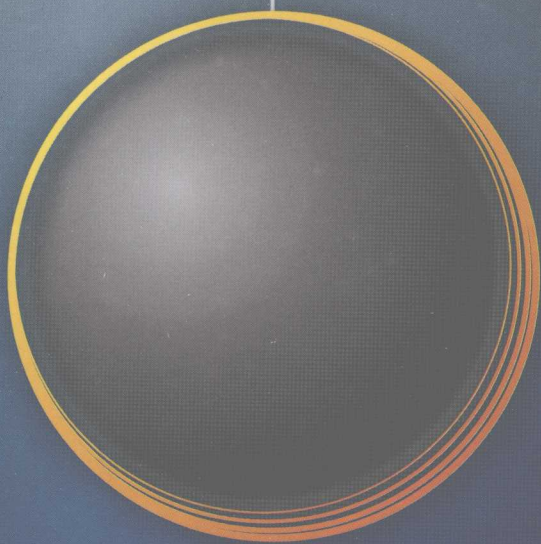


电镀工程手册

曾华梁 倪百祥 编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



电镀工程手册

曾华梁 倪百祥 编



机械工业出版社

本手册是一本从电镀工艺人员的角度介绍有关电镀设备和电镀工程的技术书籍。主要内容包括：电镀项目的工艺设计，电镀工艺选择，机械前处理设备，槽子，溶液的加热、冷却、搅拌、恒温控制及过滤，滚镀与振动镀设备、整流器和直流线，阴阳极与导电，抽风、送风和废气处理，干燥和除氢设备；电镀参数的自动控制，直线式电镀自动线，环形自动线，线（带）电镀线和水平电镀线，专用电镀线，专用辅助设备，给水、排水、供气和回水，电镀厂的防腐，电镀废水处理。书中的许多图都来自生产蓝图，实用性强。

本手册可供电镀业主、电镀技术人员和技工在新建电镀厂点、改造现有设备和采购新设备时参考。

图书在版编目（CIP）数据

电镀工程手册/曾华梁，倪百祥编. —北京：机械工业出版社，2009.8

ISBN 978 - 7 - 111 - 27595 - 4

I. 电… II. ①曾…②倪… III. 电镀 - 工艺学 - 手册
IV. TQ153 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2009）第 116471 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）
责任编辑：张秀恩 版式设计：霍永明 责任校对：吴美英
封面设计：姚毅 责任印制：乔宇
北京京丰印刷厂印刷
2010 年 1 月第 1 版 · 第 1 次印刷
184mm × 260mm · 37.75 印张 · 3 插页 · 936 千字
0 001—3 000 册
标准书号：ISBN 978 - 7 - 111 - 27595 - 4
定价：79.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：（010）88361066

门户网：<http://www.cmpbook.com>

销售一部：（010）68326294

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售二部：（010）88379649

读者服务部：（010）68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着我国制造业的不断发展,电镀这个制造产业链中不可缺少的环节,涌现出许多新工艺、新设备。与此同时,也出版了不少电镀工艺的图书,但对电镀设备很少介绍,而设备的不配套严重影响了电镀新工艺的实现。本书从电镀工艺人员的角度介绍有关电镀设备和电镀工程方面的技术。主要内容包括电镀工艺设计,电镀工艺选择,机械前处理设备,槽子,溶液的加热、冷却、搅拌、恒温控制及过滤,滚镀与振动电镀设备,整流器和直流线,阴阳极与导电,抽风、通风和废气处理,干燥和除氢设备,电镀参数的自动控制,直线式电镀自动线,环形自动线,线(带)材电镀线和水平电镀线,专用电镀线,专用辅助设备,给水、排水、供气 and 回水,电镀厂的防腐,电镀废水处理。书中的许多图都来自生产蓝图,实用性强。

本书第2章由倪百祥同志编写,其余各章由曾华梁编写。

本书编写过程中得到北京绿柱石电镀设备有限公司大力支持,敝开该公司电子图库供选用,崔刚、付海旺、刘静同志在图片录入时做了大量工作,在此表示衷心感谢。

在此也向提供资料的有关单位和同仁、引用著述的作者表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,本书疏漏、肤浅和错误之处难免,请读者不吝指教。

目 录

前言	2.2.1 概述	41
第1章 电镀项目的工艺设计	2.2.2 氯化钾镀锌	42
1.1 生产任务的确定	2.2.3 氰化物镀锌	45
1.2 镀种、电镀方法的选定	2.2.4 碱性锌酸盐镀锌	47
1.3 镀槽尺寸和数量的确定	2.2.5 硫酸盐镀锌	49
1.3.1 根据镀件选镀槽尺寸和数量	2.2.6 氯化铵镀锌	51
1.3.2 根据电镀面积选镀槽尺寸和数量	2.2.7 镀锌层的钝化	53
1.3.3 选滚镀槽尺寸和数量	2.2.8 镀锌层的染色	62
1.4 辅槽尺寸和数量的确定	2.2.9 钝化膜的封闭处理	63
1.4.1 写出工艺流程	2.2.10 不良镀层的退除	63
1.4.2 手工线辅槽尺寸和数量的确定	2.3 镀铜	64
1.4.3 自动线辅槽尺寸和数量的确定	2.3.1 概述	64
1.5 制订工艺配置表	2.3.2 氰化物镀铜	65
1.6 电镀厂房的平面布置	2.3.3 酸性硫酸盐光亮镀铜	68
1.6.1 槽子的排布	2.3.4 焦磷酸盐镀铜	70
1.6.2 接口设备的安排	2.3.5 其他无氰镀铜	72
1.6.3 管路的安排	2.3.6 铜层的钝化	74
1.6.4 抽风的安排	2.3.7 铜层退镀	75
1.6.5 电线的安排	2.4 镀镍	76
1.7 配套厂房的规划	2.4.1 概述	76
1.8 能源的框算	2.4.2 镀暗镍	78
1.8.1 用电量的统计	2.4.3 半光亮镀镍	80
1.8.2 蒸汽的用量	2.4.4 高硫镍	81
1.8.3 压缩空气的用量	2.4.5 全光亮镀镍	82
1.9 给排水的框算	2.4.6 高应力镀镍	86
1.10 通风	2.4.7 镍封	86
1.11 废水和废气处理的规划	2.4.8 镀珍珠镍	88
1.12 相关的手续	2.4.9 镀黑镍	89
第2章 电镀工艺选择	2.4.10 枪黑色电镀镍	91
2.1 镀前处理	2.4.11 中性镀镍	92
2.1.1 概述	2.4.12 电铸镍	93
2.1.2 脱脂	2.4.13 不良镍层的退除	94
2.1.3 浸蚀	2.5 镀铬	95
2.1.4 化学抛光和电解抛光	2.5.1 概述	95
2.1.5 工序间防锈	2.5.2 装饰性镀铬	100
2.2 镀锌	2.5.3 功能性镀铬	104
	2.5.4 不良铬层的退除	107

2.5.5 代铬镀层	108	2.11.3 氯化物镀铁	154
2.6 镀锡	109	2.11.4 混盐镀铁	155
2.6.1 概述	109	2.11.5 氟硼酸盐镀铁	155
2.6.2 酸性硫酸盐镀锡	111	2.11.6 其他镀液	156
2.6.3 氟硼酸盐镀锡	112	2.11.7 镀铁前表面预处理	156
2.6.4 氯化物镀锡	113	2.12 合金电镀	157
2.6.5 其他酸性镀锡	114	2.12.1 概述	157
2.6.6 碱性镀锡	114	2.12.2 铜基合金电镀	158
2.6.7 镀锡层的保护	116	2.12.3 锡基和铅基合金电镀	165
2.6.8 浸镀锡	117	2.12.4 锌合金电镀	174
2.6.9 退镀	118	2.12.5 镍合金电镀	186
2.7 镀金	118	2.13 铝氧化	190
2.7.1 概述	118	2.13.1 概述	190
2.7.2 氰化物镀金	119	2.13.2 化学氧化	191
2.7.3 酸性氰化物镀金	120	2.13.3 电化学氧化(阳极氧化)	193
2.7.4 亚硫酸盐镀金	121	2.13.4 氧化膜着色	199
2.7.5 中性镀金	122	2.13.5 氧化膜的封闭	202
2.7.6 不合格金属的退除	122	2.13.6 不合格氧化膜的退除	203
2.7.7 金的回收	123	2.14 铁的氧化和磷化	204
2.7.8 金基合金电镀	123	2.14.1 概述	204
2.8 镀银	128	2.14.2 钢铁的氧化工艺	206
2.8.1 概述	128	2.14.3 钢铁的磷化工艺	208
2.8.2 预镀准备	130	2.14.4 磷化和氧化的后处理	214
2.8.3 氰化物镀银	131	2.14.5 不合格膜层的退除	214
2.8.4 低氰化物镀银	133	2.15 化学镀	214
2.8.5 无氰镀银	134	2.15.1 概述	214
2.8.6 镀银防变色处理	134	2.15.2 化学镀镍	216
2.8.7 银层退镀	137	2.15.3 化学镀铜	221
2.8.8 银合金电镀	138	2.15.4 化学镀金	223
2.9 电镀其他贵金属	140	2.15.5 化学镀银	225
2.9.1 镀铂	140	2.15.6 化学镀锡和锡铅合金	226
2.9.2 镀铑	142	2.15.7 化学镀钴	227
2.9.3 镀钯及钯合金	144	2.15.8 化学镀钼	229
2.9.4 镀钢	147	2.15.9 化学复合镀	229
2.9.5 不良镀层的退除及回收	148	2.16 塑料电镀	230
2.10 镀铅	149	2.16.1 概述	230
2.10.1 概述	149	2.16.2 ABS 塑料电镀	231
2.10.2 酸性镀铅	150	2.16.3 其他塑料电镀	235
2.10.3 碱性镀铅	151	2.16.4 塑料电镀新技术	238
2.10.4 不合格镀层的退除	152	2.17 锌铝压铸件电镀	240
2.11 镀铁	153	2.17.1 锌铝件镀前准备	240
2.11.1 概述	153	2.17.2 压铸件电镀工艺流程	240
2.11.2 硫酸亚铁盐镀铁	154	2.17.3 电镀工序及工艺规范	240

2.18 难镀金属(非金属)的镀前表面预处理	243	6.5 用换热器冷却	307
2.18.1 不锈钢镀前表面预处理	243	6.6 冷水机、冷冻机	309
2.18.2 铝及铝合金的镀前表面预处理	245	第7章 溶液的搅拌和恒温控制	312
2.18.3 玻璃上电镀前表面预处理	247	7.1 溶液的搅拌	312
2.18.4 陶瓷表面预处理	248	7.1.1 压缩空气搅拌	312
第3章 机械前处理设备	249	7.1.2 泵搅拌	313
3.1 喷砂和喷丸	249	7.1.3 阴极移动	314
3.2 磨光机和抛光机	254	7.1.4 其他搅拌方式	319
3.3 成批光饰	259	7.2 恒温控制	319
3.3.1 普通滚光	261	7.2.1 电加热时的恒温控制	319
3.3.2 振动光饰	263	7.2.2 蒸汽加热时的恒温控制	320
3.3.3 涡流式研磨机	264	7.2.3 温度传感器	320
3.3.4 离心滚光	265	7.2.4 恒温控制时的调整	321
第4章 槽子	266	7.2.5 如何提高恒温控制的精度	321
4.1 槽子的制作和加固方式	266	第8章 溶液的过滤	322
4.1.1 用单一材料做主体的槽子	266	8.1 连续过滤和定期过滤	322
4.1.2 衬里槽	267	8.2 过滤泵	322
4.1.3 槽子的加固	268	8.3 过滤机流量的选择	324
4.2 槽子材料的选择	272	8.4 过滤介质	325
4.3 镀槽的设计	285	8.5 几种具体情况下的过滤	326
4.4 水槽的设计	287	8.6 连续过滤管的配置	329
4.5 镀铬槽和粗化槽	289	第9章 滚镀设备和振动镀设备	330
4.6 磷化槽	291	9.1 滚镀设备	330
4.7 钢铁件氧化槽	292	9.1.1 卧式滚筒	330
4.8 氧化槽	292	9.1.2 滚筒孔板的开孔	330
4.9 化学镀镍槽	292	9.1.3 滚筒孔板的防贴片措施	332
4.10 化学镀铜槽	293	9.1.4 滚筒门的做法	333
4.11 脱脂槽	294	9.1.5 滚筒的阴极导电装置	337
4.12 酸洗槽和化学抛光槽	294	9.1.6 滚筒的传动方式	338
4.13 电泳槽	294	9.1.7 滚筒的转速	340
第5章 溶液的加热	297	9.1.8 溶液的强制循环式滚筒	340
5.1 加热所需要的热量	297	9.1.9 几种滚镀设备	341
5.2 电加热	297	9.1.10 滚镀设备与滚镀参数	343
5.3 蒸汽和热水加热	298	9.2 振动镀设备	345
5.4 太阳能辅助加热	305	第10章 整流器和直流线	347
第6章 溶液的冷却	306	10.1 晶闸管整流器	347
6.1 冷却方式	306	10.2 高频开关电源	348
6.2 冷量计算	306	10.3 脉冲电源	349
6.3 冷却管换热面积的计算	307	10.4 铝氧化、着色电源和镀铁电源	350
6.4 冷却管长度的计算	307	10.5 电泳漆电源	351
		10.6 刷镀电源	351
		10.7 变压器的应用	351

10.8 整流器的控制	351	16.2 液位控制	423
10.9 直流线	352	16.3 pH 控制	425
10.10 整流器的放置	353	16.4 添加剂的自动添加	429
第 11 章 阴阳极和导电	354	16.5 电流的自动控制	431
11.1 阴阳极杠	354	16.6 电导率的自动控制	433
11.2 阳极篮	355	16.7 溶液的自动控制	433
11.3 阴阳极的导电	357	第 17 章 直线式电镀自动线	438
11.4 不溶性阳极	360	17.1 机架	438
11.5 阴阳极的配置和屏蔽	362	17.2 行车	442
第 12 章 排风、送风和废气处理	367	17.2.1 悬臂式行车	442
12.1 排风方法的选择	367	17.2.2 龙门式行车	445
12.2 槽子排风量的估算	367	17.2.3 悬挂式行车	445
12.3 槽侧排风罩	369	17.2.4 带接液盘的行车	448
12.4 排风柜	373	17.2.5 双钩行车	448
12.5 风道和风机	375	17.2.6 扩展式行车	451
12.6 送风	379	17.2.7 带机械手的行车	454
12.7 废气处理	379	17.3 行车的速度控制和定位	455
第 13 章 水洗和节水	386	17.3.1 行车的速度控制	455
13.1 清洗的要求	386	17.3.2 行车的定位	456
13.2 清洗用水	387	17.3.3 伺服电动机法	456
13.3 进水的处理	389	17.4 行车数量的确定	456
13.4 清洗效率和提高清洗效率的 方法	392	17.5 确定飞巴数	461
13.5 回收	393	17.6 确定需要的工位数	462
13.6 逆流漂洗和间歇逆流漂洗	393	17.7 截面图	462
13.7 喷淋清洗	396	17.8 平面图	465
13.8 高位水洗	397	17.9 设备规格表	467
13.9 节水	397	17.10 相关附件	468
第 14 章 挂具	399	17.11 自动控制	470
14.1 挂具的重要性	399	17.12 DMS 系统	471
14.2 挂具材料的选择	399	17.13 直线式滚镀自动线	476
14.3 挂具的结构	400	第 18 章 环形自动线	477
14.4 挂具的设计	402	18.1 环形自动线的工艺设计	477
14.5 挂具的绝缘	403	18.2 垂直升降式环形自动线	479
14.6 挂具示例	403	18.3 摆动升降式环形自动线	485
第 15 章 干燥设备和除氢设备	410	18.4 用于滚镀的环形自动线	487
15.1 离心甩干机	410	18.5 环形电镀自动线的注意事项	488
15.2 干燥槽	412	第 19 章 线(带)材电镀线和 水平电镀线	490
15.3 隧道式烘箱	415	19.1 钢带热镀锌生产线	490
15.4 烘箱和除氢设备	419	19.2 带材电镀锌和电镀锡生产线	494
第 16 章 电镀参数的自动控制	421	19.3 电子工业中的带材电镀线	497
16.1 温度的自动控制	421	19.4 线材电镀	500

19.5	引线框架高速镀锡线	502
19.6	印制板的水平电镀线	504
19.7	印制板插头镀金机	505

第20章 专用电镀线

20.1	减振器杆电镀线	506
20.2	轴瓦电镀线	514
20.3	活塞环电镀线	519
20.4	塑料电镀线	519

第21章 专用辅助设备

21.1	高锰酸钾再生装置	530
21.2	三价格处理机	531
21.3	弱电解装置	531
21.4	活性炭处理罐	532
21.5	挂具旋转装置	533
21.6	浮置挡板	533
21.7	滚镀线的自动上下料装置	534

第22章 给水、排水、供气 and

	回水	536
22.1	给水	536
22.1.1	水质	536
22.1.2	水压和水温	544
22.1.3	水量	544
22.1.4	管道	547
22.2	排水	549
22.2.1	排水量	549
22.2.2	分水	549
22.2.3	排水方式	550
22.3	供气和回水	554

第23章 电镀厂房的防腐

23.1	需要给厂房设计部门提供什么信息	558
23.2	电镀厂房的防腐	558
23.2.1	建筑物腐蚀的分类和评定	558
23.2.2	建筑腐蚀的数据	559
23.2.3	建筑物的防腐	563

第24章 电镀废水处理

24.1	电镀废水中的污染物	577
24.2	各种电镀废水处理方法的优缺点	579
24.3	电镀废水处理的常用方法	580
24.3.1	含氰废水的处理	580
24.3.2	含铬废水的处理	582
24.3.3	重金属废水的处理	585
24.3.4	电镀工厂化学法处理废水的一般流程	587
24.3.5	沉降池	590
24.3.6	离子交换法回收硫酸镍和水	590
24.3.7	离子交换法回收酸性铜清洗水	591
24.3.8	用反渗透法回收硫酸盐镀镍后清洗水、酸性镀铜后清洗水	591
24.3.9	反渗透法回收化学法处理后的水	592

参考文献

1	电镀废水排放标准	594
2	电镀废水排放标准	594
3	电镀废水排放标准	594
4	电镀废水排放标准	594
5	电镀废水排放标准	594
6	电镀废水排放标准	594
7	电镀废水排放标准	594
8	电镀废水排放标准	594
9	电镀废水排放标准	594
10	电镀废水排放标准	594
11	电镀废水排放标准	594
12	电镀废水排放标准	594
13	电镀废水排放标准	594
14	电镀废水排放标准	594
15	电镀废水排放标准	594
16	电镀废水排放标准	594
17	电镀废水排放标准	594
18	电镀废水排放标准	594
19	电镀废水排放标准	594
20	电镀废水排放标准	594
21	电镀废水排放标准	594
22	电镀废水排放标准	594
23	电镀废水排放标准	594
24	电镀废水排放标准	594
25	电镀废水排放标准	594
26	电镀废水排放标准	594
27	电镀废水排放标准	594
28	电镀废水排放标准	594
29	电镀废水排放标准	594
30	电镀废水排放标准	594
31	电镀废水排放标准	594
32	电镀废水排放标准	594
33	电镀废水排放标准	594
34	电镀废水排放标准	594
35	电镀废水排放标准	594
36	电镀废水排放标准	594
37	电镀废水排放标准	594
38	电镀废水排放标准	594
39	电镀废水排放标准	594
40	电镀废水排放标准	594
41	电镀废水排放标准	594
42	电镀废水排放标准	594
43	电镀废水排放标准	594
44	电镀废水排放标准	594
45	电镀废水排放标准	594
46	电镀废水排放标准	594
47	电镀废水排放标准	594
48	电镀废水排放标准	594
49	电镀废水排放标准	594
50	电镀废水排放标准	594
51	电镀废水排放标准	594
52	电镀废水排放标准	594
53	电镀废水排放标准	594
54	电镀废水排放标准	594
55	电镀废水排放标准	594
56	电镀废水排放标准	594
57	电镀废水排放标准	594
58	电镀废水排放标准	594
59	电镀废水排放标准	594
60	电镀废水排放标准	594
61	电镀废水排放标准	594
62	电镀废水排放标准	594
63	电镀废水排放标准	594
64	电镀废水排放标准	594
65	电镀废水排放标准	594
66	电镀废水排放标准	594
67	电镀废水排放标准	594
68	电镀废水排放标准	594
69	电镀废水排放标准	594
70	电镀废水排放标准	594
71	电镀废水排放标准	594
72	电镀废水排放标准	594
73	电镀废水排放标准	594
74	电镀废水排放标准	594
75	电镀废水排放标准	594
76	电镀废水排放标准	594
77	电镀废水排放标准	594
78	电镀废水排放标准	594
79	电镀废水排放标准	594
80	电镀废水排放标准	594
81	电镀废水排放标准	594
82	电镀废水排放标准	594
83	电镀废水排放标准	594
84	电镀废水排放标准	594
85	电镀废水排放标准	594
86	电镀废水排放标准	594
87	电镀废水排放标准	594
88	电镀废水排放标准	594
89	电镀废水排放标准	594
90	电镀废水排放标准	594
91	电镀废水排放标准	594
92	电镀废水排放标准	594
93	电镀废水排放标准	594
94	电镀废水排放标准	594
95	电镀废水排放标准	594
96	电镀废水排放标准	594
97	电镀废水排放标准	594
98	电镀废水排放标准	594
99	电镀废水排放标准	594
100	电镀废水排放标准	594

第1章 电镀项目的工艺设计

1.1 生产任务的确定

在确定一个电镀项目的规模和具体内容之前，首先要确定它为完成什么样的生产任务而建设。有时这一点十分明确，比如，一个车间因完不成生产任务而扩建。有时这一点比较模糊，比如，要建一个电镀厂为某个地区或某些工厂服务。但是，即使目标比较模糊，也要通过项目的工艺设计，使它逐步清晰起来。

先从最明确的情况说起，即对每一个镀种、每一种电镀零件的数量都清楚，而且都有图样。这时，首先要把零件分为挂镀和滚镀两类（其他方式，如带材镀、振动镀等这里不讨论）。

1. 挂镀

挂镀零件统计表见表1-1。

表1-1 挂镀零件统计表

镀种		零件情况												备注
序号	名称	图号	材质	尺寸/mm	质量/kg	表面积/dm ²	镀层厚度/μm	电镀需时/min	后处理	零件数量	总质量/kg	总表面积/dm ²	总挂具数	

在填写表1-1时，填写“电镀需时”和“总挂具数”要做一些工作。要知道电镀需时，需要知道用哪种镀液。以镀锌为例，得到同样厚度的镀层，用钾盐镀锌或是碱性镀锌，需时有较大差别。还需要估计可能采用的电流密度，得到同样厚度的镀层，采用不同的电流密度，需时当然不同。镀多镀层时，要分别列出电镀每一镀层的厚度和电镀需时。

要知道总挂具数，要设想挂具的尺寸，零件的间隔。这种设想有一定难度，但设想总比不设想好。

表1-1中“后处理”一项，指的是镀锌后的钝化种类、镀后的去氢、磷化后的浸油等。

表1-1中的“电镀需时”、“总挂具数”等可以放到工作的后期来做。

2. 滚镀

滚镀零件统计表见表1-2。

表 1-2 滚镀零件统计表

镀种		零件情况													备注
序号	名称	图号	材质	尺寸 /mm	质量 /kg	表面积 /dm ²	镀层 厚度 /μm	电镀 需时 /min	零件 数量	总质量 /kg	总表 面积 /dm ²	总堆积 体积 /dm ²	总滚 筒数		

对于滚镀，“总堆积体积”是很重要的。因为滚筒一般只能装载 30% ~ 50% 体积的零件。只用电镀面积或零件质量来衡量零件的多少是不够的，往往有大的偏差。知道总堆积体积不太容易，用实物测量是最好的方法，与已有的滚镀设备类比也是一种好的选择。

对于不太明确的情况，不得不采用估计和推算的方法。这时不要忘记“二八法则”。要抓住占电镀表面积 80%、电镀重量 80%、电镀产值 80% 的零件。同时，类比和推算也是常用的方法。如果，连主要的镀件是什么、有多少，大致产值多大，可用于哪些产品类比都不知道，说明需要进一步调查，还不到决策的时候。知道了一些情况，就可以做一些推算，比如，知道了电镀产值，由当时当地的电镀价格可以推算出镀件总表面积或总质量，反之也一样。由于情况的不明确和不确定，类比和推算是不可避免的。有时为了提高工作效率，统计工作只包括主要的 80%，其余的列为“其他”，只是估算而已。

做好了一个镀种的统计，推广到其他镀种就不困难了。对于所有的镀种统计完成后，就可以制作生产纲领表（表 1-3）。

表 1-3 生产纲领表

滚镀或挂镀	序号	镀种	表面积 dm ²	质量 /kg	镀层厚度 /μm	最大件尺寸 /mm	最大件质量 /kg	估计产值 /元	备注
挂镀	1	镀锌							
	2	镀镍							
	3	...							
滚镀	1	镀锌							
	2	镀镍							
	3	...							

1.2 镀种、电镀方法的选定

只有当客户没有指定镀种的情况下才需要选定镀种。例如，防护性电镀时，如果客户只提出了抗蚀性要求，就需要在锌、锌合金、镉、镉合金之间进行选择。又如，防护装饰性多层镀时，需要进行镀层组合和厚度系列的选择。如果客户提供的只是样件和要求，这时确定镀种或镀层组合、确定镀层厚度是首先要做的事情。

选定了镀种之后,还要选定镀液类型和溶液的来源。

这两件事都需要经验,无法在这里叙述清楚。只能提供以下思路供参考。

- 1) 向几个溶液供货商咨询。一般说来,溶液供货商有更多的经验,接触过更多的客户和产品。向几个而不是一个溶液供货商咨询,是为了在比较中学习。
- 2) 尽可能选择一个相近的实例,最好能亲眼一见。
- 3) 反复思考所选的镀种或镀层组合、确定的镀层厚度是否真能满足客户的要求。
- 4) 在确认能满足要求的前提下,尽可能选用自己用过的或自己比较熟悉的东西。
- 5) 在环境保护方面确实不违规。尽可能选用对环境保护更有利的镀种和工艺。
- 6) 和设备供货商商量,并邀请溶液供货商和设备供货商一起商谈。
- 7) 思考在工艺维护、材料供应和生产成本方面是否可行。

关于镀种和镀液的选择,将在第2章“电镀工艺选择”中介绍。不过,它并不能直接回答如何选择电镀溶液的问题,但从中一定可以得到启发。

至于电镀方法的选择,相对比较简单。因为,常用的只有两种方法,即挂镀和滚镀。显然,大的零件不能滚镀。但像喇叭盆大小的零件却是既能挂镀又能滚镀的,挂镀时质量更好,滚镀时效率更高。挂镀、滚镀的设备投资差别很大。有的平片形零件因为叠片而难以滚镀,但是在掺入钢珠或玻璃珠后可以滚镀。滚镀容易使镀件变形,而在零件变形影响使用的情况下,可以考虑振动镀。线材、接插件采用线材镀的方法更合理。化学镀、氧化、磷化小零件时可以用筐篮、甚至用细网包起来处理,电泳时零件的装挂密度比电镀时大很多。

因此,电镀方法的选择,对于产量计算、设备选型、投资估算影响甚大,仔细考虑、多方咨询是十分必要的。

1.3 镀槽尺寸和数量的确定

1.3.1 根据镀件选镀槽尺寸和数量

采用挂镀时,在确定镀槽尺寸之前,先要确定装挂方法。零件是竖挂还是横挂、是一面挂还是两面挂,每槽装挂的数量都不同。另外,挂具的大小和长短影响电镀的质量及使用是否方便。有时零件紧挨着镀层厚度更均匀;有时零件必须有一定的间隔才能镀上。在确定槽子尺寸前,最好先确定装挂方法和挂具大小。当然,每种情况下可以有几种选择,都摆出来比较,听一听操作人员的意见很有帮助。

在确定了挂具尺寸之后,如果每槽只挂一个挂具,槽子的尺寸就容易确定了。一般说来,挂具的底部距槽底15~20cm,最上排零件距液面2~10cm,液面距槽口10~20cm(零件进入时溶液体积增大越显著,这一距离应越大)。至于挂具两侧距槽壁,手工槽可以小到5cm,自动线一般要15cm。

但是多数情况下,每槽不止挂一个挂具,还需要确定每槽的挂具数。这时,需要知道全年要镀的零件数 A 、每只挂具装挂的零件数 B 、每年的工作日数 C 、每天的工作时数 D 。这时,每小时应镀挂具数

$$G = A / [B \times C \times (D - 2)]$$

式中, $(D - 2)$ 表示每天有2h为生产准备和结束时间,在这2h中不电镀零件。

知道了每小时应镀挂具数 G ，再知道、零件需要的电镀时间 E （以 h 为单位），就有了一组选择：

只用一个镀槽时，每槽需挂挂具数 $= G \times E$ 。

使用 N 个镀槽时，每槽需挂挂具数 $= G \times E/N$ 。

在使用自动线时， $E/N =$ 周期时间（h）。

另一个要确定的是镀槽宽度。首先要确定零件装挂后挂具的厚度 t ，零件到阳极表面的距离 s 一般在 15 ~ 25cm，阳极篮的厚度 b ，阳极篮靠槽壁一边离槽壁的距离 l ，为加热器留的距离 δ ，然后：

镀槽宽度 $= t + 2s + 2b + 2l + \delta$ 。

对于镀贵金属，为了减少溶液的体积，零件到阳极表面的距离 s 会在 10cm 以下。阳极篮的厚度 b 一般在 5cm 左右。阳极篮靠槽壁一边离槽壁的距离 l 一般在 5cm 左右。

以上讲的是一种零件或几种零件共享同一种挂具的情况。如果有多种零件，使用几种挂具。只要确定一种最常用的挂具，把别的挂具折算成最常用的挂具即可。比如，最常用的挂具宽 50cm，另一种挂具宽 80cm，则一个这种挂具折算成最常用的挂具为 1.6 个。折算之后，即可看成一种挂具，进行推算。

在确定镀槽尺寸时，以下几点应考虑在内：

- 1) 由镀槽深度决定的生产线高度，在车间内能否放得下。
- 2) 由镀槽长度决定的生产线宽度，在车间内能否放得下。
- 3) 由镀槽宽度决定的生产线长度，在车间内能否放得下。
- 4) 使用电流密度大的槽子，不要使体积电流密度过大。
- 5) 尺寸过大的镀槽制作上会有困难。
- 6) 尺寸过大的镀槽在溶液处理上会有困难。
- 7) 尺寸过大的镀槽运输时会有困难。

当然，生产线的尺寸，不完全决定于镀槽尺寸，但镀槽的尺寸和数量对生产线的尺寸有重要影响。

1.3.2 根据电镀面积选镀槽尺寸和数量

如果不知道镀件的具体情况，只知道要电镀的表面积。可以用下法推算。设年电镀总面积 S ，每小时需要电镀的表面积 F ，每年的工作日数为 C 、每天的工作时数为 D ，则：

$$F = S/[C \times (D - 2)]$$

式中， $(D - 2)$ 表示每天有 2h 生产准备和结束时间，在这 2h 中不电镀零件。

知道了每小时应镀面积，再知道、零件需要的电镀时间 E （以 h 为单位），就有了一组选择：

只用一个镀槽时，每槽需电镀面积 $= F \times E$ ，

使用 N 个镀槽时，每槽需电镀面积 $= F \times E/N$ ，

在使用自动线时， $E/N =$ 周期时间（h）。

这时，需要把每槽需电镀面积转化为每槽电镀窗的面积。这里说的电镀窗的面积是指：

电镀窗的面积 = 可以装挂零件的槽深 $\times$ 可以装挂零件的槽宽

众所周知， 1m^2 电镀窗可装挂的电镀面积并不一定是 1m^2 ，而是 $n\text{m}^2$ 。而系数 n 随镀件

变化,大致应在0.5~2.0之间。评估系数 n 时,最好用最典型的零件,如果情况不清楚,则可选 $n=1$ 。

选定系数 n 之后,每槽需电镀面积就很容易转化为每槽电镀窗的面积。然后,就可以用前面叙述过的方法确定镀槽尺寸。

1.3.3 选滚镀槽尺寸和数量

滚镀时镀槽的尺寸取决于滚筒的尺寸,在多数情况下每个电镀工位放1个或2个滚筒。双联滚筒可以上下放,也可以并排放。

滚筒的尺寸受到很多的限制,一般滚筒装载量以千克来表示,可选择的范围在1~200kg之间。

有的零件由于怕磕伤、怕变形,或由于同样的零件批量太小,只能用小滚筒。对于无上述限制又批量大的零件,滚筒装载量可以在30~200kg之间选择。这时,往往选几种装载量的滚筒,进行产量计算,看是否与要求相近。每小时产量计算如下。

$$\text{每小时产量} = \text{滚筒装载量(kg)} \times \text{每小时出活滚筒数}$$

显然,过大的装载量和过多的筒数都不可取。往往只有几组选择。

确定了滚筒装载量 m 之后,确定滚筒的尺寸要用到堆积体积的概念,即每kg零件堆积时的体积 V 。这时,

$$\text{滚筒体积} = m \times V / (30\% \sim 50\%)$$

式中,30%~50%表示滚筒一般只能装到30%~50%体积。由于滚镀零件的多样性,超出30%~50%的情况也是有的。

六角滚筒的体积可以按如下方法估算:

$$\text{六角滚筒的体积} = 3.14 \times \text{内切圆半径}^2 \times \text{滚筒长}$$

这样对同一个滚筒体积可以有几种选择,选细长的或短粗的。当然,参照设备供货商的现有规格也有帮助。

如果滚镀时零件中掺有钢珠、玻璃珠时,它们的体积也要考虑在内。

有了滚筒的尺寸后,单滚筒镀槽的尺寸不难确定。除了小的滚筒,滚镀时液位距槽口应在20cm左右,滚筒下部距槽底应在30cm左右,滚筒架两端板距槽壁10cm以上,滚筒的两侧距阳极10~20cm。

多个滚筒可以做成联槽,也可以做成单槽,尺寸也不难算出。

以上只是估算镀槽尺寸和镀槽数的方法入门,不可能解决所有的问题。同时,不要忘了留有余地,即在估算的基础上,使设备利用率在75%~90%之间。尤其是每天24h连续用的设备,这一点尤为重要。

1.4 辅槽尺寸和数量的确定

1.4.1 写出工艺流程

写出工艺流程,包括所有工艺步骤、所有水洗、每一步的温度和时间。

1.4.2 手工线辅槽尺寸和数量的确定

手工线槽子一般高度相同。

在确定了镀槽尺寸之后,辅槽的尺寸不难确定。其确定原则是在相同时间内辅槽要能处理镀槽一样多的零件。比如,每10min出一个镀槽的5个挂具,辅槽也要每10min能处理5个挂具。如果处理能力不相同,一定使辅槽的处理能力更大一些。要记住,化学脱脂槽等处理的挂具可以挂在不止一根极杠上。

同时,确定化学镀的槽子尺寸时,要考虑单位体积负载,即每升溶液电镀的零件表面积(dm^2)不能过大,过大溶液容易分解,也不能过小,过小溶液活性不足。对此最好咨询溶液供货商。

至于水槽尺寸,往往每次能处理1个挂具即可。当然,水槽也要能处理尺寸最大的零件。

1.4.3 自动线辅槽尺寸和数量的确定

直线式自动线槽子一般会有同样的长度和深度。

现在的直线式自动线每个周期能出1根、2根或3根飞巴。现在以每个周期能出1根飞巴为例来加以说明。

如果在工艺槽内的处理时间小于1个周期,此工艺槽只要能放入1个飞巴即可。如果在工艺槽内的处理时间大于1个周期小于2个周期,此工艺槽只要能放入2个飞巴即可,或者此工艺需要2个能放入1个飞巴的工艺槽。以下可以此类推。

没有阴阳极的单工位工艺槽的宽度可以比单工位镀槽小20~40cm。当有蒸汽加温管或冷却管时,要考虑它们占的宽度。有壁挂式超声波的槽子,要考虑换能器占的宽度。

单工位水槽的宽度可以比单工位镀槽小20~40cm。水槽也可以做成联槽。

环行自动线槽子的宽度和深度是一样的。槽子长度与处理时间的长短成比例。水槽多数只能放入1个挂具。

1.5 制订工艺配置表

制订工艺配置表是概括描述生产线配置的好办法。以下给出两种工艺配置表的例子。

每个人的习惯不同,工艺配置表的内容也各不相同。但有一些基本内容要表述清楚。

1) 表述槽位排序和工序。对于环形线和一头上活另一头下活的直线,槽位排序和工序是一致的。

对于在同一头上下活的直线,槽位排序和工序一致时,零件下挂后,挂具还要专门传送回来。为了省去挂具回传,槽位排序可以和工序不一致。例如:

工序为 上下活→脱脂→水洗→酸洗→水洗→镀锌→水洗→钝化→水洗。

槽位为 上下活→水洗→钝化→水洗→镀锌→脱脂→水洗→酸洗→水洗。

这样,零件和挂具在处理镀件的同时又回到了上下活工位,不需要专门传送空挂具。

但是,有时因为担心这样会造成溶液污染或因零件在空气中时间长而带来问题,在同一头上下活的直线上,还是应让槽位排序和工序一致。

表 1-4 是以槽位顺序排列的工艺配置表。表 1-5 是以工艺顺序排列的工艺配置表。

表 1-4 按槽位顺序排列的工艺配置表

工序号	槽号	工序	槽子尺寸	容积	材质	上水	下水	加热/冷却	温度	搅拌	通风	阳极/阴极	过滤	整流器	备注
1	1	上下活													
9	2	水洗													
8	3	钝化													
7	4	水洗													
6	5	镀锌													
2	6	脱脂													
3	7	水洗													
4	8	酸洗													
5	9	水洗													

表 1-5 按工艺顺序排列的工艺配置表

工序号	槽号	工序	槽子尺寸	容积	材质	上水	下水	加热/冷却	温度	搅拌	通风	阳极/阴极	过滤	整流器	备注
1	1	上下活													
2	6	脱脂													
3	7	水洗													
4	8	酸洗													
5	9	水洗													
6	5	镀锌													
7	4	水洗													
8	3	钝化													
9	2	水洗													

2) 表述槽子的尺寸和容积。由于这里的容积是用来计算加热管和冷却管的，也在配槽液时用，因而不用槽子的真实体积，而是用槽子放溶液后的溶液体积表述。即不是用槽深计算的容积，而是用从液面到槽底的深度计算的容积。

3) 表述槽子的材质和厚度。有几点可供参考。PVC 工作温度最好在 45℃ 以下，在 45℃ 附近工作时最好用 20mm 以上的厚板。PP 槽的工作温度可以到 80℃ 甚至更高，55℃ 以上最好用 15mm 或更厚的 PP 板。但 PP 不能用于有浓的六价铬的溶液。槽子的材质和厚度的选择，后面还会讲到。

4) 要表述加热和冷却的方式。当采用电加热时，要表述电加热器的材质和千瓦数。脱脂用碱性溶液的加热可以用铁的或不锈钢加热器，酸性铜、镀锌、镀铬可以用钛加热器，酸加热可以用聚四氟乙烯加热器。但加热器材质的选取，比这要复杂，可参见其他章节。

电加热的功率 (kW) 可以由下式计算：

$$P = [V (T_2 - T_1) / (860 N)] \times \eta$$

式中 P——加热器功率 (kW)；

V——被加热溶液体积 (L)；

T₂——溶液工作温度 (℃)；

T₁——溶液起始温度 (℃)；

N——预定的加热时间 (h)；

η ——散热系数。

为了避免电加热功率太大, N 一般取 4~8h, 但有的客户老是间歇生产, 要求 N 取 1~2h。

散热系数可在 1~1.7 之间选取。选取办法后面再讲。

5) 要表述过滤机和整流器的配置, 过滤机流量和整流器电流和电压。连续过滤机流量的大小, 习惯以每小时流量相当于过滤溶液的体积的倍数来衡量, 或者表述为每小时过滤溶液几次。碱性脱脂和镀液, 可以选 1~2 次/h, 酸性镀液可选 3~5 次/h, 化学镀镍可选 8~10 次/h。由于电镀质量要求越来越高, 选取值有升高的趋势。

在知道了每槽电镀的面积 (dm^2) 和确定了该溶液使用的电流密度 (A/dm^2), 就容易选定整流器的电流。而该溶液使用的电流密度 (A/dm^2) 从溶液供货商哪里可以得到。

整流器的电压, 有实例参考最好。一般电镀选 12V, 印制板用酸性铜选 4~6V, 滚镀镍可选 18V, 镀铬视阴阳极距离可选 12~18V。这些可供参考。

6) 要表述抽风方式, 表述出抽风量更好。

7) 要表述搅拌方式, 表述出搅拌量更好。

8) 要表述上水的种类, 表述出供水量更好。

9) 要表述排水的分水情况, 表述出排水量更好。

10) 超声波、pH 自控、自动添加、振动、气振等可以在备注中表述。

有的工艺配置表还列出: 溢流盒、进水量、排放阀等内容。

一张工艺配置表不可能表达一切, 但只要表达了你最关心的东西, 它就是适用的。

1.6 电镀厂房的平面布置

1.6.1 槽子的排布

手工线的槽子排布, 主要是按工艺顺序排。有时一条线要做多种工艺, 则要几种工艺综合起来考虑。这时要考虑溶液的滴落和人的行走路线, 以干净、方便为好。

即使是按工艺顺序排, 也要考虑待镀件从哪里进来, 镀好的件从哪里出去。

如果同时有几条线, 几条线的相对位置要考虑。这时要考虑以下几点: 氰化溶液和酸性溶液不能相邻, 以避免两种溶液相混产生剧毒的氰氢酸。碱性溶液和酸性溶液不要共用水洗槽。铜件和铁件不要共享酸洗或弱腐蚀槽。有的溶液容易污染别的溶液, 最好相距远一点, 例如镀铜和镀镍、镀银和镀金等。相同的镀液, 可能时离近一点, 以利于排水和排风的安排。

把镀前预处理集中在另一间厂房或集中在厂房的一个区域是较常见的一种选择。这时, 如果镀前预处理同时为几条线服务, 要考虑运输的距离和是否运输方便。

1.6.2 接口设备的安排

这主要是指过滤机、整流器的安排, 也包括超声波、换热器、冷水机等安排。

定期过滤用的过滤机不需要安排。连续过滤用的过滤机除非万不得已, 不能安排得离槽子很远, 不然泵的扬程损失在管路上, 流量也减少, 过滤效果也不好。