

实用电镀技术

SHIYONG DIANDU JISHU

〔西德〕电镀技术杂志出版社 编

邵性波 译 王玉琛 校

国防工业出版社

71.35

实 用 电 镀 技 术

〔西德〕 电镀技术杂志出版社 编

邵性波 译

王玉琛 校

国防工业出版社

译 序

本书根据西德电镀技术杂志出版社1975年出版的《实用电镀技术》第三版译出。

原书共有十五章，内容系统而全面，从电镀车间设计、设备安装、电镀工艺、作用监控直到废水处理等方面，都作了详细的阐述，反映出西德七十年代的电镀技术水平。

由于原书第12~15章的内容只是西德一些电镀工厂自用的参考性资料，不适合于我国国情，参考意义不大，故略去未译。

原书以手册和教材的形式编写，偏重实践经验，对我国电镀工作者有一定的实用参考价值。

由于本书内容涉及的专业较多，对一些技术含义虽经反复推敲，但限于译者水平，谬误之处，在所难免，请读者批评指正。

译 者

译 序

本书根据西德电镀技术杂志出版社1975年出版的《实用电镀技术》第三版译出。

原书共有十五章，内容系统而全面，从电镀车间设计、设备安装、电镀工艺、作用监控直到废水处理等方面，都作了详细的阐述，反映出西德七十年代的电镀技术水平。

由于原书第12~15章的内容只是西德一些电镀工厂自用的参考性资料，不适合于我国国情，参考意义不大，故略去未译。

原书以手册和教材的形式编写，偏重实践经验，对我国电镀工作者有一定的实用参考价值。

由于本书内容涉及的专业较多，对一些技术含义虽经反复推敲，但限于译者水平，谬误之处，在所难免，请读者批评指正。

译 者

目 录

第一章 电镀设备

1.1 电镀车间布局	2
1.2 电镀装置和设备	5
1.2.1 电镀槽	5
1.2.2 自动化设备	7
1.2.3 成批小件的电镀设备	15
1.2.4 电镀液的加热	19
1.2.5 电镀液的冷却	22
1.2.6 槽液、工件和阳极的搅动	22
1.2.7 过滤	24
1.2.7.1 过滤作用 1.2.7.2 过滤介质 1.2.7.3	
助滤材料 1.2.7.4 过滤器	
1.2.8 选择性净化	30
1.2.9 阳极	32
1.2.10 镀件挂架	35
1.3 电器设备	38
1.3.1 电流的供给	38
1.3.2 发电机	39
1.3.3 整流器	41
1.3.4 输电导线	48
1.3.5 电动机	50
1.3.6 自动电镀设备的电控制	51

第二章 工件的预处理

2.1 研磨和抛光	54
-----------------	----

39911

2.1.1 磨料	54
2.1.2 砂轮	57
2.1.3 研磨膏	61
2.1.4 研磨、抛光和预抛光的概况	62
2.1.5 抛光	64
2.1.6 抛光剂	65
2.1.7 抛光膏和抛光乳液	66
2.1.8 研磨轮和抛光轮	68
2.1.9 研磨和抛光机及工艺方法	72
2.1.10 除尘	77
2.1.11 滚筒与振动磨光和抛光	78
2.1.12 电解法打毛刺	84
2.1.13 阳极磨光	85
2.1.14 电解抛光和化学抛光	85
2.1.15 研磨和抛光小结	88
2.2 脱脂和清洁处理	89
2.2.1 脱脂的任务和意义	89
2.2.2 物理和化学过程	91
2.2.2.1 溶解 2.2.2.2 悬浮和分散 2.2.2.3 皂化	
2.2.2.4 表面张力和界面张力 2.2.2.5 温度 2.2.2.6	
工件运动 2.2.2.7 湍流冲洗	
2.2.3 脱脂和净化的方法	98
2.2.3.1 用有机溶剂脱脂 2.2.3.2 煮沸脱脂法 (碱性净	
化处理) 2.2.3.3 乳化脱脂 2.2.3.4 两相洁净剂	
2.2.3.5 喷射脱脂 2.2.3.6 酸洗脱脂 2.2.3.7 电解	
脱脂 2.2.3.8 碱性溶液中电解除氧化皮 2.2.3.9 酸	
性溶液中电解除氧化皮 2.2.3.10 超声净化	
2.2.4 使用性能的测定	112
2.3 金属浸蚀处理和铜的除锈	114
2.3.1 铁和钢的腐蚀产物	114
2.3.2 盐酸中酸洗	115

2.3.3	硫酸中酸洗	116
2.3.4	硝酸中酸洗	117
2.3.5	氢氟酸中酸洗	117
2.3.6	磷酸中酸洗	117
2.3.7	酸洗的脆性及其防止	118
2.3.8	铜及铜合金的除锈	118
2.3.9	电解酸洗	123
2.4	冲洗, 除膜皮, 中和	123
2.4.1	冲洗	123
2.4.2	除膜	125
2.4.3	中和	125

第三章 电 镀 金 属

3.1	镍 (Ni)	127
3.1.1	镍的性质	127
3.1.2	镀镍电解液	128
3.1.2.1	镀镍电解液的成分	3.1.2.2 硫酸盐电解液
3.1.2.3	氯化物电解液	3.1.2.4 氨基磺酸镍电解液
3.1.2.5	氟硼酸镍电解液	3.1.2.6 其它镀镍电解液
3.1.3	镀镍电解液的性能	138
3.1.3.1	微观和宏观的分散能力	3.1.3.2 电流效率
3.1.4	光亮镀镍	142
3.1.4.1	沉积理论	3.1.4.2 光亮镀镍电解液
	光亮镀镍电解液的工作条件	3.1.4.3
		3.1.4.4 光亮镀镍层的性能
3.1.5	半光亮镀镍	151
3.1.5.1	半光亮镀镍电解液	3.1.5.2 半光亮镀镍电解液
	的工作条件	3.1.5.3 半光亮镀镍层的性能
3.1.6	无光亮镀镍	154
3.1.6.1	用细分散溶液的沉积	3.1.6.2 用悬浮固体的
	沉积	3.1.6.3 使用中间层的沉积
		3.1.6.4 用乳化液的
	沉积	3.1.6.5 其它方法

3.1.7	大批量小件镀镍	158
3.1.8	镀镍的其它应用	160
3.1.8.1	黑色镀镍	
3.1.8.2	厚层镀镍(硬镀层及强镀层)	
3.1.8.3	镍的电铸技术和电成型	
3.1.9	镀镍层的性能	163
3.1.9.1	多孔性和裂纹	
3.1.9.2	组织	
3.1.9.3	内应力	
3.1.9.4	断裂伸长率(延伸率)	
3.1.9.5	硬度和耐磨性	
3.1.9.6	抗拉强度	
3.1.9.7	镀镍层的碳、硫、氢和氧含量	
3.1.9.8	结合强度	
3.1.10	镀镍和腐蚀防护	176
3.1.10.1	单层镀镍层的耐腐蚀性	
3.1.10.2	镀层及其防护作用	
3.1.11	镀镍电解液的维护	183
3.1.11.1	过滤	
3.1.11.2	选择性净化	
3.1.11.3	活性炭处理	
3.1.11.4	其它处理	
3.1.12	其它	189
3.1.12.1	阳极	
3.1.12.2	工件、电解液和空气的搅动	
3.1.12.3	基体材料的影响	
3.1.12.4	除镍	
3.1.12.5	棉球镀镍法	
3.2	铬(Cr)	195
3.2.1	铬的性质	196
3.2.2	镀铬理论	197
3.2.3	镀铬层的组织	198
3.2.4	镀铬电解液	201
3.2.4.1	铬酸	
3.2.4.2	催化剂	
3.2.4.3	三价铬	
3.2.4.4	铬酸电解液的其它成分	
3.2.4.5	无铬酸电解液	
3.2.5	电解镀铬	206
3.2.5.1	概述	
3.2.5.2	氢的生成, 电流效率	
3.2.5.3	影响镀层性质的因素	
3.2.5.4	深度分散能力	
3.2.6	工业镀铬	215
3.2.6.1	光亮镀铬	
3.2.6.2	硬镀铬	
3.2.6.3	自适应调节镀铬电解液	
3.2.6.4	镀铬层的防腐蚀作用	

3.2.6.5 无裂纹、微裂纹、微孔镀铬	3.2.6.6 四铬酸盐
电解液, 特殊电解液	3.2.6.7 黑色镀铬
3.2.7 镀铬设备	228
3.2.7.1 小零件镀铬设备	
3.2.8 控制和检验方法	231
3.3 铜(Cu)及铜合金	234
3.3.1 酸性和中性镀铜液	235
3.3.1.1 硫酸电解液	3.3.1.2 氟硼酸铜电解液
3.3.1.3 焦磷酸铜-电解液	
3.3.2 氰化物镀铜电解液	240
3.3.2.1 氰化物镀铜电解液的成分	3.3.2.2 低铜含量的
氰化物镀铜电解液	3.3.2.3 含有酒石酸钾钠的氰化物镀
铜电解液	3.3.2.4 高效率氰化物光亮镀铜电解液
3.3.2.5 碳酸盐的作用及其去除	3.3.2.6 氰化物电解液的
整平作用	3.3.2.7 换极法镀铜
3.3.3 其它镀铜电解液	257
3.3.3.1 氨基磺酸盐电解液	3.3.3.2 焦磷酸铵铜电解液
3.3.3.3 含胺镀铜电解液	
3.3.4 化学镀铜	259
3.3.5 镀铜的工作条件	263
3.3.5.1 电流密度	3.3.5.2 工作温度
3.3.5.3 pH值	3.3.5.4 电解液运动
3.3.5.5 镀铜液的配制和	
维护	3.3.5.6 杂质
3.3.5.7 镀槽和过滤器	
3.3.5.8 镀铜槽的阳极	
3.4 铜合金	270
3.4.1 镀黄铜层	270
3.4.2 镀黄铜电解液	272
3.4.3 镀黄铜层的颜色	276
3.4.4 镀黄铜电解液的阳极	277
3.4.5 镀白黄铜层	277
3.4.6 镀青铜层	278
3.4.6.1 铜-锡-合金镀层	3.4.6.2 高锡含量的青铜镀层

3.4.6.3 铜-锌-锡合金镀层	3.4.6.4 铜-镉合金镀层	
3.4.7 铜-金镀层		280
3.5 锌(Zn)		283
3.5.1 锌的性质		283
3.5.2 镀锌层的应用		285
3.5.3 镀锌电解液		286
3.5.3.1 硫酸电解液	3.5.3.2 氯化物电解液	3.5.3.3 氟硼酸盐电解液
3.5.3.4 氰化物电解液	3.5.3.5 半氰化物、低氰化物和无氰化物镀锌电解液	3.5.3.6 磷酸盐电解液
3.5.4 阳极		296
3.5.5 镀后处理		297
3.6 镉(Cd)		299
3.6.1 镉的性质		299
3.6.2 氰化物镀镉电解液		300
3.6.3 酸性镀镉电解液		304
3.7 锡(Sn)		304
3.7.1 锡的性质		305
3.7.1.1 电化学特性	3.7.1.2 物理性能	3.7.1.3 镀锡层的可钎焊性
3.7.1.4 其它性能及规范	3.7.1.5 应用	
3.7.2 镀锡电解液		306
3.7.2.1 硫酸镀锡电解液	3.7.2.2 高效率氟硼酸锡电解液	
3.7.2.3 锡酸钠电解液	3.7.2.4 高效率锡酸钾电解液	
3.7.2.5 光亮镀锡电解液		
3.8 锡合金		311
3.8.1 锡-镍合金镀层		311
3.8.2 锡-镉合金镀层		313
3.8.3 锡-锌合金镀层		313
3.8.4 锡-铅合金镀层		315
3.9 银(Ag)		317
3.9.1 银的性质		317

3.9.2	简单的氰化物镀银电解液	319
3.9.3	镀银电解液的成分	319
3.9.4	光亮镀银电解液	323
3.9.5	镀银电解液的性能和一般的工作条件	326
3.9.6	镀银层的电沉积	326
3.9.6.1	沉积机理	
3.9.6.2	电流密度	
3.9.6.3	电流效率	
3.9.6.4	分散能力	
3.9.6.5	覆盖力(深度作用)	
3.9.6.6	电流种类对阴极沉积的影响	
3.9.7	阳极	329
3.9.8	镀银层的性能	331
3.9.9	镀前预处理	333
3.9.9.1	汞齐化	
3.9.9.2	预镀银	
3.9.9.3	预镀镍	
3.10	金(Au)	337
3.10.1	金的性质	337
3.10.2	镀金电解液	337
3.10.3	厚层镀金和光亮镀金电解液	338
3.10.4	金合金镀层	339
3.10.5	预处理	342
3.10.6	阳极	342
3.10.7	硬度	343
3.10.8	电阻	343
3.10.9	浸液镀金	344
3.11	铂系金属	345
3.11.1	铑	345
3.11.2	钯	349
3.11.3	铂	350
3.12	铅(Pb)	351
3.12.1	铅的性质	352
3.12.2	镀铅电解液	352
3.12.2.1	氟硅酸铅电解液	
3.12.2.2	氟硼酸铅电解液	

3.12.2.3	高氯酸铅电解液	
3.13	铁(Fe)	354
3.13.1	镀铁层的性质	355
3.13.2	镀铁电解液	355
3.13.2.1	硫酸亚铁电解液	
3.13.2.2	氯化亚铁电解液	
3.13.2.3	硫酸亚铁-氯化亚铁电解液	
3.14	铟(In)	357
3.14.1	镀铟层的性能	357
3.14.2	镀铟电解液	358
3.14.2.1	氟化铟电解液	
3.14.2.2	硫酸铟电解液	
3.14.2.3	高效率氟硼酸铟电解液	

第四章 化学镀(无外电源镀)

4.1	金属沉积原理	360
4.1.1	电解沉积金属的原理	360
4.1.2	化学镀的原理	361
4.2	电荷交换沉积	361
4.3	接触沉积	363
4.4	还原沉积	365
4.4.1	原理	365
4.4.2	还原溶液的成分	366
4.4.3	还原沉积的工作条件	367
4.4.4	还原法镀镍	367
4.4.5	还原法镀铜	369

第五章 塑料和其它非导体电镀

5.1	引言	371
5.2	ABS塑料的电镀	372
5.2.1	ABS塑料的特点	372

5.2.2	电镀方法	375
5.2.2.1	酸洗	
5.2.2.2	导电金属的沉积	5.2.2.3
	电镀作业	
5.2.2.4	挂架技术	
5.2.3	塑料件成形加工的影响	393
5.2.4	质量检验	396
5.3	其它非导体的电镀	398
5.3.1	施镀方法	398
5.3.2	表面的镀前预处理	399
5.3.2.1	机械方法	
5.3.2.2	化学方法	
5.3.3	表面导电化处理	402
5.3.3.1	化学镜面处理	
5.3.3.2	应用导电漆	5.3.3.3
	高真空蒸镀法	
5.3.4	结语	404

第六章 铝和镁的表面处理

6.1	铝的概述	405
6.2	水氧化(波美处理)	406
6.3	铝的化学氧化	406
6.3.1	铝的铬酸钝化和磷化处理	406
6.3.1.1	透明铬酸钝化	
6.3.1.2	黄色铬酸钝化	
6.3.1.3	绿色铬酸钝化	
6.3.1.4	磷化处理	
6.3.1.5	铬酸钝化层的外观	
6.3.2	铝的碱性化学氧化处理	408
6.3.2.1	MBV 法	
6.3.2.2	Alrok 法	6.3.2.3
	Pylumin 法	
6.4	铝的阳极氧化	409
6.4.1	概述	409
6.4.2	适于阳极处理的材料	410
6.4.3	预处理	410
6.4.3.1	机械预处理	
6.4.3.2	化学预处理	6.4.3.3

电解脱脂

6.4.4	氧化层的形成及其厚度的增长	412
6.4.4.1	理论观点	
6.4.4.2	氧化层厚度的增长	
6.4.5	层厚和保护作用	414
6.4.6	硬度和耐磨性	416
6.4.7	氧化层的多孔性	416
6.4.8	铝的着色	416
6.4.9	氧化层的外观和预处理的关系	418
6.4.10	铝的阳极氧化方法	418
6.4.10.1	直流硫酸法(GS)	
6.4.10.2	交流草酸法(WX)	
6.4.10.3	直流草酸法(GX)	
6.4.10.4	交流直流草酸法(WGX)	
6.4.10.5	直流硫酸草酸法(GSX)	
6.4.10.6	铬酸法(BK)	
6.4.10.7	Ematal 法	
6.4.10.8	Pigmental 法	
6.4.10.9	Chromatal BN295010法	
6.4.11	着色阳极化处理方法	423
6.4.12	双段阳极化处理(电解着色)	424
6.4.13	阳极氧化层的封闭处理	425
6.4.14	铝的硬阳极化处理	426
6.4.14.1	硬阳极化处理方法	
6.4.15	阳极氧化层的检验	428
6.4.15.1	氧化层厚度测量	
6.4.15.2	封闭处理质量的检验(DIN50946)	
6.4.15.3	阳极氧化层的老化	
6.4.15.4	视在导纳值的测定(按西德标准 DIN50949)	
6.4.16	铝的抛光	430
6.4.16.1	电解抛光	
6.4.16.2	化学抛光	
6.4.17	铝的浸蚀处理	432
6.4.17.1	浸蚀剂和溶液的成分	
6.4.18	铝的电镀	433
6.4.18.1	清洗和脱脂	
6.4.18.2	在硝酸溶液中的处理	
6.4.18.3	在硝酸/氢氟酸混合液中的处理	
6.4.18.4	在锌酸盐液中的预处理	
6.4.18.5	铝的镀铜	
6.4.18.6	铝的镀镍	
6.4.18.7	铝的镀铬及光亮镀铬	
6.4.18.8		

铝的硬镀铬

6.4.19 铝的塑料涂层和涂漆	436
6.5 镁	436
6.5.1 化学氧化处理	436
6.5.2 电解氧化处理	437

第七章 铁、铝、镉和锌的化学保护层

7.1 磷化处理	439
7.1.1 概述	439
7.1.2 预处理	439
7.1.3 磷化的化学过程和工作方式	441
7.1.4 磷化层的性能	442
7.1.5 磷化处理槽	442
7.1.6 有色金属磷化处理方法	443
7.1.7 后处理	444
7.2 铬酸盐防护层	444
7.2.1 铝的铬酸钝化处理	444
7.2.2 锌和镉的铬酸钝化处理	444
7.2.3 铬酸钝化层	445
7.2.4 铬酸钝化层的防护值	445

第八章 金属着色

8.1 概念和预处理	447
8.2 铜及其合金的着色	447
8.2.1 用硫化钾(硫酞)着色	448
8.2.2 用金硫铋溶液着色	448
8.2.3 着黑色(过硫酸盐法)	448
8.2.4 浸煮光泽着色	449
8.2.5 着铜绿色(铜锈色)	449

8.2.6 着褐铜色	450
8.2.7 熔盐中着色	450
8.3 铁的着色	450
8.3.1 加热回火着色	451
8.3.2 在热碱液中发蓝	451
8.3.3 铁的发黑	453
8.4 银的着色	454
8.4.1 着古银色	454
8.5 后处理	454

第九章 金属镀层的剥离

9.1 磨除法	456
9.2 化学去除法	456
9.2.1 氰化剥离溶液	456
9.2.2 碱性反应的无氰剥离溶液	457
9.2.3 酸性反应的剥离溶液	458
9.3 电解去除法	458
9.4 电镀挂架除金属法	459
9.5 金属层剥离法一览表	460

第十章 操作监控

10.1 概述	465
10.2 处理溶液成分的控制	465
10.2.1 镀液取样的分析研究	465
10.2.2 用试验槽进行镀液控制	466
10.2.3 镀液成分的自动校正	466
10.3 工件表面积大小的测定	468
10.4 控制电镀过程的计数器	469

10.4.1	电量的测量	469
10.4.2	金属重量的测量	469
10.5	电流效率的测定	469
10.6	电镀时电流密度的调节	470
10.6.1	局部电流密度和平均电流密度	470
10.6.2	用测量探头控制电流密度	471
10.6.3	通过特性曲线控制电流密度	471
10.6.4	通过和表面积有关的参数控制	472
10.6.5	调整电流的其它方法	473
10.7	沉积后的镀层厚度控制	473
10.8	沉积时镀层厚度的控制	474
10.8.1	电流密度-积分法检验镀层厚度	474
10.8.2	超声-渡越时间法检验镀层厚度	474
10.8.3	测量阴极法检验镀层厚度	475
10.8.4	重量法检验镀层厚度	475
10.8.5	通过测定沉积速度检验镀层厚度	475
10.9	其它过程参数的控制	475
10.9.1	镀液温度的控制	475
10.9.2	镀液液面高度的控制	476
10.9.3	镀液过滤的控制	476
10.9.4	镀液运动的控制	476
10.10	镀层性能和基体材料性能的检验	477
10.10.1	金属的鉴定	477
10.10.2	表面粗糙度的确定	477
10.10.3	镀层厚度的测量	477
10.10.4	硬度测量	477
10.10.5	表面缺陷的检验	477
10.10.6	耐腐蚀性的检验	478
10.10.7	镀层的其它性能检验	478