

77.97

77.82
137
:1

热 镀 鋅 理 論 与 工 艺

H. 巴布利克 著

冶金工業出版社

本書是根据奥地利著者 H. 巴布利克所著 GALVANIZING (Hot-Dip) 一書英文譯本第三版譯成的。

由于热鍍鋅方面的系統講述理論和工艺的技术文献缺乏，出版這本書將对我国鍍鋅生产和研究人員有所帮助。

本書內容主要包括热鍍鋅的理論和工艺部分，分别于鉄磷、酸洗理論、酸洗操作、熔剂、鍍鋅理論和鍍鋅操作等六章中詳細闡述。

H. Bablik
GALVANIZING
(HOT DIP)
热鍍鋅理論与工艺

冶金工业出版社出版 (北京市灯市口甲45号)

北京市書刊出版業營業許可證出字第093号

冶金工业出版社印刷厂印 新华書店发行

1959年9月 第一版
1959年9月北京第一次印刷
印数 2,005 册

開本 850×1168 1/32 • 350,000 字 • 印張14 $\frac{26}{32}$

統一書号 15062 • 11751 定价 2,30 元

目 录

引 言

A. 热镀锌的历史	1
B. 热镀锌的应用范围	1

第一章 铁 磷

A. 組織及成份	7
B. 氧化鉄	10
a. 一氧化鉄	10
b. 四氧化三鉄(氧化低鉄、氧化高鉄)	11
c. 三氧化二鉄	11
C. 鉄磷層的生成过程	12
a. 溫度的影响	12
b. 時間的影响	13
c. 鋼基的影响	13
D. 鉄磷層的厚度	16

第二章 酸 洗 理 論

A. 酸洗剂	18
B. 普通理論	19
C. 酸洗反应	22
a. 和氧化物的反应	22
b. 和鋼基的反应	22
c. 和鋼基及氧化鉄的反应	23
D. 决定酸洗速度的因素	24
E. 各种因素对部份反应的影响	29
a. 酸洗液的因素	29
1. 酸洗液的溫度及濃度	29
2. 酸洗液的含氧量	33

3. 酸洗液的攪动	36
4. 阻止剂	37
i. 目的及效果	37
ii. 阻止剂的特性	38
iii. 效率的說明	40
iv. 試驗方法及分級	42
b. 酸洗物件的因素	43
1. 氧化鉄的溶解速度	43
i. 一氧化鉄的溶解速度	43
ii. 四氧化三鉄的溶解速度	47
iii. Fe_2O_3 的溶解速度	48
iv. 鉄鱗層的溶解速度	48
2. 鉄的溶解速度	50
i. 未退火及退火者	50
ii. 碱性轉爐鋼及平爐鋼	52
iii. 含炭量	53
iv. 含銅量	56
v. 和鉄同时存在的其它元素	57
c. 酸洗反应中其他因素的影响	58
1. 酸洗液的含鉄量	58
i. 对氧化鉄溶解速度的影响	58
ii. 金屬鉄的溶解速度	62
2. 含氫量	63
F. 总酸洗反应	63
a. 酸的濃度。酸洗液的溫度。含鉄量	63
G. 酸洗效果	66
a. 鋼基的选择性溶解度	66
b. 鉄鹽殘渣	67
c. 氫的吸收	72
1. 表面情况的影响	72
2. 鋼基情况的影响	76

3. 含氮量	77
4. 酸的种类, 浓度及温度对氮扩散的影响	78
5. 由于扩散氮所产生的破坏作用。因氮的重新逸出而引起 的干扰作用	83
6. 酸洗泡疤	84
7. 酸脆	85
d. 廢酸洗液中的含鉄量	86
1. 酸洗液的再生	86
2. 中和及处理	89

第三章 酸 洗 操 作

A. 原材料	91
B. 酸的选择	92
C. 酸洗液的准备	93
D. 酸的消耗	94
E. 酸洗液的控制	96
F. 特殊酸洗操作	97
a. 喷射酸洗法	97
b. 电解酸洗法	98
c. 光亮酸洗法	101
d. 氟氢酸酸洗	102
e. 在熔鹽中“酸”洗	103
f. 气体酸洗法	104
G. 酸洗車間	105
a. 酸洗槽	105
b. 酸洗車間用的材料	108
c. 加热設備	110
d. 酸洗机械	114
e. 酸气的排出	121
f. 酸液及廢酸液的輸送	123

第四章 熔 剂

A. 熔剂的特性及使用目的	124
B. 熔剂的作用	125
C. 熔剂的普通化学	125
D. 湿镀锌法中的熔剂	128
E. 干镀锌法中的熔剂	133
F. 熔剂的清洗作用	137
G. 原材料	140
H. 应用方法	141
I. 特殊情况	141
J. 熔剂的缺陷	141

第五章 镀锌理论

A. 锌层的生成过程	143
B 合金层的生成过程	144
a. 铁/锌平衡图	144
b. 铁/锌相的空间晶格	146
c. 铁/锌相的性质	150
C. 锌层的组织	151
a. 排列系统	151
b. 侵蚀的种类	153
c. 能量因素	163
d. 超音波	169
D 反应物的性质	169
a. 锌锅中锌	169
1. 铅	170
2. 铁	172
3. 镉	173
4. 铝	186
5. 锡	203

6. 銅	208
7. 銻	217
8. 其它合金成份	217
b. 鋼基	218
1. 表面状态	218
2. 鋼的应力	227
3. 化学成份	227
i. 含碳量	227
ii. 含矽量	239
iii. 含鈦量	253
iv. 含鉻量, 含錳量, 含鎳量	257
v. 含鋁量	259
vi. 含銅量	260
vii. 含氮量	260
viii. 含氧量	264
ix. 含硫量, 含磷量	265
x. 含氫量	266
xi. 各种鋼材	266
c. 純鋅層	269
1. 花紋 (鋅花)	274
E. 鋅層的性能	277
a. 厚度	277
b. 撓性及粘附性	277
F. 腐蝕	284
a. 概論	284
b. 热鍍鋅的保护性能	285
1. 对鉄和鋅的侵蝕	287
2. 保护膜の生成	289
c. 氫离子濃度与腐蝕的关系	292
d. 室外空气の腐蝕	294
1. 腐蝕产物的成份	306

2. 鋅層中的雜質	306
e. 室內空氣的腐蝕	310
1. 白銹	311
f. 和液體經常接觸的腐蝕	311
1. 水的腐蝕	312
2. 各種溶液	322
i. 食物	322
ii. 鋅層毒性	324
iii. 冷凍溶液	325
iv. 馬達用燃料油	326
v. 建築材料	327
vi. 鹽類溶液	328
3. 土壤的腐蝕	329
G. 鋼基的影響	331
1. 熱處理	331
2. 時效現象	334
3. 合金脆性	336
4. 腐蝕疲勞	337

第六章 鍍鋅操作

A. 鋅與廢鋅	339
a. 電解鋅與粗煉商品鋅	339
b. 再熔鋅	341
c. 鋅渣	343
d. 鋅灰	348
e. 氯化銨渣	353
B. 鍍鋅鍋	355
a. 鋅鍋	355
1. 容積	355
2. 形狀	356
3. 鍋壁厚度	356

4. 材料	359
b. 鋅鍋的加熱	360
1. 概論	360
2. 需要的熱量及熱量平衡	362
3. 焦炭加熱	366
4. 煤加熱	367
5. 粉煤加熱	371
6. 燃料油加熱	374
7. 煤氣加熱	374
8. 換熱式煤氣加熱	380
9. 電力加熱	382
10. 各種加熱方法的比較	384
11. 最新發展	384
c. 鋅泵	384
C. 鍍鋅方法	386
1. 薄板的鍍鋅	386
i. 鉛鋅鍍鋅法	386
ii. 干鍍鋅法	391
iii. 機械鍍鋅法	397
iv. 聖席瑪法	410
v. 鍍鋅退火法	415
vi. 房頂薄板, 瓦壠薄板	416
2. 鋼管的鍍鋅	417
3. 鋼絲的鍍鋅	421
i. 特殊鋼絲的鍍鋅法	427
4. 鋼絲網	430
5. 帶鋼	431
6. 空心鍍件等	431
7. 鋼制小件	434
8. 鑄鐵	437
9. 燒結鐵	439

10. 不鍍鋅	440
11. 鍍鋅物件的焊接	441
D. 熱鍍鋅鋅層的表面處理	442
1. 目的	442
2. 防護膜	444
E. 鋅層的檢查	448
1. 確定鍍鋅所採用的操作方法	448
2. 測定鋅層的厚度	450
3. 孔隙性試驗	457
4. 腐蝕試驗	458
5. 附着性及撓性	459
6. 鋅層的分級	460
參考文獻	461

附 註

除非特別註明為華氏表溫度（例如 115°F），本書中所有溫度均為攝氏表溫度，例如 115°C。

引 言

A. 热镀锌的历史

热镀锌是应用得最广泛的金属防锈保护方法，它是由较老的镀锡板方法发展而来，最先传入英国及法国，这二国在镀锡板生产上有较久的历史。

早在 1742 年法国化学家马罗英 (Malouin) 就应用锌来作热镀，他的操作直到今日在湿镀锌法及手工镀锌法中还保留着。克劳福 (Crawford) 在 1837 年的英国注册中就应用了氯化铵为熔剂，开始了热镀锌在英国的工业应用。1836 年 (比克劳福早一年) 索里耳 (Sorel) 在巴黎把它应用于工业生产。第一个德国的镀锌工厂是 1847 年在索林琴 (Solingen) 的哈脱可夫 (Hartkopf) 公司创立的。奥地利在 1851 年由韋尼华德 (Winiwarter) 及吉希姆 (Gersheim) 在维也纳附近的肯博司克钦 (Gumpoldskirchen) 创立了镀锌工业。以后美国在整个镀锌工业上逐渐赶上并且超过了上述国家，得到了很大进步，特别在工厂的发展方面进步更快。

B. 热镀锌的应用范围

热镀锌工业消耗了最多的锌块，至少在第一次世界大战前是这样，因为在此时期内锌块产量的增加就标志着热镀锌工业的发展。

全世界的用鋅量

年 份	吨	年 份	吨
1850	50,000	1910	820,000
1870	140,000	1929	1,440,000
1900	480,000	1938	1,487,200

鋅的主要用途列于表 1。

美国工業用鋅在鋅的总消耗中的分配百分比 表 1

用 途	1929	1938
	%	
热鍍鋅	46	47
黄 銅	29	24
鋅 板	11	11
鋅合金	6	11
鋅制油漆及其它用途	8	7

在美国，1929 及 1938 年热鍍鋅的用鋅量都佔到全部鋅耗的差不多一半。这里必須記住，在有色金屬的消耗中按重量計算鋅佔第三位，按体积計算鋅佔第二位。

1939 年美国金屬統計局統計全年用鋅 626,000 吨，其中 44% 用于鍍鋅。这一年鋅的分配如表 2 所列。

表 2

用 途	吨
鍍 鋅	275,000
黄 銅	175,000
压鋅鋅	84,000
鋅 板	62,000
其 它	30,000

275,000 吨的鋅用来鍍了 3,500,000 吨的鋼鐵。

这此鋼鐵的种类分配如表 3。

表 3

产 品	热 鍍 鋅 消 耗 %	被 鍍 的 鋼 鐵 吨	每吨产品 需要鋅塊 (磅)	产 品 上 鋅 量 %	上鋅量佔 全 部 的 %
板	54.8	1,655,543	178	83.2	7.4
管	15.6	490,201	175	68.1	6.0
綫	11.5	747,557	83	64.6	2.7
板制品	3.9	46,350	456	81.5	18.6
綫網	2.6	29,136	480	80.3	19.8
电綫桿	1.3	43,390	158	44.9	3.5
建筑鋼材	1.2	53,598	123	66.9	4.1
鑄品	0.6	15,606	207	47.6	4.9
其它	8.5	239,513	...	...	...

电鍍鋅只用了 5,000 吨,粉鍍鋅用了 500 吨。在全部鍍鋅範圍内热鍍鋅的重要性可以从它在所有鍍鋅操作中的鋅耗量来看出:

美国鋅的消耗分配

表 4

用 途	1937, 吨	1938, 吨	約佔 %
热鍍鋅	252,000	198,000	98
电鍍鋅	5,443	3,978	1.8
粉鍍鋅	701	264	0.14
噴鍍鋅	100	100	0.06

各种主要鍍鋅方法所用鋅的消耗在 1936—1938 年間的分配情况如表 5 所列,当时第二次世界大战还没有起到决定性的影响。

在美国鍍鋅薄板的总产量为:

1935	1,088,000吨
1936	1,357,000吨
1937	1,434,800吨

美国鋅的消耗分配

表 5
單位吨

鍍 件 类 別	1936	1937	1938
板	132,000	135,000	108,000
管	36,000	37,000	29,300
綫	30,000	33,000	23,600
綫網	6,000	7,000	5,600
建筑鋼材及容器类	38,000	40,000	31,000
总 計	242,000	252,000	197,500

由于二次大战，美国鍍鋅薄板減产很多：

1942 882,100吨

1943 746,600吨

1945 年联合王国的耗鋅量如表 6 所列。

表 6

用 途	吨
黃銅	106,500
一般热鍍鋅用	20,796
薄板热鍍鋅用	9,720
管子热鍍鋅用	6,743
綫材热鍍鋅用	10,777
热鍍鋅用总数	48,036
軋制鋅	24,121
氧化鋅	36,057
压鑄鋅合金	18,258
鋅粉	5,890
其它	11,471
各种用途总計	250,383
其中新熔煉鋅佔	
高級鋅	82,453
低級鋅	90,870
新熔煉鋅总数	173,323
杂鋅，包括回收鋅	77,060

1947 年供应部發表了每月鋅的消耗为:

用 途	吨
黄 銅	9,000
鍍 鋅 用	6,300
軋 制 鋅	2,200
氧 化 鋅	4,400
压鑄鋅合金	3,100
鋅 粉	400
其它用途	1,000

全世界 1947 年鋅的产量为:

国 別	吨
英 国	68,000
加 拿 大	159,000
澳大利亞	64,000
罗特西亞 (南非洲)	21,000
美 国	757,000
比 利 时	130,000
法 国	45,000
荷 蘭	9,000
挪 威	34,000
德 国	21,000
意 大 利	24,000
墨 西 哥	47,000
波 蘭	71,000
西 班 牙	20,000

有色金屬的产量，以短吨計（1 短吨 = 2000 磅）（部分系估計数值）

	1946	1947
鋅	1,426,000	1,615,000
鋁	827,000	1,328,000
銅	1,861,000	2,336,000

鉛	1,134,000	1,373,000
錫	97,000	124,000
鎳	108,000	130,000

有色金屬的消耗量，以短噸計（1 短噸=2000 磅）（部分系估計數值）

	1946	1947
鋅	1,456,000	1,544,000
鋁	無統計數	無統計數
銅	2,194,000	2,431,000
鉛	1,219,000	1,445,000
錫	116,000	132,000
鎳	無統計數	無統計數

第一章 鐵 鱗

A. 組織及成份

鋼在軋制或退火時表面起了氧化作用，因此在鍍鋅前鋼的表面就被鐵鱗所蓋住，這層鐵鱗是因金屬鐵受到空氣氧化作用的產物。根據空氣的成份以及周圍的情況對於氧化有利或阻礙，鐵鱗的質與量都會有很大的差別。按照鐵鱗的來源區分，有爐內鐵鱗，軋鋼鐵鱗及退火鐵鱗。在這些不同的空氣中氧化劑的分壓力的大小有所不同，溫度及受熱時間也是不同的。上面這些因素在變動時鐵鱗的組織及成份也就隨之變動，因為爐內鐵鱗在以後的加工過程中都被除掉，鍍鋅前的酸洗主要是洗掉軋鋼及退火鐵鱗。軋鋼鐵鱗比退火鐵鱗更容易被洗淨。在冗長的退火過程中鐵鱗和鋼中其它元素的氧化物起反應，使鐵鱗的化學成份及組織都起了變化，因而退火鐵鱗比軋鋼鐵鱗的酸洗要來得困難。

估鍍鋅產品多数的薄板，其趨向是愈來愈多地用冷軋產品而少用熱軋產品。實際上冷軋薄板的鐵鱗是幾乎沒有的，因此鐵鱗的去除就不成問題，尤其在很多薄板的退火時都使用特殊操作以阻止鐵鱗層的生成，或者去除鐵鱗是鍍鋅操作中的一部份。

鐵鱗是在有固體的氧化鐵生成時產生的，氧化鐵是擴散的產物。圖 1 是氧化鐵的相圖及氧化鐵的金相組織，它是研究鐵的氧化情況的最好指導。此圖也顯示了各氧化層的含氧量及組織情況。應當注意下面各層組織的比例關係：圖 1 中的鐵鱗是