



重金屬冶金學

中 冊

Д. М. 契日科夫 著



冶金工業出版社

本書系根据苏联科学院出版社出版的 A. M. 契日科夫著“有色重金屬冶金学”譯出。

原書分六部分：总論；鉛冶金；鋅冶金；銅冶金；鎳冶金；一般問題。

譯本分上、中、下三冊出版：上冊包括总論与鉛冶金；中冊为鋅冶金；下冊包括銅冶金、鎳冶金与一般問題。

本書可供有色冶金工业部門工程技術人員和科学研究人員使用，也可供高等冶金工业学校学生使用。

本冊由冶金工业部有色冶金設計总院专家工作科譯校，參加譯校工作的有那富智、張德忠、俞傳綱、溫春林、高学用、李浩祺、郭林書、王懋炎、李逢鼎等。

重金屬冶金學

(中 册)

A. M. 契日科夫 著

冶金工業部有色冶金設計總院

專家工作科 譯

冶金工業出版社

Д. М. Чижигов

МЕТАЛЛУРГИЯ ТЯЖЕЛЫХ ЦВЕТНЫХ
МЕТАЛЛОВ

АН СССР (Москва 1948 Ленинград)

重金屬冶金学 (中册)

冶金工業部有色冶金設計总院专家工作科 譯

—— * ——

冶金工業出版社出版 (北京市灯市口甲45号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第093号

国家統計局印刷厂印 新华書店发行

—— * ——

1959年8月第一版

1959年8月北京第一次印刷

印数 4,010 册

开本850×1168·1/32·300,000字·印張11 $\frac{16}{32}$

..... *

統一書号 15062·1701 定价 1.40 元

中 冊 目 錄

鋅 冶 金

第一篇 生产鋅的基本原理	13
第一章 煉鋅的方法	13
§ 1 鋅精礦的組成與性質.....	13
§ 2 煉鋅的主要方法.....	13
§ 3 煉鋅的原則流程.....	16
第二篇 硫化鋅精礦的焙燒	19
第二章 焙燒過程的化學反應歷程	19
§ 1 硫化鋅的氧化.....	19
§ 2 焙燒過程中硫酸鋅的生成.....	20
a) 硫酸鋅的生成反應.....	20
b) 硫酸鋅的分解.....	22
B) 接觸劑在硫酸鹽生成過程中的作用.....	23
r) 粒度對硫酸鋅生成的影響.....	23
§ 3 焙燒過程中鐵酸鋅的生成.....	24
第三章 鋅精礦焙燒生產粉狀焙燒礦	30
§ 1 概論.....	30
§ 2 焙燒過程的組織.....	33
§ 3 浮選精礦的干燥.....	35
§ 4 精礦焙燒爐.....	38
a) 維治式焙燒爐.....	39
b) 赫列斯霍夫焙燒爐.....	44
B) 國立有色冶金設計院設計的焙燒爐.....	44
r) 奧爾德焙燒爐.....	45
A) 斯皮爾勒焙燒爐.....	46
§ 5 精礦焙燒的實際操作（生產粉狀焙燒礦）.....	49

a) 精矿的攪拌	49
b) 鋅精矿多层焙燒爐的工艺制度	52
b) 鋅精矿焙燒时鉛的行为	53
r) 爐結的形成	54
A) 結塊的生成	54
e) 焙燒时爐內烟塵的生成	55
§ 6 精矿焙燒强化的途徑	57
a) 悬浮焙燒	57
b) 加硝石焙燒	63
b) 採用富氧空气	63
r) 水蒸汽和硫酸蒸汽对鋅精矿焙燒的影响	63
§ 7 多层焙燒爐的主要尺寸及其工作技术指标	64
第四章 硫化鋅精矿的燒結焙燒	69
§ 1 鋅精矿的燒結焙燒法	69
a) 李格法	69
b) 奧維尔彼立特工厂法	70
b) 努維尔-蒙坦法	71
r) 維耶-蒙坦法	72
A) 罗伯遜法	72
e) 除鉛、鎘的燒結焙燒	73
§ 2 硫化鋅精矿燒結焙燒的設備配置和实际操作	73
§ 3 鋅精矿燒結用燒結机的主要尺寸及其工作技术指标	74
第三篇 火法煉鋅	77
第五章 鋅的还原和蒸餾	77
§ 1 概論	77
§ 2 氧化鋅还原过程的热化学	78
§ 3 还原和蒸餾过程中鋅化合物的行为	81
a) 氧化鋅的还原	81
b) 鉄酸鋅的还原	84

B) 硅酸鋅的还原	85
Г) 硫化鋅的还原	86
A) 蒸餾時硫酸鋅的行為	89
§ 4 鋅蒸餾時錳化合物的行為	89
§ 5 伴生金屬化合物在蒸餾時的行為	91
a) 鋅精礦中伴生金屬化合物的行為	91
6) 燃料還原劑中灰分的影響	91
§ 6 溫度對鋅蒸餾速度的影響	92
第六章 鋅蒸汽的冷凝	95
§ 1 冷凝理論	95
§ 2 冷凝的工藝制度	98
§ 3 冷凝灰的生成	101
§ 4 藍粉的生成	104
第七章 蒸餾罐、冷凝器、延伸部	106
§ 1 鋅蒸餾用的蒸餾罐。概論	106
§ 2 蒸餾罐的規格	108
§ 3 製造蒸餾罐的原料	110
§ 4 蒸餾罐料的製備	113
§ 5 蒸餾罐的壓制	115
§ 6 蒸餾罐的烘乾與上釉	119
§ 7 蒸餾罐的焙燒	120
§ 8 冷凝器及其製備	122
§ 9 延伸部	126
第八章 鋅蒸餾爐	128
§ 1 概論	128
§ 2 蒸餾爐的構造和分類	130
§ 3 爐氣橫向運動蒸餾爐	132
a) 伯金岡爐	132
6) 頓爾-傑良脫耳爐	135
B) 西門氏爐	137

r) 涅夫萊謝爾-西門氏爐	137
A) 燃燒液體燃料的蒸餾爐	139
§ 4 爐氣縱向運動的蒸餾爐	139
a) 海格列爾爐	139
б) 燃燒天然煤氣的蒸餾爐	139
B) 奧維爾別立特爐	141
r) 塔尼耶爐	142
A) 燃燒液體燃料的契日科夫爐	142
第九章 鋅蒸餾的實際操作	144
§ 1 爐料及其製備	144
a) 爐料的物理性質及透氣性	144
б) 爐料及蒸餾殘渣的化學性質	145
B) 燃料-還原劑	146
r) 爐料的製備	149
§ 2 蒸餾爐的照應	150
a) 蒸餾罐的裝料與排渣	150
б) 蒸餾操作	151
B) 銻	154
§ 3 蒸餾罐進料與排渣的機械化	155
a) 頓爾-傑良脫耳機械裝料器	155
б) 澤格爾裝料器	157
B) 斯賓謝爾裝料器	157
r) 捷德提出的機械裝料法	158
A) 蒸餾罐機械排渣器	158
§ 4 蒸餾爐的保護裝置	159
§ 5 蒸餾操作的技術指標	165
第十章 鋅蒸餾的產品及其處理方法	166
§ 1 粗鋅	166
§ 2 藍粉	166
§ 3 冷凝灰	167

§ 4 蒸餾殘渣	168
§ 5 蒸餾罐碎片	169
§ 6 冷凝器碎片	170
第十一章 鋅的連續蒸餾	171
§ 1 連續蒸餾法	171
§ 2 豎罐蒸餾	172
a) 巴里密爾頓工廠式的碳化硅豎罐及其操作法	173
b) 列米和羅格姆陶瓷豎罐	178
b) 迴轉豎罐	180
§ 3 電熱法煉鋅	180
a) 方法的特点	180
b) 獲得液體渣的電熱法及電爐結構	183
b) 爐料不熔化之電熱法煉鋅	186
r) 在電爐中用鐵分解閃鋅礦	190
§ 4 鋅的吹氧鼓風熔煉	191
第十二章 鋅的精煉	194
§ 1 粗鋅的組成	194
§ 2 鋅的熔析精煉	195
a) 過程的實質	195
b) 熔析精煉的實際操作	195
§ 3 鋅的再蒸餾	198
a) 精餾塔連續再蒸餾	198
b) 真空電爐再蒸餾	206
第四篇 濕法煉鋅	208
第十三章 濕法電解煉鋅的發展歷史及其流程	208
§ 1 濕法電解煉鋅的產生和發展	208
§ 2 硫酸鹽濕法電解煉鋅的原則工藝流程	210
第十四章 用硫酸溶液從焙燒精礦中浸出鋅	215
§ 1 過程的實質	215
§ 2 從焙燒精礦中浸出鋅時各成分的行為	216

a) 鋅的化合物	216
b) 鐵的化合物	219
B) 銅的化合物	220
r) 其他金屬化合物	220
A) 二氧化硅与鋁礬土的行为	221
第十五章 硫酸鋅溶液的淨化	223
§ 1 氫离子濃度 (PH) 在硫酸鋅溶液淨化过程 中的作用	223
§ 2 雜質的水解沉淀	225
a) 鐵的沉淀	225
b) 硫酸亞鐵的氧化	227
B) 砷和錫的沉淀	231
r) 鎳的沉淀	233
§ 3 金屬雜質的置換沉淀	233
§ 4 除鈷	235
a) 鈷的水解沉淀	235
b) 含有銅砷时用鋅粉置換鈷	236
B) 有碲存在时用鋅粉除鈷	236
r) 亞硝基-β 萘酚法除鈷	237
§ 5 硅酸的膠結	238
§ 6 除氯	239
§ 7 除鋁、錳、鉀、鈉	240
第十六章 液固分離	241
§ 1 基本原理	241
§ 2 泥漿的澄清	242
§ 3 泥漿的過濾	245
第十七章 濕法煉鋅中所用的設備	249
§ 1 攪浸槽	249
a) 空氣攪浸槽	250
b) 機械攪浸槽	251

§ 2	分級机	253
a)	圓錐分級机	253
б)	耙式分級机	254
в)	盘式分級机	256
§ 3	濃縮槽	256
a)	多尔濃縮槽	256
б)	根捷尔濃縮槽	259
§ 4	过滤机	260
a)	过滤机的分类	260
б)	滤布	261
§ 5	真空过滤机	261
a)	間歇操作的真空过滤机	261
б)	連續操作的真空过滤机	264
§ 6	特魯克过滤机	269
a)	特魯克假底过滤机	270
б)	特魯克管形过滤机	270
в)	特魯克筒形过滤机	270
г)	压滤机	271
§ 7	泥浆和溶液的輸送	273
§ 8	湿法炼鋅设备的制造材料	274
第十八章	湿法炼鋅的实际操作	275
§ 1	浸出方法	275
§ 2	間歇浸出	276
a)	过程的实質	276
б)	間歇浸出的实际操作	276
в)	溶液的中和与杂質的水解沉淀	278
§ 3	連續浸出	279
a)	中性浸出和杂質的水解沉淀	280
б)	酸性浸出	284
第十九章	硫酸鋅溶液淨化的实际操作	293

§ 1 除銅錫	293
§ 2 硫酸鋅溶液的除鈷、氮	296
a) 除鈷	296
b) 除氮	296

第五篇 溶液中鋅的電解沉澱..... 310

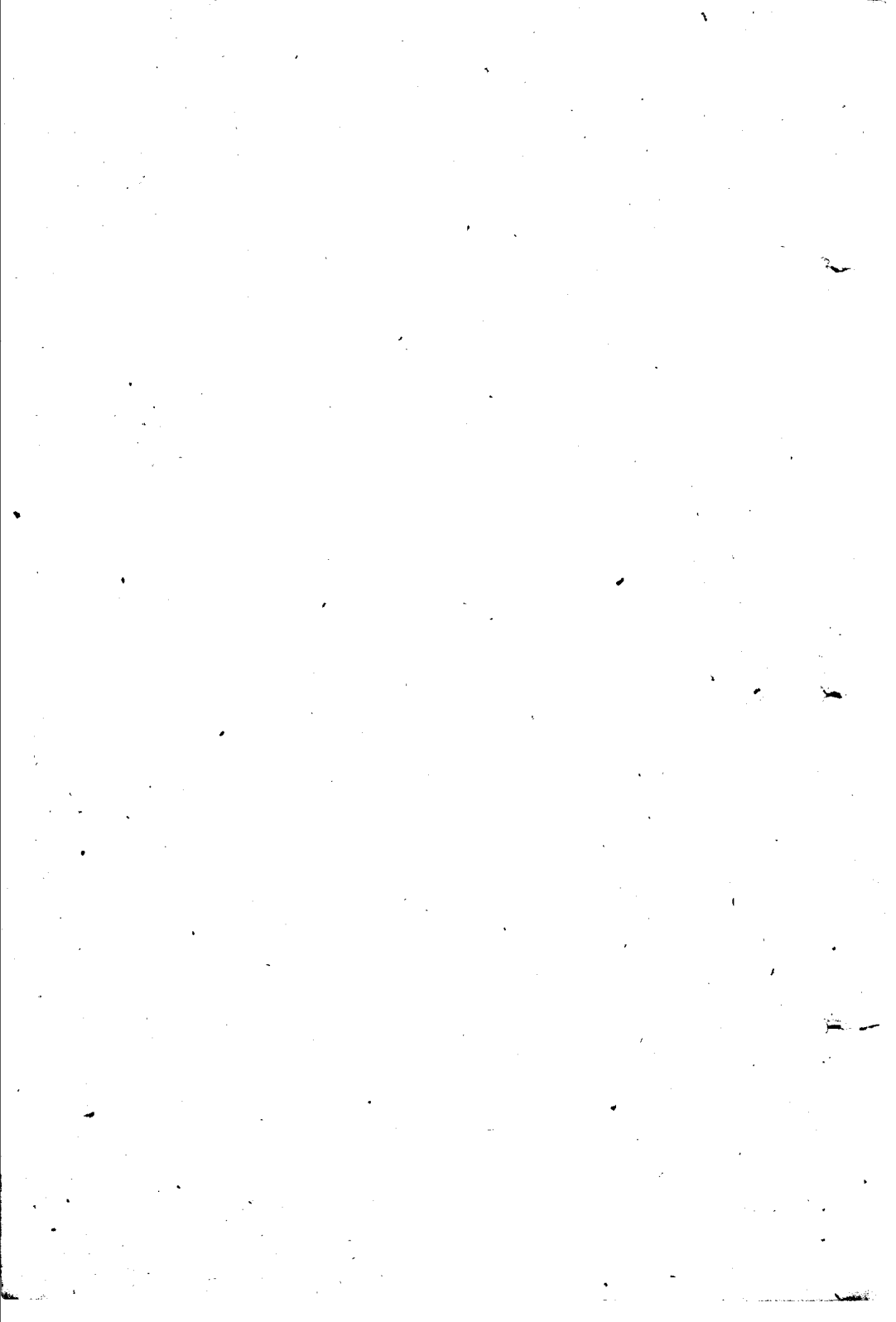
第二十章 鋅溶液的電解..... 301

§ 1 陰極過程	301
§ 2 影響陰極氫超電壓值的因素	305
a) 陰極表面性質的影響	305
b) 膠類對氫超電壓及陰極鋅質量的影響	307
b) 電流密度對陰極氫超電壓的影響	308
§ 3 金屬雜質對電解過程及陰極析出鋅質量的影響	309
a) 鐵的影響	311
b) 錳和錒的影響	311
b) 鈷和鎳的影響	312
r) 銅、鎘、鉛的影響	313
λ) 鍍的影響	313
e) 鋁、鎂、鈉、鉀的影響	314
§ 4 陽極過程	314
a) 陽極氧超電壓	315
b) 錳對陽極過程的影響	315
b) 鹵族元素的影響	316
§ 5 電解液	316
a) 酸度對電流效率的影響	317
b) 溫度對陰極鋅浸蝕的影響	318

第二十一章 電解設備..... 320

§ 1 電解槽	320
§ 2 陽極	322
§ 3 陰極	323

§ 4 电流线路	329
a) 电解槽引线	329
b) 接触点	330
第二十二章 电解的实际操作	331
§ 1 电解的工艺制度	331
§ 2 电解槽的供液和电解液循环	331
§ 3 电解液的冷却	332
§ 4 槽内阴极的提出及析出锌的剥取	333
§ 5 酸雾的预防	335
§ 6 电解槽的清理与检修	336
§ 7 电解过程的控制	336
§ 8 电解过程的技术指标	337
a) 电流效率	338
b) 电压	339
c) 电能效率	343
第二十三章 湿法炼锌的产品及其下一步处理方法	346
§ 1 阴极锌复熔	346
§ 2 废渣处理	350
§ 3 铜镉渣处理	352
第六篇 湿法电解炼锌的强化法	353
第二十四章 湿法电解炼锌的流程方案	353
§ 1 基本方向	353
§ 2 马格德堡工厂法	354
§ 3 谭通法	358
§ 4 马克维茨基法	361
§ 5 库里苞法	365
§ 6 契日科夫法 (氯化法)	366



第一篇 生产鋅的基本原理

第一章 煉鋅的方法

§ 1 鋅精矿的組成与性質

煉鋅的原料，是由多金屬的鉛鋅矿和銅鋅矿經浮选所得的硫化精矿。現將鋅精矿的大概組成与性質列入表 125 中。

表 126 中列有国外某些鋅电解工厂所处理的鋅精矿的分析。

从表 125 和 126 中可以看出，鋅精矿乃是复杂的多金屬产品。

精矿中鋅的含量在 43~51.5% 之間，有时到 60%。在鋅精矿中含有鉛、銅、錳，并常常含有砷、鈷、銀等。鉄在精矿中的含量在 5 到 16.5% 之間。硫的含量为 30~35.4%。

鋅精矿是一种細碎的产品，在干燥状态下具有流动性。

§ 2 煉鋅的主要方法

在工业上应用下列两种方法从精矿中提炼鋅：火法——还原和蒸餾；湿法——硫酸溶液电解。

直接用鋅的硫化物煉鋅是十分困难的。实际直到現在也还未找出一种經濟上合算、技术上可能的直接从硫化精矿中提取鋅的火法。硫化鋅在工业溶剂中的溶解度很小，这就不能直接用湿法处理硫化鋅精矿。

錳精礦的大概組成與性質

表 125

篩分析(%)							
+0.6 毫米	0.34	0.03	0.05	0.4	0.08	—	—
+0.3 毫米	0.67	0.08	0.37	5.3	0.10	—	—
+0.15 毫米	5.74	4.52	12.76	21.93	0.75	—	—
+0.098 毫米	12.63	19.53	19.77	16.55	4.57	—	—
-0.098 毫米	80.62	75.84	67.65	56.12	94.50	—	—
合 計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	—	—
化學分析(%)							
Zn	51.48	47.66	43.41	47.81	41.21	48.60	49.16
Pb	2.89	4.51	5.78	3.36	0.38	0.58	4.66
Cu	0.57	1.09	1.60	1.76	2.08	—	—
Fe	7.45	6.96	8.45	12.13	10.93	10.18	5.16
Cd	0.16	—	—	0.08	—	0.13	0.65
Co	0.004	—	0.004	0.008	—	0.003	0.01
S	33.6	30.30	30.41	30.11	30.89	35.3	29.68
Al ₂ O ₃	0.93	3.45	5.52	—	3.37	0.97	1.08
CaO	0.33	0.88	0.57	1.95	0.51	0.25	1.70
MgO	0.51	0.43	0.22	0.14	0.14	0.39	1.22
BaSO ₄	—	4.20	—	—	0.60	—	—
SiO ₂	1.32	1.40	4.43	4.40	7.40	1.25	3.02
物相組成(%)							
ZnS	—	70.33	64.44	63.44	61.41	—	—
PbS	—	5.16	6.65	3.86	0.44	—	—
CuFeS ₂	—	3.12	4.58	5.05	6.02	—	—
FeS	—	3.96	4.00	14.08	5.29	—	—
FeS ₂	—	7.40	9.62	—	12.33	—	—
Fe ₃ O ₄	—	—	—	2.17	—	—	—
Al ₂ O ₃	—	3.40	5.5	5.45	3.37	—	—
CaO	—	0.87	0.56	1.80	0.50	—	—
MgO	—	0.40	0.21	0.10	0.15	—	—
BaSO ₄	—	—	—	—	0.60	—	—
SiO ₂	—	4.20	4.44	4.20	7.40	—	—
其它	—	1.26	—	—	1.94	—	—
合 計	—	100.00	100.00	100.00	100.00	—	—
(FeO+BaO+CaO +MgO+SiO ₂) 对 錳的百分比	—	28.2	37.2	50.2	54.4	—	—
O ₂ (SiO ₂):O ₂ (FeO +BaO+CaO+MgO)	—	0.31	0.89	0.57	1.19	—	—
焙燒时的变化:							
1. 脫硫率(%)	—	98.0	99.4	97.0	99.1	—	—
2. 燒成率(%)	—	80.5	77.5	84.5	81.1	—	—
3. 焙燒礦的組成:							
Zn (%)	—	59.45	56.60	51.3	50.7	—	—
S (%)	—	0.64	0.27	1.01	0.34	—	—

鋅精礦的組成

表 126

組 元	廠 名			
	大瀑布城	特 萊 尔	弗林—弗期	馬 格 德 堡
Zn	52.5	44.13	45.8	60—62
Pb	3.9	3.89	0.44	1.0
Cu	0.45	0.08	0.96	0.06
Fe	6.6	16.34	14.4	3.0
Cd	—	0.06	0.09	0.2
Co	—	—	0.0008	0.002
As	—	0.0047	0.26	0.12
Sb	—	0.027	0.06	—
Cl	—	—	0.08	0.015
S	29.5	34.5	35.4	32.0
SiO ₂	1.03	—	—	0.22

現有的各種煉鋅方法，都是把硫化鋅精礦預先焙燒，使之變成氧化物。如果是火法煉鋅，則焙燒產品的下一步處理是使之與炭還原劑混合在一起加熱。這時鋅被還原和蒸餾出來。然後把鋅蒸氣冷凝為液體鋅。

如果是濕法煉鋅，焙燒後的鋅精礦則用硫酸溶液浸出。硫酸鋅溶液於消除雜質後，送去電解。鋅析出於陰極上，陽極上有硫酸再生。再生的硫酸重新返回用來浸出。

在這兩種工業煉鋅方法中，硫化精礦焙燒是一個最重要的工序，在頗大程度上決定着以後操作階段中能否順利回收鋅。所謂的完全焙燒，就是把所有的硫化鋅全部變成游離氧化鋅的結構。

在焙燒產品中，完全不應含有硫化鋅。少量硫酸鋅的存在，只在濕法煉鋅時才允許。在焙燒礦中有銹酸鋅、矽酸鋅或鋁酸鋅存在時，用硫酸溶液浸出時鋅的回收率低。蒸餾時，若操作溫度很高，鋅會從複雜化合物中還原出來，並不困難。

對於焙燒產品物理狀態所提出的不同要求，乃取決於下一步的處理方法。