

金 屬 學

中等專業學校教學用書



金 屬 學

增訂第二版

石 霖 譯

蘇聯機器製造部高等教育司審定
為機器製造中等專業學校教科書



機械工業出版社

出版者的話

本書講述了有關金屬的結構及結晶，合金的結構，金屬與合金的結構及性能的研究方法，生產工藝過程對金屬與合金的結構及性能的影響，熱處理原理，特殊鋼及有色金屬與合金的分類，以及金屬的腐蝕等問題。

本書除供機器製造中等技術學校作教科書外，也可供這方面的中級工程技術人員自修或參考。

這是第二版，是根據原書 1954 年增訂第二版重譯的，某些名詞也按照較習用的作了修改。第二版的修訂情況詳見‘第二版原序’。

蘇聯 А. И. Самохоцкий, М. Н. Кунявский 著 ‘Металловедение’ (Машгиз 1954 年增訂第二版)

*

*

*

NO. 0367

1955 年 2 月第一版 1959 年 7 月第二版第六次印刷

805 × 1168 $1/32$ 字數 373 千字 印張 $14\frac{9}{16}$ 27,401—31,600 冊

機械工業出版社(北京阜成門外百萬莊)出版

外文印刷廠印刷

新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 號 定價(10)2.25 元

目 次

第二版原序.....	(7)
緒論.....庫聶夫斯基	(9)
第一章 金屬的構造及結晶.....庫聶夫斯基	(15)
1 關於原子的構造.....	(15)
2 金屬的結晶構造及性能.....	(27)
3 結晶过程.....	(34)
4 同素異形性.....	(46)
第二章 二元合金平衡圖.....庫聶夫斯基	(49)
1 金屬合金的一般特性.....	(49)
2 二元合金平衡圖.....	(54)
3 第一类平衡圖.....	(59)
4 相律.....	(77)
5 第二类平衡圖.....	(84)
6 第三类平衡圖.....	(93)
7 第四类平衡圖.....	(107)
8 第五类平衡圖.....	(111)
9 第六类平衡圖.....	(116)
10 合金成分、構造与性能間之关系.....	(121)
第三章 三元合金平衡圖之概念.....庫聶夫斯基	(126)
1 三元合金平衡圖之一般特点.....	(126)
2 元素形成机械混合物時之三元平衡圖.....	(130)
3 元素形成無限固溶体時之三元平衡圖.....	(134)
第四章 粗型分析与顯微分析.....沙莫毫茨基	(139)
1 粗型分析.....	(139)
2 顯微分析.....	(141)
第五章 金屬的机械性能試驗.....沙莫毫茨基	(149)
1 拉伸試驗.....	(149)

2 壓縮試驗.....	(157)
3 彎曲試驗.....	(159)
4 扭轉試驗.....	(160)
5 沖擊試驗.....	(161)
6 硬度試驗.....	(163)
7 疲勞試驗.....	(174)
8 蠕變試驗.....	(176)
9 工藝試驗.....	(178)
第六章 物理試驗法.....	沙莫毫茨基(181)
1 熱分析法.....	(181)
2 膨脹測量法.....	(187)
3 磁力探傷法.....	(190)
4 X光法.....	(193)
第七章 鐵碳合金.....	庫聶夫斯基(197)
1 鐵碳合金平衡圖.....	(199)
2 Fe-Fe ₃ C(類穩定)平衡圖.....	(201)
3 碳素鋼與白口鑄鐵之性能及应用.....	(230)
4 鋼中之經常雜質.....	(231)
5 Fe-C(穩定)平衡圖.....	(234)
第八章 鋼錠之構造及其缺陷.....	沙莫毫茨基(259)
第九章 壓力加工對鋼的結構及性能的影响.....	沙莫毫茨基(265)
1 壓力冷加工對鋼的結構及性能的影响.....	(265)
2 壓力熱加工對鋼的結構及性能的影响.....	(270)
第十章 鋼的熱處理.....	沙莫毫茨基(274)
1 鋼的退火.....	(274)
2 鋼的常化.....	(286)
3 鋼的淬火.....	(286)
4 鋼的淬火操作.....	(294)
5 鋼的零下溫度處理.....	(298)
6 鋼的淬透性.....	(298)
7 鋼的淬火缺陷.....	(300)

8 鋼的表面淬火	(302)
9 淬火后鋼的回火	(310)
第十一章 鋼的化学热处理	沙莫毫茨基(316)
1 鋼的滲碳	(316)
2 鋼的氮化	(325)
3 鋼的氰化	(329)
4 鋼的滲入金屬法	(333)
第十二章 生鉄的热处理	庫聶夫斯基(338)
1 生鉄热处理的理論基礎	(338)
2 白口鑄鉄的热处理	(345)
3 灰口鉄的热处理	(350)
4 白硬層生鉄的热处理	(351)
5 可鍛鉄的热处理	(352)
6 生鉄的化学热处理	(353)
第十三章 合金鋼	沙莫毫茨基(354)
1 合金元素对鋼之性能的影响	(354)
2 合金鋼的分类	(361)
3 結構鋼	(364)
4 軸承鋼	(376)
5 合金結構鋼的缺陷	(377)
6 快削鋼	(379)
7 工具鋼	(379)
8 高速鋼	(386)
9 硬質合金	(392)
10 不銹鋼	(394)
11 抗氧化鋼及合金和抗热鋼及合金	(396)
12 磁鋼和磁合金	(399)
13 高电阻合金	(402)
14 具有特殊热性能的合金	(404)
15 高錳耐磨鋼	(404)
16 石墨化鋼	(405)
17 合金生鉄	庫聶夫斯基(406)

第十四章 銅及其合金.....	庫聶夫斯基(411)
1 銅.....	(412)
2 黃銅.....	(416)
3 青銅.....	(420)
第十五章 鋁及其合金.....	庫聶夫斯基(430)
1 鋁.....	(430)
2 鋁合金.....	(431)
第十六章 鎂及其合金.....	庫聶夫斯基(442)
第十七章 減摩(軸承)合金.....	庫聶夫斯基(445)
1 巴比合金.....	(446)
2 銅基軸承合金.....	(449)
3 以輕質金屬為基的軸承合金.....	(451)
4 鋅軸承合金.....	(452)
5 有色減摩軸承合金的代用品.....	(452)
6 金屬陶瓷軸承材料.....	(454)
第十八章 金屬的腐蝕和防護法.....	沙莫毫茨基(457)
1 腐蝕的理論.....	(457)
2 腐蝕破壞的形式.....	(460)
3 防蝕法.....	(461)
參考文獻.....	(466)

第二版原序

在本教科書的第二版中，根据教学大綱的規定，充实了第二章，在其中增加了相律的推導和二元素在液态下呈有限溶解的平衡圖；重寫了第七章的第5節（Fe-C平衡圖）；在第十三章中，增添了快削鋼、軸承鋼和石墨化鋼方面的知識。書中增加了“金屬的腐蝕和防护法”一章。在正文和圖表上作了一些必要的修正。

在再版本書時，作者考慮了莫斯科捷爾任斯基機器制造技術學校金屬學教師雷賓（В. В. Рыбин）工程師的寶貴意見。

作者

緒 論

金屬學是確立金屬合金的性能、成分及結構之間的一門科學。

掌握了金屬性能及結構方面的知識，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、沖壓、鑄造及焊接等各種工藝過程的正確的工作規範。

金屬學是俄國學者們和生產者們建立的一門科學。

我國（指蘇聯）天才人民的巨大的創造性經驗構成了這門科學的基礎。我國的冶金家們、鍛造人員們、熱處理人員們在他們勤勞的活動中，積累了有關金屬和合金的性能及行為方面的豐富的經驗資料，他們使各項工藝過程不斷地趨於完善，從而保證了馳名世界的俄國金屬的特出質量。

將實踐的成就總結及提高至高度的科學水平，並在高度的技術水平上發展及改善實踐，歷來是我國學者及工程師們的光榮傳統。

俄國科學的出色代表、金屬學的奠基人是杰出的俄國學者德米特列依·康士坦丁諾維奇·切爾諾夫（Дмитрий Константинович Чернов）教授。我國的科學界無論是過去或現在，在金屬學的發展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米哈依·華西里也維奇·羅蒙諾索夫（Михаил Васильевич Ломоносов）所下的。

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

當時杰出的冶金學家帕維勒·彼得洛維奇·阿諾索夫（Павел Петрович Аносов）在茲拉托烏斯托夫工廠（Златоустовский завод）工

作时，首先生產了比久負盛名的大馬士鋼還要優良的刀劍鋼。阿諾索夫在 1831 年首先應用了研究金屬的顯微鏡方法，並將他研究的結果詳細地寫在“論大馬士鋼”一書中。

应当注意的是，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，即比阿諾索夫遲 33 年，才開始用顯微鏡研究隕鐵的構造。

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分的不均勻性，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，發現了由同一成分的鋼所制成的鋼件在性能上是不同的。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，同一成分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）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”。

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。

这些臨界点是制訂可保証金屬制件具有高度質量的正确热加工工藝过程的指南。

只是依据了切尔諾夫的發現，机器制造業內進一步的技術改進才有可能。在全世界，鋼件（以及后來其他合金的零件）的生產都是建立在切尔諾夫所創造的科学基礎上的。

切尔諾夫首先确定了热处理过程中的擴散特性，揭露了合金結晶的機構，創造了一种最先進的淬火方法，即等溫淬火法，同时指出了金屬在压力下結晶及离心鑄造的优点等。

門德雷業夫（Д. И. Менделеев）（1869年3月）的週期律是具有巨大实际意义的最偉大的科学發現。門德雷業夫本人將此定律看作是一个被嚴格提供出來的、能概括那些尚未得到綜合的事实的新的自然規律。这个辯証的自然規律，使金屬學家們能够建立金屬及合金的性能、成分及構造間的关系，能够預見元素的物理、化学及机械性能的变化，合金內元素間的相互作用，以及所形成的相的特性等。在金屬學內，当解决复雜的、疑难的問題时，除了用門德雷業夫週期律外，再沒有更可靠的方法可尋了。

切尔諾夫及門德雷業夫的后繼者及学生——光荣的俄國学者庫尔納可夫（Н. С. Курнаков）、巴依可夫（А. А. Байков）及惹少塔爾斯基（А. А. Ржевотарский）等，尚在革命前的时期，就以其創造性的工作推动了金屬学的發展。

金屬学在我們社会主义的条件下达到了空前的繁荣。

只是在偉大的十月社会主义革命后，我國的机器制造業才獲得了空前未有的迅速的發展。沙俄在技術上和經濟上是一个落后的國家。共產党和苏維埃政府消滅了俄國百年來在技術經濟方面的落后性。它是人類歷史上最偉大的科学技術進步的組織。

由於苏联共產党的英明政策，由於工業化和集体化的政策，由於苏維埃社会制度和國家制度的优越性，在苏联發生了真正的技術革命。我們的祖國由一个落后的農業國变成一个具有世界上最先進生

產技術的社会主义工業化-集体化的強國。战前几个五年計劃勝利执行的結果,使工業和國民經濟的各部門得以在最新的、最先進的技術基礎上完成了改造。經過這些年后,創建了機器製造業中完全新型的領域:汽車製造業、飛機製造業、拖拉機製造業等。機床製造業、農業機器製造業等的質量和數量有無比的增長。在偉大的衛國戰爭勝利結束後,國民經濟以空前的速度恢復完畢並繼續發展着。战后五年計劃終結時的生產水平已經超過战前工業所有主要部門的生產水平了。“……苏联在 1951 年的工業產量为 1929 年的百分之一千二百六十六,在这个时期差不多增为 1929 年的十三倍。苏联工業在战后时期正如战前一样,在發展和平生產的基礎上不断地向上發展。”[●]苏联各族人民在共產黨的領導下,正在建設着共產主义。

在重工業發展所已达到的成就的基礎上,为人民生活日用品生產的高漲提供了一切条件。

在苏共中央九月(1953年)全會的決議以及党和政府以后的決議中,拟定了加速發展輕工業和食品工業的廣泛計劃,以期在兩三年內大大加強对國內居民所需日用品的保証。

此外,还要尽量發展重工業,即發展冶金業和機器製造業,因为重工業是我國社会主义經濟基礎的基礎。發展重工業就能保証輕工業的進一步高漲和農業生產力的提高,就能使我國的國防能力更加巩固。

苏联共產黨第十九次代表大会關於苏联發展第五個五年計劃(1951~1955年)的指令規定要整個國民經濟繼續增長。其中最重要的工業產品在 1955 年的產量与 1950 年相比,大約有如下的增長:

生鐵	增加 76%
銅	增加 62%
汽輪機	增加 1.3 倍

● 馬林科夫:苏联共產黨第十九次代表大会關於联共(布)中央委员会工作的總結報告。

水輪机	增加 6.8 倍
蒸汽鍋爐	增加 1.7 倍
冶金設備	增加 85%
石油器械	增加 2.5 倍
巨型金屬切削机床	增加 1.6 倍
汽車	增加 20%
拖拉机	增加 19%

有色金屬的生產要大大擴展。計劃規定，經過五年之後，有色金屬的增長規模大致如下：精煉銅增長 90%；鉛增長 1.7 倍；鋁增長 1.6 倍；鋅增長 1.5 倍；鎳增長 53%；錫增長 80%。

在蘇維埃政權的年代里，僅僅為金屬學範圍內的研究工作，就建立了巨大的專門科學研究所網。在幾十所高等學校里設立了金屬學教學研究組及實驗室，卓越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，在這些年代里，建立了設備優良的實驗室，這些實驗室成了生產上的科學參謀部。伴隨著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、先進工藝過程的這種榮譽，都應歸功於我國的學者們及生產者們。

測定臨界點及繪制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，制定了平衡圖的幾種基本類型，確立了合金性能與成分間的關係（庫爾納可夫院士及其學派），確立了合金成分與工藝性能，即與流動性、縮孔等間的關係〔包赤瓦爾院士（А. А. Бочвар）〕，發現了其晶與共析結晶的規律性（包赤瓦爾院士），研究了鋼中奧氏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)院士及其學派],研究了鋼中擴散的過程,創造了新的鋼種[明克維奇(Н. А. Миневич)及其學派],研究了奧氏體的構造(巴依可夫院士)及結晶的週期性[古德曹夫院士(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。科學密切聯繫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。經過了幾個五年計劃,蘇維埃的科學與實踐幾乎對一切金屬及合金的熱處理、化學熱處理的工藝過程作了根本的改變。而且創造了許多新的先進的工藝過程。

在這個時期內,蘇維埃的學者們解決了快速加熱的問題:利用高頻電流加熱[弗羅格金(В. П. Вологдин)]、接觸電熱[吉外林格(Н. В. Гевелинг)],在電解液內加熱,從而使某些操作加速了成千倍;創造了並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的那些同代人們引為驕傲。

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、成分及構造的一門科學，並且是從它們的互相關系上來進行研究的。

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，及其在原子內運動的性質，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質；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，尚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）與其原子量間存在著一定的關係。

二十世紀科學的成就，特別是我國（指蘇聯）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 $0.528 \times 10^{-8} \sim 2.4 \times 10^{-8}$ 公分的半徑，即總共才幾億分之一公分的半徑來表示的。

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

圖 1,a 上載有各元素的原子體積，圖 1,6 上載有各類原子的相對尺寸。

图 1.a 化学元素的原子体积(克原子即元素的克数在数值上与其原子量相等)

