

高等學校教學用書

金屬學原理

上 冊

Г. А. КАЩЕНКО 著

東北工學院金相熱處理教研組譯

龍 門 聯 合 書 局

本書係根據蘇聯黑色及有色冶金科技出版社(Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии)出版的卡申柯(Г. А. Кащенко)所著“金屬學原理”(Основы металловедения)1950年增訂版譯出。原書經蘇聯高等教育部審定為高等學校冶金及機械製造專業教科書。

原書係根據蘇聯高等教育部審定的金屬學教學大綱編寫而成。適用於金屬學為主修課程之各專業。全書共分八章，第一、二兩章敘述金屬及合金之一般理論和狀態圖，第三、四、五六和七等章敘述鐵碳合金(生鐵和鋼)及其熱處理與合金鋼，為本書之主要部分，第八章分別介紹有色合金和粉末合金。並附有附錄四則，敘述金屬之機械實驗及腐蝕理論，主要金屬及合金之物理-化學常數和狀態圖。

本書適於作為高等學校冶金和機械製造等系科和專業之教科書。也適於廠礦和實驗室工作者參考之用。

本書係東北工學院冶金系金相熱處理教研組李潤隆、李 見、喬毅男、閻振榮等同志翻譯。

金 屬 學 原 理

上 冊

ОСНОВЫ МЕТАЛЛОВЕДЕНИЯ

Г. А. КАЩЕНКО 著

東北工學院冶金系
金相熱處理教研組 譯

★ 版權所有 ★

龍 門 聯 合 書 局 出 版

上海市書刊出版業營業許可證出029號

上海茂名北路300弄3號

新 華 書 店 總 經 售

啓 智 印 刷 廠 印 刷

上海自忠路239弄28號

開本：850×1168 1/32 印數：16,001—18,000 冊
印張：7 20/32 1954年1月第一版
字數：204,000 1956年11月第七次印刷
定價：(10) 1.10 元

序 言

本書之目的是要給冶金、機械製造等高等工業學校和系科的學生們編撰一本金屬學教科書，使其適合於那些可以縮減理論部分，而着重學習工業上實用的各種合金的專業的教學大綱。

這本教科書主要偏重於生產方面，有關於合金理論則縮減到最少，關於狀態圖方面，也主要限於二元系，並且只簡略地介紹一下三元系狀態圖，在講到各種實用的合金（尤其是成分複雜的合金）時，都列舉出各種有關其性能和使用的實際資料數據，而且儘量選取現代標準的資料。關於合金中所觀察到的各種現象和過程的理論方面，著者試圖利用大家都知道的而且都能接受的講解，因此，有些仍在爭論中的理論就簡略地提一下，或者根本略去。

本書的內容大部分是根據著者以前的教學材料，但是經過一次徹底的修整（尤其是第六、七兩章），並且根據近十年來有關於金屬方面的一些新的成就加以補充。

著作企望能實現莫洛托夫同志在第一次全國高等學校工作者會議上（1938年5月15日）所指示的關於編寫質量優良的教科書的方針，以滿足在培養掌握先進科學成就的專家方面的不斷增長的要求。

本書的主要部分共分八章，而另增加某些補充資料，如關於金屬之機械性能的實驗方法（作為評斷金屬之機械性能及其強度的基礎），以及關於金屬的腐蝕等，某些專業則可把金屬腐蝕包括於其教學大綱之內。在編纂這些補充材料方面，講師 M. II 查莫托林（附錄 I）和 B. B. 斯闊爾切列基（附錄 II）以及在編寫第七章（合金鋼）方面，講師 B. A. 傑列曾熱誠地給予協助，在此謹致以摯誠的謝意。此外，還應當感謝列寧格勒工業學院研究生 Г. Ф. 郭洛溫 和 Л. И. 查依策娃在準備原稿時所作的幫助。尤其應當感謝的是 Г. С. 聶色施特蘇斯教授，他在編輯本書時，曾提出寶貴的指示和補充。

著者

目 錄

序言

引論	1
金屬及合金的概論	13
第 1 節 金屬學的主要內容及其意義	13
第 2 節 金屬的本性及其性能	15
第 3 節 結晶體和非結晶體	17
第 4 節 結晶格子	18
第 5 節 晶體及其特徵	22
第一章 純金屬(結晶及組織)	26
I. 澆鑄金屬的凝固及其構造	26
第 6 節 初次結晶。冷卻曲線。臨界點	26
第 7 節 液體構造。晶體構成圖示	28
第 8 節 鑄錠的形成。金屬斷面。巨視組織和顯微組織鑑定法的概要。多面體(晶粒)組織	30
第 9 節 粒度及其對金屬性質的影響	34
第 10 節 結晶的理論	35
第 11 節 鑄錠的組織	37
II. 固體金屬中組織的變化	39
第 12 節 金屬中之同素異晶變化及由此而產生的再結晶	39
第 13 節 塑性變形。機械作用對金屬的影響	42
第 14 節 加工金屬加熱時新晶粒成長的過程(再結晶)	47
第二章 複雜金屬——合金	53
I. 合金的特徵	53
第 15 節 合金的本性	53
第 16 節 合金的分類	56
II. 最簡單系的狀態圖	57
第 17 節 合金-混合物的最簡單的狀態圖及構造(第 I 類型)	57
第 18 節 鉛鎔合金的凝固過程和組織	62

第 19 節	合金-固溶體的溶融狀態圖的構造(第 II 類型).....	67
第 20 節	鈹鎢合金的結晶過程和組織(第 II 類型).....	78
第 21 節	研究狀態圖的總結.....	73
第 22 節	截線規則及其應用.....	74
第 23 節	用合金的組織計算組成.....	77
第 24 節	合金-混合物中的偏析(晶間偏析和比重偏析).....	78
第 25 節	固溶體結晶時截線規則的應用.....	81
第 26 節	固溶體結晶時相的組成之變化,晶內偏析和樹枝狀偏析.....	82
第 27 節	相律及其應用.....	84
III. 二元系狀態的其他類型.....		88
第 28 節	有限固溶體和共晶的狀態圖.....	88
第 29 節	包晶變化狀態圖.....	92
第 30 節	化合物狀態圖.....	95
第 31 節	不穩定化合物的情況.....	97
第 32 節	固體狀態下合金中的變化.....	98
第 33 節	合金中的同素異晶轉變.....	99
第 34 節	固溶體的部分分解.....	100
第 35 節	固溶體的完全分解.....	101
第 36 節	固體合金中化合物的形成.....	103
第 37 節	磁性變化.....	103
第 38 節	液體狀態下各成分的不溶解性.....	104
IV. 二元系合金的補充材料.....		105
第 39 節	合金的形成與成分的本性的關係.....	105
第 40 節	狀態的種類和合金的性質之間的關係(庫爾納爾夫法則).....	108
第 41 節	關於合金不平衡狀態的概念.....	112
V. 三元系狀態圖.....		114
第 42 節	構成狀態圖的原則.....	114
第 43 節	各成分無限互相溶解的熔融狀態圖.....	116
第 44 節	各成分在固體狀態中完全不溶解的熔融狀態圖.....	120
第 45 節	狀態圖在平面上的表示.....	126
第 46 節	複雜合金的其他情況.....	127
第三章 鐵碳合金.....		132
I. 狀態圖.....		132
第 47 節	概論.....	132
第 48 節	現代的 Fe-C 系狀態圖的形狀及其特徵.....	132
第 49 節	滲碳體系 Fe-C 合金中存在的相.....	136

第 50 節	滲碳體系中的變化	137
第 51 節	臨界點的符號	138
第 52 節	滲碳體系 Fe—C 合金	140
第 53 節	鋼的凝固過程及其初次組織	140
第 54 節	生鐵的凝固過程及其初次組織	143
II.	碳鋼	144
第 55 節	常溫下鋼的組織	144
第 56 節	緩冷鋼的性能	151
第 57 節	鋼中通常含有的雜質及對鋼的組織和性能的影響。非金屬夾雜質	155
第 58 節	在工業中鋼的分類及鋼號	162
第四章	鑄鐵	166
第 59 節	概論	166
I.	白口鐵	166
第 60 節	在室溫下白口鐵的組織	166
第 61 節	白口鐵的性能與應用	171
II.	灰鑄鑄鐵(灰口鐵)	173
第 62 節	工業灰口鐵的特性與其組織	173
第 63 節	石墨對生鐵性能的影響	179
第 64 節	影響石墨形成的因素	182
第 65 節	雜質對墨化作用與組織的影響	183
第 66 節	高級鑄鐵(優質生鐵) 生鐵的熱處理	187
第 67 節	生鐵的加製	190
第 68 節	灰口鐵鑄造標準	191
第 69 節	生鐵的膨脹	192
III.	可鍛鑄鐵	192
第 70 節	可鍛鑄鐵的組成與組織	192
第 71 節	黑心可鍛鑄鐵	195
第 72 節	白心可鍛鑄鐵	197
第 73 節	可鍛鑄鐵的性質及應用	197
第五章	鋼的鑄造和機械加工	200
I.	鑄造和其缺點	200
第 74 節	概論	200
第 75 節	鋼錠中的偏析和非金屬固體夾雜物	202
第 76 節	氣體夾雜物——鑄錠中的氣泡	210
第 77 節	鑄錠中的縮孔和應力(微裂縫)	213

II. 金屬(鋼)的機械加工.....	217
第 78 節 概論	217
第 79 節 鋼的冷加工	219
第 80 節 加工硬化鋼的加熱	221
第 81 節 鋼的再結晶	222
第 82 節 鋼的熱加工	224
第 83 節 熱加工鋼的組織	226
第 84 節 熱加工鋼的缺陷	231

引 論

金屬學，或者說，關於金屬及其合金的理論，乃是理論冶金學中的一部分，它是在十九世紀產生的，並獨樹一幟而成爲一個獨立的知識部門和科學科目，當時叫做“金相學”(металлография)，這個名稱一直使用到現在，近來才代之以新的名稱“金屬學”(металловедение)，這個新的名稱表明現今研究對象的內容已有了一定的擴展。金相學乃是在俄羅斯土地上從煉鋼工廠工作實際中產生出來的，它的奠基者乃是著名的俄國冶金學者 П. П. 安諾索夫和 Д. К. 卻爾諾夫。

談到這一點，特別應當指出十八世紀的俄國天才學者 М. В. 洛蒙諾索夫，他是最初一位有關礦冶的科學叢書的編撰者，他對於金屬學方面的問題並不是毫不知悉的。在洛蒙諾索夫於 1744—1747 年間所著的“冷與熱之來源的研究”一文中，我們可以看到：“任何人都不可想像：顆粒間較強的結合乃是膨脹的阻力，因爲如所周知，鋼中顆粒的結合比鐵強，但是根據實驗證明，鋼的膨脹大於鐵；同樣，青銅比銅硬，在同一溫度之下，青銅比銅膨脹得厲害”。同時我們還知道，洛蒙諾索夫於 1748 年在他所創建的化學試驗室（屬於科學院）中已經使用了顯微鏡來研究某些物質的結晶過程（當時稱之爲“粒化”），而且他首先在俄國科學書籍中採用了“микроскоп”（顯微鏡）這個字。

但是，在研究冶金產品中首先使用顯微鏡的功蹟則應當屬於礦業工程師 П. П. 安諾索夫，他當時在烏拉爾的茨拉托斯托夫兵工廠（即現在列寧工具聯合製造廠）工作，在卅年的工作期間中，他曾領導利用達馬士革鋼製造白刃武器的工作，當時製出的這種武器的質量並不次於古代的達馬士革匠師或其他東方匠師所製的夙負盛譽的達馬士革寶劍。

爲了研究這種鋼經過鑄造鍛壓以後所呈現的紋理，安諾索夫於



卻 爾 諾 夫
特米脫里·康司台計諾維奇
(1839—1921)

“金相學之父”，他的一系列的發現均有世界意義，其中最重要的是鋼的臨界點(1868)和鑄鋼的結晶結構(1878)

1831年把製成品的表面用酸液浸蝕以後，利用顯微鏡來研究其組織，就此點而言約早於英國人索必卅餘年，索必是在1863年才用顯微鏡來研究工業用鐵的。安諾索夫用肉眼和顯微鏡系統地觀察了經過浸蝕的鋼的組織，他首先成功地實現了互相配合方法，這就構成了金屬的巨視和顯微研究的基礎。

A. C. 拉伏洛夫和 H. B. 卡拉庫茨基也是在茨拉托斯托夫兵工廠工作，他們於1866年（比英國人斯圖布司和謝留司早15年）發現了鋼在凝固時的偏折現象，同時也揭開了鑄錠中產生縮孔、氣孔和內應力的機構，並且深刻地分析了生產完好的鑄鋼工具的各種重要條件。

如所周知，在這個時期內，雖然俄國資本主義在農奴制廢除後有很迅速的發展。但俄國經濟發展程度還是要比其他資本主義國家落後得多（見聯共（布）黨史簡明教程，1938，第7頁）。

儘管在經濟發展方面俄國是落後的，而許多天才的俄國學者和技術工作者，仍舊是各個科學和工業領域中的先驅者和創造者，他們以最大的努力克服了擺在他們面前的各種障礙。

到十九世紀的後半葉，化學和冶金學的飛躍發展，乃是與兩位世界科學技術的權威的名字緊緊相連的——Д. И. 門德烈也夫和 Д. К. 卻爾諾夫。

Д. И. 門德烈也夫——天才的學者，他的成就曾經在很長的時期裏決定了化學發展的路程。門德烈也夫的元素周期表很快地就給予一系列新的知識部門開闢出廣闊的範疇，這裏面也包括對於合金的物理-化學原理的創建。

門德烈也夫的成就的廣闊範圍不僅包括了一般的化學問題，而且也包括了與冶金學和合金理論的許多根本問題有關的研究。下面的例子最能說明這個問題。在1899年夏天，門德烈也夫到烏拉爾去瞭解當地礦冶工業的狀況，在其觀察報告中包括不少有關他所觀察到的各項問題的可貴的想法和意見，例如，關於鐵板（由含銅礦石煉出的生鐵製成）所特有的最大柔韌性的卓越質量問題，門德烈也夫寫到：“儘管多量的銅對鐵的質量將有所損害，現在根據研究合金中所發現的種種事實，



安諾索夫

保爾·彼得洛維奇

(1797—1851)

首先應用顯微鏡於研究達馬士革鋼的組織

我們就可以說，極少量的外加金屬比諸較多量的外加金屬反而有好的作用”，門德烈也夫在半世紀前就已經預見到，在合金中有某些元素，當加入很少量時，它們對合金的質量將有很好的作用，而這一預見僅僅在不久以前才為各國冶金學者所知悉並被廣泛地利用。

卻爾諾夫在冶金學和金相學領域中極其偉大的發現對於這門科學的創建具有極大的、決定性的意義，卻爾諾夫享有世界的榮譽，並且還當他在世的時候他已經光榮的被稱為“金相學之父”了。

卻爾諾夫於 1866 年在奧布霍夫煉鋼廠（現今列寧格勒“布爾什維克”廠）錘鍛車間充任工程師，於 1868 年做出了卓越的發現，這一發現對於鋼的熱處理問題以及在探討合金性質方面實現了一個大的變革。卻爾諾夫經過返復多次地觀察鋼錠的冷卻和加熱的過程，他在工地上用肉眼就發現了鋼的臨界點，此些點表明在一定的加熱條件下鋼的狀態的變化，並且指出各種轉變對於以不同方法冷卻的鋼的結構和性能之影響。

“評拉伏洛夫和卡拉庫茨基關於鋼和鋼製工具的論文和 Д. И. 卻爾諾夫對該問題的專門研究”，在這樣一本以極其平凡的名稱命名的著作中，不僅包括對卻爾諾夫所發現的諸臨界點的解說，並且包括了由此而得出的若干重要結論，同時還根據各種實驗數據初次劃出了鐵碳合金（其中碳含量達到砲鋼成分）熱轉變圖。

卻爾諾夫做出這個圖形時是在法國工程師福勞利司·奧斯孟德於實驗室條件下利用當時貝舍切立葉所設計的熱電偶確定鋼臨界點以前 20 年，並且在英國學者羅伯茨-奧斯丁發表第一個鐵碳合金狀態圖以前 30 年。卻爾諾夫，當解釋在諸臨界點間隔中鋼裏面所進行的轉變過程時，曾借用鹽類水溶液的結晶現象為比喻，直到 20 年以後，奧斯孟德才不得不這樣寫到：在卻爾諾夫的最初一本卓越著作發表時，整個物理-化學尚處在萌芽狀態。

卻爾諾夫另外一本卓越的著作“鋼錠組織之研究”，出版於 1878 年，該書闡述了鑄鋼組織的形成過程，這種解釋至今仍舊是正確的可信的，70 年已經過去了，冶金學者和鑄造者們從其中找到了不少新的材料，使



巴 依 關 夫
亞歷山大·亞歷山大洛維奇
(1870—1946)

著名的蘇聯冶金學家及金屬學家，發現鋼鎳合金的淬火(1902)
和高溫下鋼中奧氏體之多面體組織(1909)

他們能進一步了解鑄造金屬的組織形狀和性能，並且也滿懷信心地發現出各種提高鑄件質量的辦法。卻爾諾夫在他以後的一些著作中也表明了，他在各個工業技術的領域中是一個多麼勇敢的革新創造者，不過他的最主要的貢獻則是在於創建出一座堅穩的基石，後來就正是在這座基石上興建現代有關金屬及其合金的科學的宏偉大廈。

卻爾諾夫在奧布霍夫工廠中最親近的合作者、他的工作的繼承者 A. A. 熱碩塔爾斯基於 1895 年在該工廠中創立了俄國的第一個工廠中的金相（當時稱之為顯微相圖學）試驗室。

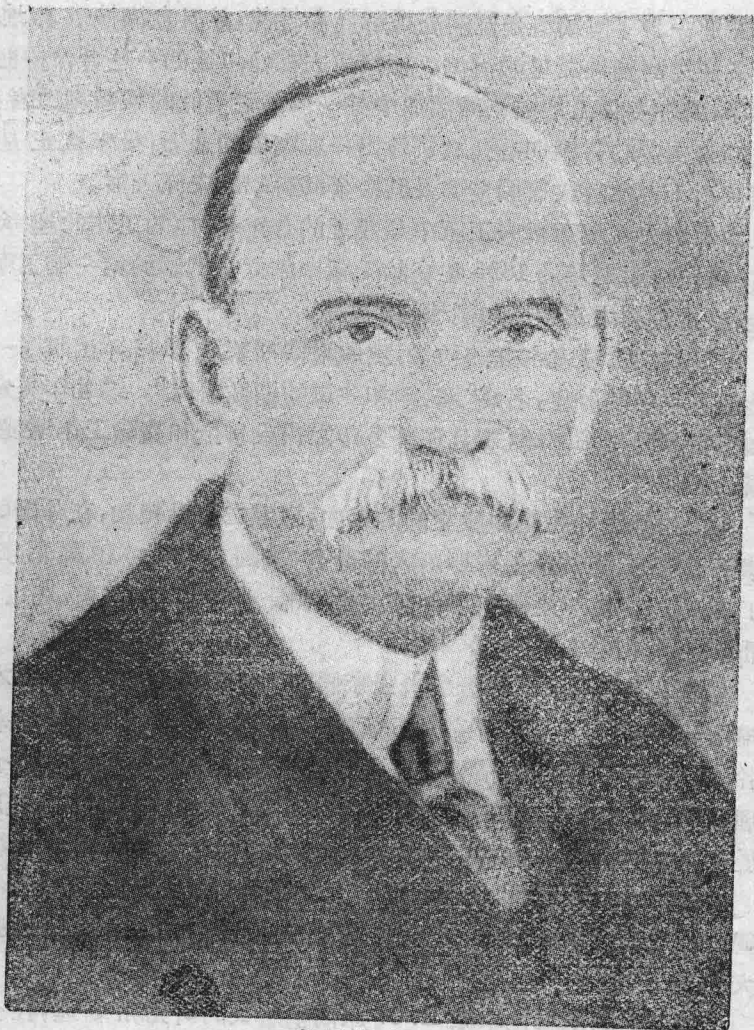
由於這個實驗室創立的結果，熱碩塔爾斯基於 1898 年出版了一本當時極為享名的著作，名為“鐵、鋼和生鐵的顯微研究”。該著作奠定了金相學實際應用的開端，並且在許多年之內成為金相實驗工作者必讀書籍。

在金相學開始生產和建立的時期中，以至二十世紀初，在外國的金相學研究者中，對其進展影響最大的計有：英國——索必和羅伯茨-奧斯丁，法國——奧斯孟德和列舍切立葉，德國——馬丁和葛茵，瑞士——貝聶第克司以及美國——蘇未爾。

這些學者們以及其他著名研究家們的工作和著述的意義，基本上可歸結如下：研究並實現了金相分析的方法，設計構造出為金相分析用的各種必需的專門儀表，積疊了豐富的實驗資料，引導向關於物理-化學系理論的研究，由 B. 基布司用熱力學方法導出並由萬特高夫和羅則布發展了相律，並引向對相律的研究，這樣更加深入了相金學的理論基礎。

這樣，在許多國家的科學和技術工作者的共同努力之下，金相學完全獨立成為專門學校中的一門獨立課程，同時在許多工業部門中獲得很大的實用價值。

由於著名的蘇聯化學家 H. C. 庫爾納闊夫的研究和著述，在金相學課目的繼續發展中，和其理論基礎的深入以及其實用價值的擴展方面，達到了新而顯著的質量上的改進。對於現代金屬學創建出像物理-化學分析這樣的完整的研究方法，首先應歸功於 H. C. 庫爾納闊夫，還在 1881 年，庫爾納闊夫就開始了他自己的多年的科學工作（共延續了



庫爾納關夫
尼古拉 西蒙諾維奇
(1860—1941)

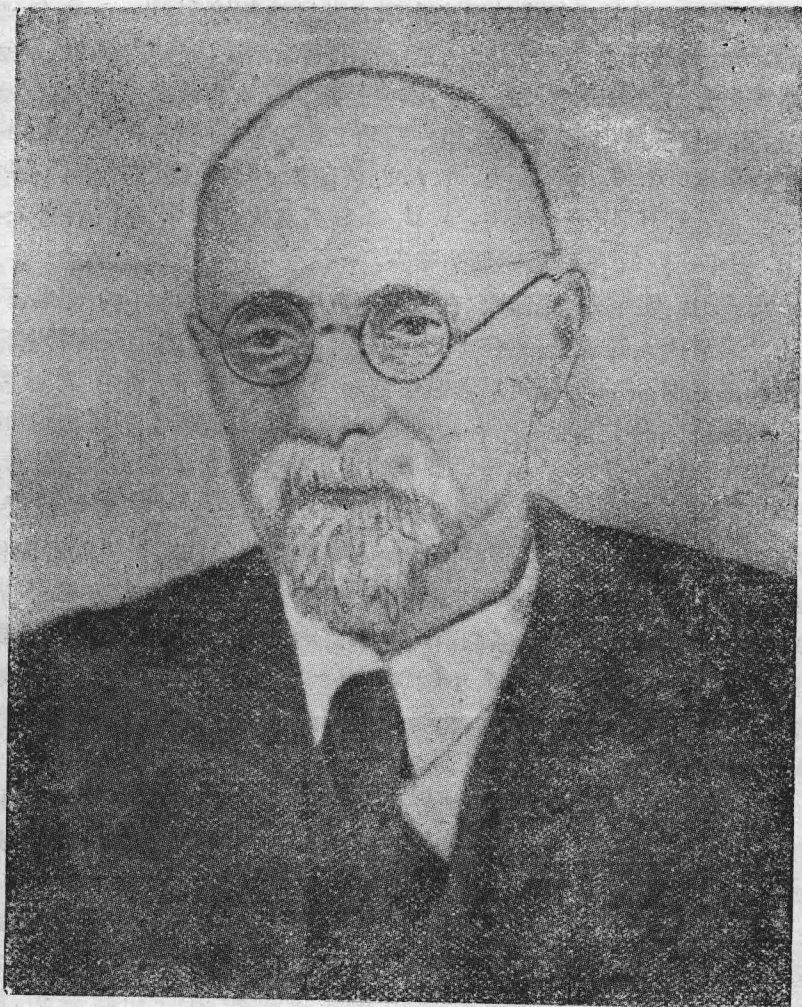
合金之物理-化學分析的奠基者。確定了合金狀態圖及合金性能之間的關係。發現固定組成和可變組成的金屬間相

60年),他很快地就成為當時還處在形成階段的新的科學——合金理論的熱誠信徒,而在1899年他已經成為俄國工業技術學會化學部分金相學委員會的組織發起人之一了,該會是為了深入而系統地研究各種合金,該委員會於1900年正式組成開始工作,並以卻爾諾夫為主席,其中委員包括: H. II. 阿色也夫, A. A. 巴依闊夫, C. II. 德魯日寧, C. Ф. 任丘士尼, A. H. 庫茨聶佐夫, A. II. 庫爾久莫夫, H. C. 庫爾納闊夫, B. H. 里平, A. A. 熱碩塔爾斯基等人。

H. C. 庫爾納闊夫覺察到:在實驗研究中為了獲得良好的效果,研究方法具有極大的意義。在1903年他設計出一種照像紀錄的新型自動控制熱電偶,這個儀器可以非常簡便而準確地紀錄下合金在其熔點上下的溫度間隔中加熱或冷卻時所進行的過程,由此儀器所劃出來的熔化線可以得出一些點,這些點都是建立該合金屬狀態圖所必需的。後來,從1906年開始陸續又研究了許多的金屬性能——電導性、硬度、韌性、流出壓力電位等等,這些性能的研究與熱曲線和顯微組織研究相結合起來,就能夠確定出各種來源不同、化學成分、技術處理方法不同的物質的變化中的微小的區別, H. C. 庫爾納闊夫測量了各種合金的物理性質,並且以其物理性的大小做為成分的函數劃出圖形,這樣,庫爾納闊夫就得出“組成-性能”圖,這種標準圖形很準確地表示出合金中各種成分相互的化學作用的特性。

這樣,在金屬學的範疇內建立了一個新的理論化學科目——物理-化學分析,這一方法同樣地可以用於金屬學和非金屬礦物鹽類及有機物質的研究。

物理-化學分析中的各種方法乃是建立在綜合地確定各種性質的基礎之上的。這種方法同樣地也給金屬學和冶金學增加了新的有力的工具,藉以解決各種實際的問題。例如,測量電導性和熱動力,這樣就能以一定的精確程度斷定鋼和鐵的臨界點位置,同時也能夠觀察出金屬熱處理和機械加工時的各個轉變點。此外還有一種對於金屬或合金的組織和組成非常靈敏的方法,那就是黏度法——流出壓力和硬度,例如,增高鉛的流出壓力就可以發現鉛中最微少的雜質的



施合因別爾格
謝爾蓋·薩莫依洛維奇
(1872—1940)

用試驗方法研究出奧氏體轉變的動力學，發現了鋼的熱處理的新的理論