

高等学校教学用书

礦石与金屬的 工業分析

上 册

A. M. 戴莫夫著

高等教育出版社

5625
高等學校教學用書



礦石与金屬的工業分析

上 册

A. M. 戴莫夫著
周沛平譯

高等數  出版社

本書系根据苏联國立黑色与有色冶金科技書籍出版社(Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии)出版的戴莫夫(А. М. Дымов)著“礦石与金屬的工業分析”(Технический анализ руд и металлов) 1949年第五增訂版譯出。原書經苏联高等教育部審定为冶金学院教学参考書。

原書分三部分:第一部分为總論,論述礦石与金屬的工業分析的一般問題,物理化学法和分析試料的制备和处理;第二为鋼鉄冶金部分,論述冶金原料、礦渣、鉄合金和鋼鉄的分析法;第三为有色金屬部分,論述金屬和合金的分析,最后为附錄。

中譯本分上下二册出版:上册至第二部分的鉄合金分析;鋼鉄分析以及第三部分均在下册。

本書原由商务印書館出版,自 1956 年 5 月起改由本社出版。

礦石与金屬的工業分析

上 册

A. M. 戴莫夫著

周沛平譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

商務印書館上海廠印刷 新華書店總經售

書號 15010·238 開本 850×1168 1/32 印張 8 4/16 字數 275,000

一九五六年五月上海新一版

一九五七年一月上海第三次印刷

印數 3,501—4,700

定價(10) 洋 1.30

第五版序

舉世聞名的科學巨匠——蘇聯偉大的先輩 М. В. 羅蒙諾索夫 (1711—1765) 和 Д. И. 門捷列也夫 (1834—1907) 在科學發展上開闢了新紀元並給一系列的理論問題和工業生產奠定了基礎。他們的思想百餘年來，對全世界學者，包括化學家，的進一步工作起了很大的激發作用。

物質、運動和能的常住和不滅定律的創造者，物理化學的建立者，熱的分子運動說倡議者 Михаил Васильевич Ломоносов (羅蒙諾索夫) 不僅是俄國化學的創始人，而且也是人類最偉大的天才之一。

Дмитрий Иванович Менделеев (門捷列也夫)——作為全部現代化學基礎的週期律的創始人——俄國民族天才表現的傑出範例，它的發現豐富了全世界的科學。

М. В. 羅蒙諾索夫和 Д. И. 門捷列也夫的發現和科學預見，指出精確研究各種物質成分的新的意義和目的，指示化學家去探索它們的相互關係，這些關係成為進一步推論化合物本質的根據。

這樣產生和發展了蘇聯的分析化學，對國外的化學發展也給予很大的影響。

羅蒙諾索夫和門捷列也夫的思想是永垂不朽的。

在俄國學者羣中代表人物之一，羅蒙諾索夫和門捷列也夫理想的繼承者，優秀的科學教育家 Н. А. Меншуткин (1842—1907) 是俄國分析化學的創始人。他創立了俄國分析人員學校，寫了第一部有條理的有科學根據的分析化學教程。這本書在短期內 (1869—1901 年) 再版了十次，而且譯成許多外國語言 (在美國，英國和德國)。

Меншуткин 的“分析化學”在訓練俄國化學分析人員方面，在許多

年間曾起了很大的作用，同時也是他們工作中實用參考材料。

建立大型分析人員的學校，集中全部力量於絡化合物化學的發展，我們應該歸功於俄國學者 М. А. Ильинский (1856—1942) 和 Л. А. Чугаев (1873—1922)。

在分析化學方面，М. А. Ильинский 和 Л. А. Чугаев 是在無機物分析上提出用有機化合物作試劑的最早的化學家。

測定鉍用的 Ильинский 試劑 α -亞硝基- β -萘酚和 β -亞硝基- α -萘酚以及 Чугаев 定鎳用的試劑二甲基乙二酮肟到現在還是在定性和定量分析上最特效的試劑之一。

М. А. Ильинский (1884) 和 Л. А. Чугаев (1905) 的發現在分析化學的發展上創造了新的紀元，是因為他們提出了研究內絡化合物的分析性質和根據有機試劑作用歷程的理論，確定了特性原子團的問題。

Н. А. Тананаев 對分析化學的發展有很大的功績，他是俄國有名的物理化學家和分析家 Л. В. Писаржевский 的學生。Тананаев 確定許多化學反應的平衡條件，研究了許多分析方法和體系（點滴分析），提出了矽酸鹽和其它材料的快速的工業分析法。這些方法都很成功地應用在實驗室的實際工作上。Тананаев 所著的基礎教程“容量分析”，“重量分析”，“點滴分析”成為化學分析人員，學生和實際操作工人的參考手冊。

俄國學者們所創造的理論，所發現的定律和所進行的研究，都被納入知識的寶庫而成為世所公認的貢獻。俄國化學，尤其是在分析化學方面有權利獲得全世界聲譽。偉大的十月社會主義革命以後，分析化學開始特別迅速地發展起來。我國科學和技術的進步促進了許多新的企業部門的發展，它們都需要廣泛應用原料和成品的化學分析。

由於整個發展的影響產生了最新的試驗方法。在我國，理論和應用電化學、光學、物理化學以及其它科學技術方面的卓越的發展促使了

不少蘇聯物理學家和化學家研究和創造新的化學分析的方法——物理化學法和物理法。

Н. С. Курнаков 院士創始了物理化學分析法，藉作出成分與性質的曲線圖的方法，使精確測定各個相的成份成為可能。Н. С. Курнаков 院士和他的學派所擬定的方法對分析化學的發展有很大的貢獻。

關於極譜分析的理論和應用，蘇聯科學院院士 А. Н. Фрумкин、通訊院士 А. П. Виноградов 等人曾進行了多方面的研究。在容量分析方面的比色分析法，新的試劑和指示劑，採用光電池，半微量和微量化學分析的發展，光譜分析——所有這些方法，都由蘇聯學者順利地完成並加以應用。放射化學和放射化學分析是 В. Г. Хлопин 院士及其學派建立的。

上述的俄國學者對全世界科學上的功績只不過是指出些我們化學，尤其是分析化學發展的最主要的幾個階段。在這篇簡短的序文中，不可能一一列舉；但應特別提到的，從羅蒙諾索夫時代起我國人在這一知識領域中有巨大貢獻的，其中有：Н. Д. Зелинский、А. Н. Несмеянов、И. И. Черняев、Н. А. Шилов、Г. С. Ландсберг、И. В. Тананаев、Д. Н. Монастырский、С. Л. Манделштам、Б. В. Некрасов、В. К. Прокофьев、В. С. Сырокомский、Ф. К. Герке、И. П. Алимарин、Д. И. Рябчиков、А. А. Гринберг、В. Н. Алексеев、Ю. Ю. Лурье、Ю. А. Клячко、Ю. А. Чернихов、М. Л. Чепелевский、А. К. Бабко、И. М. Коренман、А. К. Русанов 等人。

蘇聯分析化學順利發展的決定性因素是它和企業、和國民經濟各部門之間緊密地聯繫着。理論和實踐的一致是我國分析化學進一步順利發展的保證。

新分析方法的發展是決定本書第五版新材料的主要因素（大大地增加了用比色測定的元素的種類；舉出了應用新的有機試劑的方法；添加許多元素的極譜和半微量測定法等等）。

從本書前一版(第四版, 1944 年)^[1]到現在這個期間, 冶金工業在冶煉各種合金時曾使用過並繼續在使用着的所有新的化學元素, 也包括在本書中。

因為考慮到生產的化學分析檢驗意義很重大, 尤其是在冶金和機器製造方面, 同時在我們蘇聯, 有關的科學技術界和學校一樣, 全都非常關懷, 所以著者認為加入些新的章節是很有用的, 在這些新添的章節中討論與檢驗有關的若干一般問題(例如: 工業的化學分析法的科學系統分類和工業分類, 方法的準確度和重現度等等)。

新添了一個討論試料分解(以備下一步分析用)法的章節, 因為這在試驗時最常成為嚴重的困難。

“鐵合金分析”這一章大大地擴充了。

從第五版起取消了有色金屬礦石分析部分, 因為我們現在有了 С. Ю. Файнберг 的教科書(“有色金屬礦石的工業分析”, 冶金出版社, 1946)。但同時在“有色合金”部分中補充了鋼鐵冶金廣泛應用的金屬鎳的分析。

著者希望這部新作品能對我們工廠和科學研究所的無數化學實驗室, 在培養和提高分析人員技能上能作為有益的指南, 並在某種程度上對新種類的原料和製造新牌號的鐵合金和有色合金能迅速掌握。

為了節省篇幅, 在絕大多數情況下, 著者認為有必要減少各分析中常用試劑的一一列舉。因此, 在實驗室中常用的酸(硝酸、硫酸、鹽酸、磷酸、氫氟酸和醋酸)和碱(氨水、氫氧化鈉和氫氧化鉀)都略去不寫。同樣地對原始參考文獻, 只對最重要的作出引證, 因為在書末有詳細的參考書總表。

為了從豐富的俄國技術用語中清除掉不必要的外來名詞, 在第五版內儘可能將外來名詞完全刪除。著者期望, 這樣將使分析化學方面的學生們和實際操作工人不致遭到文字上的困難。

[1] 第一版——1929 年, 第二版——1931 年, 第三版——1934 年。

著者感謝化學博士 Ф. К. Герке 教授和 В. С. Сырокомский 教授對本書原稿的批評和提出的許多寶貴意見。著者非常感謝 К. С. Пономарева 副教授校閱了原稿的“極譜分析法簡論”和它所提的意見。對本書任何缺點的批評和指正，著者都衷心接受。

А. М. ДЫМОВ

莫斯科，1949 年
斯大林鋼鐵學院。

第一版序

因為市場上缺乏冶金學生所需要的關於工業分析實驗方面的有系統的教材，於是我決定試嘗着出版了現在這本玻璃版印的“金屬的工業分析實驗室指南”，適合莫斯科礦業學院冶金系的課程和教學大綱的條件。

分析方法的敘述一般地都把它分為三部分：（1）方法要點，（2）需要的試劑和（3）分析手續；但我只保留了後兩部分，我有意識地將第一部分略去，為的是促使學生們能根據分析手續所敘述的和教者所講解的去掌握該方法的要點。

若此書在工業分析實驗教學的完成上能幫助節省一些時間，則感到欣慰。

最後著者對莫斯科礦業學院科學冶金小組在此書出版上所予的幫助表示深刻的謝意。

А. М. ДЫМОВ

莫斯科，1929 年
莫斯科礦業學院。

上册目次

第五版序

第一版序

總 論

甲、 礦石與金屬的工業分析引論	1
1. 冶金生產的化學分析檢驗(工業分析)	1
2. 材料化學成份分析法的科學系統的分類	3
化學法	3
物理化學法	5
物理法	7
3. 化學分析法的工業(工廠)分類	9
標類法	9
快速法	9
對照法	10
裁判法	11
4. 工業的化學分析方法的統一	12
5. 關於生產檢驗分析方法的準確度(正確性)和重現度	15
6. 測定鋼鐵中若干元素時的容許偏差表(1—12)	19
7. 用於化學(光譜)分析的礦石、礦渣、鐵、鋼、鐵合金和有色金屬的標準試料(C.O.)	25
8. 若干標準試料(C.O.)的化學成份	29
乙、 物理化學分析法	33
1. 電位分析法簡論	33
2. 比色化學分析法及光電比色計使用法簡論	42
微分光電比色計使用法	55
微分光電比色計操作程序	58
若干顏色反應的靈敏度	58
3. 內電解簡論	61
4. 極譜分析法簡論	64

丙、用於化學分析的平均試料的製備	71
1. 原始平均試料的選取	71
2. 最後(實驗室的)平均試料的選取	84
3. 用鑽(鉋、銑)和在研钵中研磨來選取用於化學分析的實驗室金屬試料的規則	86
4. 化學分析用研磨好的試料的送遞規則	87
丁、進行化學分析的試料的處理	89
1. 去掉有機雜質;得出空氣乾燥的試料	89
2. 分析物質的分解法	90
3. 若干金屬鹽類的揮發性	95
4. 最常用的熔化劑(混合劑)表	97
5. 元素的化學分離法	100

鋼 鐵 冶 金 部 分

甲、冶金原料和礦渣的分析	102
I. 鐵礦石和其它礦石的分析	102
1. 高錳酸鹽法測定鐵(用高錳酸鹽溶液滴定鐵)	102
2. 重鉻酸鹽法測定鐵	108
3. 鐵礦石和錳礦石中二氧化矽 SiO_2 的測定	111
4. 三氧化二鋁 Al_2O_3 的測定	113
5. 高錳酸鉀氧化法測定錳	116
6. 鐵礦石和錳礦石中磷的測定	120
重量法測定磷	122
容量法(碱量法)測定磷	124
7. 硫的測定	125
8. 鐵礦石中鋅的測定	127
甲、測定鋅時事先除去鐵	127
乙、有鐵存在時測定(沉澱)鋅	130
9. 鉻(鐵礦石中)的測定	131
10. 砷的測定	132
II. 鈦磁鐵礦的分析	134
1. 鈦的測定	134

比色法(標類法用)	134
容量法(標類法用)	137
2. 鈦的測定	140
容量法(快速法和標類法用)	140
III. 錳礦石(錳酸鈣礦)的分析	143
錳酸的測定	143
IV. 螢石的分析	144
1. 氟化鈣的測定	144
用於特別精確分析的氟化鈣的測定	144
用於標類法和快速法的氟化鈣的測定	147
2. 二氧化矽的測定	148
3. 當二氧化矽和氟共存時它們的測定法	149
V. 石灰石(白雲石、菱鎂礦)的分析	151
1. 灼燒失重的測定	151
2. 二氧化矽的測定	152
3. $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$ 總量的測定	152
4. 氧化鈣的測定	153
5. 氧化鎂的測定	154
6. 二氧化碳的測定	154
VI. 礦渣的分析	156
1. 二氧化矽的測定	156
2. 磷酸鹽法測定氧化鋁	158
3. 容量法測定氧化鈣	159
4. 氧化鎂的測定	162
成焦磷酸鹽法測定氧化鎂	162
用磷-羥基喹啉(奧克辛)測定氧化鎂	163
5. 半微量容量法測定氧化鈣(快速法)	165
6. 游離氧化鈣的測定	167
甘油法	167
乙二醇法(快速分析用)	169
7. 碳化鈣 CaC_2 的測定	170
8. 氟化鈣 CaF_2 的測定	171

9. 硫化鈣(硫化物的硫)的測定	174
10. 一氧化鐵的測定	175
11. 金屬鐵的測定	177
12. 三氧化二鐵的測定	181
13. 氧化錳的測定	181
過硫酸鹽-銀鹽(亞砷酸-亞硝酸或亞砷酸)法	181
14. 氧化鉻的測定	182
15. 相的分析	182

乙、鐵合金分析.....184

I. 矽鐵分析(矽含量 30—90%)	184
1. 矽的測定	184
熔融法測定矽	184
用氫氟酸和硝酸的混合液分解試料法以測定矽	187
根據比重測定矽	187
2. 鋁(鈦和鉍)的測定	190
3. 碳的測定	196
4. 硫的測定	196
II. 錳鐵分析	196
1. 錳的測定	196
過硫酸鹽-銀鹽法測定錳	196
用氯酸鉀氧化錳法	198
2. 磷的測定	199
3. 碳的測定	200
4. 硫的測定	200
III. 鉻鐵分析	200
1. 鉻的測定	200
碘量法測定鉻	201
過硫酸鹽-銀鹽法測定鉻	202
2. 鉻和鐵的測定(不補償電位法)	205
鉻的測定	205
鐵的測定	206
3. 矽的測定(鹽酸法)	207
4. 用同一試料測定矽和鉻	208

5. 碳的測定	209
6. 硫的測定	209
IV. 錫鐵分析	209
1. 錫的測定	209
用氫氟酸和硝酸分解錫鐵法以測定錫	209
2. 錫和矽同時測定	211
3. 磷的測定	212
熔融法	212
溶解法	213
4. 鋁的測定	214
5. 銅的測定	215
6. 碳的測定	217
7. 硫的測定	217
V. 鉛鐵分析	217
1. 鉛的測定	217
使成鉛酸鉛法測定鉛	217
高錳酸鹽容量法測定鉛(用鋅還原鉛)	219
2. 磷的測定	220
3. 銅(氧化銅)的測定	222
4. 碳的測定	223
5. 硫的測定	224
VI. 鈳鐵分析	224
1. 鈳的測定	224
直接用硫酸亞鐵滴定法(用氧化還原指示劑)	224
電位滴定法	226
過硫酸鹽法	227
2. 磷的測定	228
3. 鋁(總量)的測定	230
4. 碳的測定	232
5. 硫的測定	232
VII. 鈦鐵分析	232
1. 鈦的測定	232
容量法測定鈦	232
2. 磷的測定	234

3. 碳的測定	235
4. 硫的測定	235
VIII. 鉛鐵(矽鉛鐵、矽鉛)分析	235
1. 苯肼酸法測定鉛	235
2. 鉛和鈦的測定	237
3. 鉛的測定	240
4. 鐵的測定	241
5. 磷酸鹽法測定鉛和鉛(分析進行的基本程序)	241
6. (矽鉛鐵和矽鉛中)矽的測定	242
7. 碳的測定	243
8. 硫的測定	243
IX. 銻鐵分析	243
1. 無較多鉍時銻鐵的快速分析法(銻、鉍、鉛、鐵的測定)	243
2. 碳的測定	246
3. 硫的測定	247
X. 硼鐵分析	247
1. 容量法測定硼	247
2. 碳的測定	250
3. 硫的測定	250

總 論

甲. 礦石與金屬的工業分析引論

1. 冶金生產的化學分析檢驗(工業分析)

在敘述礦山和採石場所採掘的以及冶金和機器製造工廠所消耗和製造的許多材料(礦石、助熔劑、耐火材料、礦渣、鋼鐵、鐵合金、若干有色合金等)所採用的各種分析方法以前,必須簡略地闡述若干與冶金生產中的化學檢驗有關的一般問題。

檢驗二字的意義,在此情況下,是用化學的和其它的分析方法系統地觀察以上所列舉的材料的質量。所需要的質量先根據它的化學成份(各組份的含量)是否合乎全蘇聯國定標準(ГОСТ)所規定的標準,同時根據該類材料的技術規程(決定它的牌號或種類的)來確定。

除了檢驗原料、半成品和成品的質量外,直接對組成某生產的各個工藝過程(選礦和礦石的熔結,鼓風爐、馬丁爐、貝塞麥爐、陶馬司爐和電爐法煉鐵、鋼和鐵合金等)的檢驗也有很重要的意義。

在這些生產過程進行檢驗的重要性(包括所謂爐前檢驗)是很明顯的,因為它不僅關係着該程序所得產品(鋼鐵、鐵合金、有色金屬等)的質量,而且也同樣地關係着原料的合理使用。如果由於某種原因而使過程進行的不正常,便可能造成原料的浪費(自然是指質量而言)。

因此爐前檢驗的進行是特別重要而複雜的問題。此種檢驗需要採用特殊的快速分析方法。它可以定期地檢驗液體鋼鐵、鐵合金等物的化學成份。這種檢驗不僅要在適當過程(例如馬丁爐熔煉)終止以前進行,如果僅僅如此,那麼在大多數情況下,已經不能及時地預告關於需要採取措施來改正它的過程(即防止產生廢品);它們主要地還用在某

種過程的各個階段上(例如,加料熔融後,出渣前,二次造渣後,熔完階段等)。

爐前檢驗是最重要的方法,它客觀地及時地指出保證某過程的正確技術操作的方向,使產品質量提高,並能完全合理的使用原料。

學習分析化學課程時,在教學實驗室所熟習的定量化學分析方法大半是些古典方法。這些方法要達到兩個主要目的:用實例說明理論的某些部分,並使學生學會與某種方法實驗技術有關的一般的和特殊的正確操作(沉澱、過濾、灼燒、稱量、滴定、比色等)。一般說來,這些方法都用純的鹽類進行,而不是工業材料的實際樣品,這就使全部分析過程變得容易,但也就不能反映實際工作中所遭到的困難(例如,分解試料要考慮到下一步分析等)。在這些教學條件下,實際上完全不考慮分析進行時間長短這個因素。

生產情況下所採用的化學分析方法,爲了完成分析檢驗,同樣保留了那些古典定量分析方法本身的理論實質,而二者主要的不同是前者的實驗室的試驗技術,其主要目的是在不顯著降低所得結果的準確度(正確性)的條件下最大地加快分析過程。

應該指出,同一個實驗人員通常同時進行若干(往往達 15—20)同樣的分析(測定),例如測定錳、磷等。這樣的工作有時一天重複 2—3 次(或更多次)。許多分析進行流水作業,例如測定碳、硫等。在這種情況下,每個實驗人員每天所做的測定總數能達 70—80 件,在特殊情況下,比這還要多。由此可知進行大量的工廠分析時,在實際工作上會發生複雜的組織問題。最重要的條件之一是嚴格遵守由全部工藝規程和生產的檢驗制度所規定的時間圖表。

由於受着生產檢驗條件所有因素的影響,主要地是由於迅速的進行分析的必要性和數量大,於是就有特殊的方法和操作上的要求,結果古典方法就吸取了所謂工廠或工業分析法的許多典型特點。這些特點不只表現在分析的實際操作方法方面,而且也表現在某些分析過程的