（超過非金屬之導電性 $10^{20} \sim 10^{25}$ 倍）及導熱性也是金屬所特有的性能。

俄國科學家斯陶列托夫（В. Н. Столетов）尙在 1899 年就會經說：金屬的這些特性是因為它外部（價）電子與原子核的連繫很弱，很容易脫離開此原子而跑到其他原子

的最外層去的緣故，因此，可以將其看作為“自由的”電子。在大量原子所組成的真正的金屬內，這些自由運動着的電子是屬於整個原子總體，而形成了所謂的“電子”氣。凡是將自己的電子給予“電子”氣的原子，就帶有了正電荷，即成了正電離子。所以，金屬構造的特徵就是由不大運動的正離子構成骨格（晶格），而在骨格之間“自由的”電子以巨大的速度運動着。

圖 2 就是這種構造的示意圖。

2 金屬的構造及性能

無定形體與結晶體不同，在無定形體中原子的排列是紊亂的，而在結晶體中，原子則是依着一定的、規則的幾何次序而排列的。金屬就是結晶體。

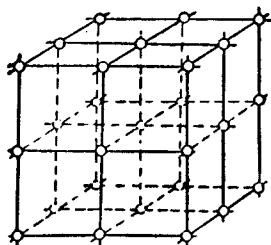


圖 3 原子在空間(晶格)內排列

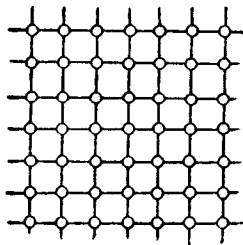
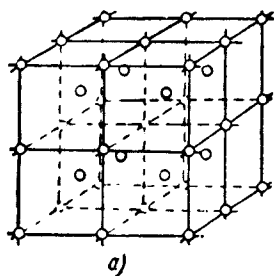
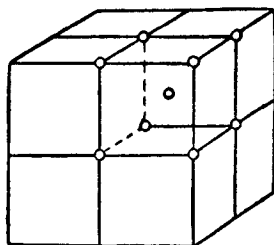


圖 4 原子(離子)在平面內的排列



a)



b)

圖 5 “體心立方”晶格

在金屬內，原子以其最外層電子球面彼此相接觸，依照一定的規則的幾何次序在空間內排列着。這樣排列的結果，就形成了所謂結晶格子或者原子（離子更為正確）格子（圖 3）。

假設在結晶格內通過原子①畫一個平面時，那末在此平面上原子將呈幾何規律的次序排列着，而形成了所謂原子網（圖 4）。

結晶格可以有各種不同的類型。

在金屬內最常遇到的是下列類型的結晶格：1)“體心立方”晶格；2)“面心立方”晶格；3)“六方”晶格。

● 在以後的敘述中，我們將使用通用術語來說明原子的排列，要記住這裏所指的是離子的排列。

“體心立方”晶格具有如圖 5 a 所表示的形式。在這個晶格的晶胞(即單獨取出來的晶胞)內(圖 5 b)有 9 個原子(8 個在立方體之頂點, 1 個在中心)。但是這並不是說, 假設一個晶體由 1,000,000 個晶胞組成時, 那末就有 9,000,000 個原子。每一頂點處的原子均包含在八個晶胞內, 因而, 每一個晶胞只能由頂點處的原子取得 $\frac{1}{8}$ 個原子, 只有內部的那個原子才是完全屬於該晶胞的。所以, 晶格內每一個晶胞應該有 $8 \times \frac{1}{8} + 1 = 2$ 個原子, 因而, 由 1,000,000 個這種晶胞所組成的金屬晶體內有 2,000,000 多個原子(金屬最邊端的原子不是各方面都圍有晶胞的)。

在真正的金屬內, 晶格是由巨大數目的這類晶胞所組成的。

如在每邊為 1 微米(0.001 毫米)鐵的立方晶體內, 這種晶胞的數目將超過一百億個。

在金屬所特有的結晶構造中, 在不同方向的原子(離子)間的距離是不同的。如在“體心立方”晶格內(見圖 5)沿立方體對角綫之原子間的距離就比沿立方體稜之原子間之距離小; 而沿稜原子間之距離又較沿立方體面上之對角綫者為小。

原子間的(更正確一些是離子中心間的)距離叫做晶格常數。立方晶格之常數用字母 a 表示之, 用埃($\text{\AA} = 10^{-8}$ 厘米)測量之。

通常用同一數量即立方體之稜, 來表示立方晶格的大小。

很多金屬皆具有“體心立方”晶格, 如: Li, Na, K, V, Cr, Fe_α (在 910° 以下及 1390° ~ 1535° 之間), Rb, Nb, Mo, W 等皆是。當然, 每一金屬有其自己的晶格常數。

其中某些金屬的晶格常數用埃($\text{\AA}$)表示列於下面:

晶格常數: Li-3.5; Bi-3.04; W-3.15; Fe_α-2.87; Mn_α-8.89; Mo-3.14;
Cr-2.89;

可以看出來, 不同金屬之晶格常數是在比較狹窄的一個範圍內變化的。

“面心立方”晶格具有圖 6 a 所示之式樣。在這個晶格(圖 6 b)之晶胞內包含有 14 個原子(其中 8 個在頂點而 6 個在面上)。但是平均起來結晶格內之每個晶胞只有 4 個原子。(每個頂點上的原子屬於 8 個晶胞; 每一個在面中心的原子則為兩個相隣

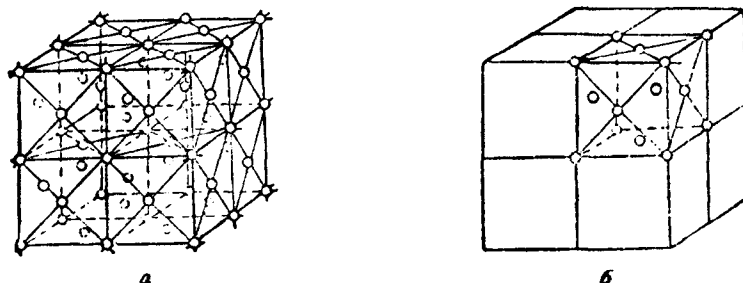


圖 6 “面心立方”晶格