

电镀技术  应用丛书

现代电镀技术

X

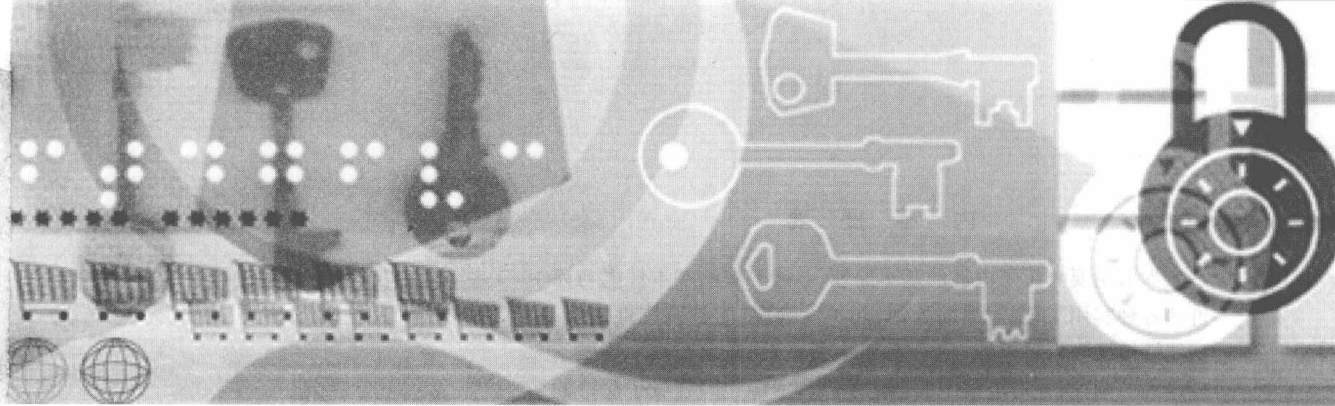
XIANDAI DIANDU JISHU

陈范才 主 编

肖鑫 周琦 何德良 副主编



 中国纺织出版社



电镀技术与应用丛书

现代电镀技术

陈范才 主编
肖鑫 周琦 何德良 副主编



 中国纺织出版社

内 容 提 要

本书主要介绍了电镀的基本原理、电镀溶液的基本性能与评价和各种实用工艺,对镀前处理、防护性镀层、防护装饰性镀层、功能性镀层与特种电镀、化学镀、印制板电镀、转化膜技术等做了较详细的阐述,并对电镀中的清洁生产和资源化问题做了简单的介绍。

本书可供电镀工程技术人员阅读,同时也适用于化学工程、材料学、金属材料工程、材料化学等专业的本科生、研究生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

现代电镀技术/陈范才主编. —北京:中国纺织出版社,2009. 8

(电镀技术与应用丛书)

ISBN 978-7-5064-5693-7

I. 现… II. 陈… III. 电镀—基本知识 IV. TQ153

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 085177 号

策划编辑:朱萍萍 责任编辑:范雨昕 责任校对:楼旭红
责任设计:李 然 责任印制:周文雁

中国纺织出版社出版发行

地址:北京东直门南大街 6 号 邮政编码:100027

邮购电话:010—64168110 传真:010—64168231

http://www. c-textilep. com

E-mail: faxing@ c-textilep. com

三河华丰印务有限公司印刷 三河永成装订厂装订

各地新华书店经销

2009 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:23

字数:453 千字 定价:45.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社图书营销中心调换

前言

电镀是一种有着较长发展历史的表面处理技术,在现代科学技术高度发展的今天仍不失其重要地位,并继续展现出它的顽强生命力和较好的发展前景。但是随着科学技术的飞速发展,电子工业、机械制造工业以及其他高新技术产业对产品和产品表面提出了更多、更高的要求,尤其人们对环境和能源的忧患意识不断增强,使电镀行业既遇到了新的发展机遇,又面临重大挑战。

中国纺织出版社邀请湖南大学、湖南工程学院、沈阳理工大学、江麓机械厂和三湘电子公司的同行编写了本书。编者们在总结科研、生产和教学经验的基础上,博采各家所长,合理汲取科技发展的最新成果和他人的经验,力图反映电镀(含化学镀及转化膜处理)工艺现状和现代环境及能源要求下的发展方向,对运用电化学理论解释电镀工艺问题做了一定的尝试。本书主要介绍了电镀的基本原理、电镀溶液的基本性能与评价和各种实用电镀工艺,对镀前处理、防护性镀层、防护装饰性镀层、功能性镀层与特种电镀、化学镀、印制板电镀、转化膜技术等做了较详细的阐述,对电镀中的清洁生产和资源化问题也做了简单的介绍。

全书共分为十一章。第一章由湖南大学陈范才编写,第二章的第一、二节由湖南大学何德良、陈范才编写,第二章的第三~六节和第十章的第一、二、三、六、七节由何德良编写,第二章的第七节由何德良和湖南工程学院肖鑫编写,第三~第五章由肖鑫编写,第六章由江麓机械厂刘忠海和湖南大学陈范才编写,第七章的第一、二节由沈阳理工大学周琦编写,第七章的第三~第五节由沈阳理工大学郝建军编写,第十章的第五节由沈阳理工大学邵忠财编写,第八章由湖南工程学院刘万民编写,第九章由三湘电子公司彭沛元和湖南大学陈范才编写,第十章的第四节由周琦、邵忠财编写,第十一章由湖南大学张小华编写。全书由陈范才定稿。此外,湖南大学的研究生李文军、王子天、徐超、吴道明、陈良木、胡小冬、崔正丹、王名浩等参加了本书的整理、绘图等工作。

本书参阅和引用了国内外有关手册、专著及期刊的有关资料,谨向原作者致谢。限于编者水平,有疏漏、不当之处,恳请读者不吝批评指正。

编者
2009年元月
于岳麓山

第一章 绪 论

第一节 电镀的基本概念	1
一、电沉积与电镀 / 1	
二、镀层的作用与分类 / 1	
第二节 电镀的发展简史	3
第三节 电镀工业的现状与发展趋势	4
一、电镀工业的现状 / 4	
二、电镀工艺与技术的发展趋势 / 5	

第二章 金属电沉积

第一节 金属配离子阴极还原的可能性	6
第二节 金属配离子的阴极还原	7
一、配合物溶液中的离子平衡 / 7	
二、配合物溶液中的电活性粒子 / 9	
三、简单金属配离子的阴极还原 / 10	
四、金属配离子的还原历程 / 11	
五、金属电沉积的基本历程 / 12	
第三节 传质步骤和电子转移步骤	12
一、传质步骤 / 12	
二、电子转移步骤 / 13	
第四节 金属的电结晶	13
一、晶面生长的基本模型 / 14	
二、晶核的形成与长大 / 16	
第五节 电沉积层的形态与结构	17
一、电结晶的主要形态 / 17	
二、结晶形态与过电位的关系 / 18	
三、不同晶面上金属的沉积速度 / 19	
四、外延及择优取向 / 20	
五、镀层结构与性能的关系 / 21	

六、影响沉积层结构的主要因素 / 22	
第六节 金属在阴极的共沉积.....	25
一、金属共沉积的基本条件 / 25	
二、金属共沉积的动力学特征 / 26	
三、金属共沉积的类型与共沉积镀层的结构类型 / 29	
第七节 金属阳极与阳极过程.....	31
一、阳极溶解 / 32	
二、阳极钝化 / 33	
三、电镀常用阳极的类型 / 34	
四、电镀合金使用的阳极 / 36	

第三章 电镀溶液与镀液性能

第一节 电镀溶液的基本类型及组成.....	37
一、电镀溶液的基本类型 / 37	
二、电镀溶液的组成 / 38	
第二节 电镀溶液的组成对镀层质量的影响.....	39
一、主盐浓度的影响 / 39	
二、导电化合物的影响 / 40	
三、游离酸度的影响 / 40	
四、配合剂的影响 / 41	
五、有机添加剂的影响 / 44	
第三节 电镀工艺参数对镀层的影响.....	46
一、电流密度的影响 / 47	
二、温度的影响 / 47	
三、搅拌的影响 / 48	
四、电流波形的影响 / 50	
第四节 镀液的分散能力.....	50
一、概述 / 50	
二、初次电流分布和二次电流分布 / 52	
三、影响电流和金属在阴极表面分布的因素 / 55	
四、电镀液分散能力的测定方法 / 59	
五、电镀液的覆盖能力 / 63	
第五节 霍尔槽试验.....	65
一、霍尔槽的构造 / 65	

二、霍尔槽阴极上的电流分布 / 66	
三、霍尔槽试验的方法 / 67	
四、霍尔槽试验的应用 / 70	
第六节 镀液的整平能力	70
一、整平能力 / 70	
二、整平能力的测定方法 / 72	

第四章 电镀预处理与电镀工艺流程

第一节 电镀预处理的重要性	74
第二节 粗糙表面的整平	75
一、磨光 / 75	
二、机械抛光 / 77	
三、滚光 / 78	
四、喷砂 / 80	
第三节 除油	81
一、有机溶剂除油 / 81	
二、化学除油 / 82	
三、电化学除油 / 85	
四、超声波除油 / 87	
第四节 浸蚀	88
一、化学浸蚀 / 88	
二、电化学浸蚀 / 93	
三、弱浸蚀 / 94	
第五节 金属的抛光	95
一、化学抛光 / 95	
二、电解抛光 / 98	
第六节 制订表面预处理工艺流程	101
第七节 非金属材料的镀前预处理	102
一、检查和去应力 / 102	
二、除油 / 103	
三、粗化处理 / 104	
四、敏化和活化 / 106	
第八节 难镀基体金属材料的镀前预处理	108
一、不锈钢的镀前预处理 / 108	

- 二、锌合金压铸件的镀前预处理 / 109
- 三、铝及其合金的镀前预处理 / 112
- 四、镁及其合金的镀前预处理 / 115

第五章 防护性镀层

第一节	电镀锌	118
一、	概述 / 118	
二、	氰化物镀锌 / 120	
三、	碱性锌酸盐镀锌工艺 / 122	
四、	氯化钾镀锌工艺 / 126	
五、	硫酸盐镀锌工艺 / 131	
六、	锌镀层的钝化处理 / 132	
第二节	电镀锌合金	140
一、	电镀锌镍合金 / 140	
二、	电镀锌铁合金 / 144	
第三节	电镀锡	146
一、	概述 / 146	
二、	酸性镀锡 / 147	
三、	碱性镀锡 / 151	

第六章 防护装饰性镀层

第一节	电镀铜及其合金	155
一、	概述 / 155	
二、	碱性氰化物镀铜 / 156	
三、	酸性硫酸盐镀铜 / 158	
四、	无氰配合物镀铜 / 161	
五、	电镀铜合金与仿金电镀 / 164	
第二节	电镀镍及其合金	168
一、	概述 / 168	
二、	普通镀镍(暗镍) / 169	
三、	光亮镀镍与光亮添加剂 / 173	
四、	高耐蚀性的镍铬组合镀层 / 174	
五、	半光亮镍和高硫镍 / 176	
六、	镍封和高应力镍 / 177	

七、黑镍和枪色镍镀层 / 179	
八、电镀镍合金 / 180	
第三节 电镀铬及其合金	182
一、概述 / 182	
二、铬酸镀铬的电极过程 / 184	
三、铬酸镀铬工艺 / 189	
四、其他六价铬镀铬工艺 / 193	
五、三价铬镀铬 / 195	
六、电镀铬合金 / 197	

第七章 功能性镀层与特种电镀

第一节 概述	200
一、功能性镀层 / 200	
二、特种电镀 / 203	
第二节 复合镀	203
一、复合镀层的分类及表示方法 / 204	
二、复合镀层的特点与应用 / 205	
三、复合镀原理 / 209	
四、复合镀工艺 / 211	
五、复合镀方法 / 212	
第三节 脉冲电镀	216
一、脉冲电镀的基本原理及特点 / 216	
二、脉冲电镀过程中金属的电结晶 / 217	
三、脉冲电镀工艺与应用 / 218	
第四节 电刷镀	220
一、电刷镀技术的基本原理 / 221	
二、电刷镀设备 / 221	
三、电刷镀工艺流程 / 222	
四、常用电刷镀溶液 / 222	
五、电刷镀工艺的相关参数 / 223	
第五节 电镀贵金属	224
一、概述 / 224	
二、电镀银及其合金 / 224	
三、电镀金及其合金 / 228	

- 四、电镀钯及其合金 / 230
- 五、其他贵金属镀层及应用 / 231

第八章 化学镀

第一节 概述	235
一、化学镀的分类及特点 / 235	
二、化学镀的基本原理 / 236	
三、化学镀的应用及发展前景 / 240	
第二节 化学镀前处理工艺	241
一、除油 / 241	
二、酸洗或粗化 / 241	
三、弱浸蚀 / 242	
四、活化 / 243	
第三节 化学镀镍及镍基合金工艺	244
一、化学镀镍工艺 / 244	
二、化学镀镍基合金工艺 / 250	
三、化学复合镀镍基合金工艺 / 252	
四、化学镀镍后处理工艺 / 254	
第四节 化学镀铜工艺	255
一、以甲醛为还原剂的化学镀铜工艺 / 255	
二、其他类型化学镀铜工艺 / 256	
第五节 化学镀贵金属工艺	257
第六节 化学镀其他金属工艺	260

第九章 印制板电镀技术

第一节 概述	262
一、印制板的定义和功能 / 262	
二、印制电路板的分类 / 262	
三、印制板制造工艺简介 / 263	
四、孔金属化互连与电镀技术 / 264	
第二节 印制板化学镀铜与直接电镀技术	264
一、化学镀铜质量要求与工艺流程 / 264	
二、化学镀铜前处理工艺 / 265	
三、化学镀铜 / 271	

四、直接电镀技术 / 272	
第三节 印制板电镀	275
一、概述 / 275	
二、印制板电镀铜 / 277	
三、印制板电镀锡及锡铅合金 / 278	
四、印制板电镀镍 / 280	
五、印制板电镀金和金合金 / 281	

第十章 转化膜技术

第一节 概述	283
一、转化膜形成的基本方式 / 283	
二、转化膜的基本用途 / 284	
三、转化膜技术的发展动向 / 284	
第二节 钢铁件的化学氧化	285
一、钢铁的高温氧化 / 285	
二、钢铁的常温氧化 / 287	
三、氧化膜的质量要求及检测方法 / 288	
第三节 金属的磷化	290
一、磷化的分类及表示方法 / 290	
二、磷化成膜机理 / 292	
三、磷化膜的成分和结构 / 293	
四、钢铁磷化工艺 / 293	
五、其他金属的磷化工艺 / 294	
第四节 铝及其合金的阳极氧化	296
一、铝及其合金阳极氧化膜的形成机理 / 297	
二、铝及其合金阳极氧化工艺 / 300	
三、铝及其合金硬质阳极氧化 / 305	
四、氧化膜的着色与封闭 / 307	
五、铝及其合金等离子体微弧阳极氧化 / 312	
第五节 镁及其合金的阳极氧化	313
一、概述 / 313	
二、膜的组成及性质 / 314	
三、工艺方法 / 314	
第六节 铜及其合金的化学氧化与着色	316

一、铜及其合金的化学氧化 / 316	
二、铜及其合金的着色 / 317	
第七节 不锈钢的着色	319
一、不锈钢着色膜的显色原理 / 320	
二、不锈钢的化学着色 / 320	
三、不锈钢的电化学着色 / 322	

第十一章 电镀清洁生产

第一节 概述	325
一、电镀三废的来源及危害 / 325	
二、电镀三废治理的现状 / 327	
三、清洁生产的概念 / 328	
四、实现电镀清洁生产的措施 / 329	
第二节 电镀废水的源削减	331
一、工件附着液的带出量 / 331	
二、工件清洗方法及用水量 / 333	
三、逆流清洗 / 335	
第三节 清洗水的循环利用(资源化)	336
一、清洗水闭合循环系统的实现条件 / 337	
二、几种清洗水闭路循环系统 / 337	

参考文献	341
------------	-----

第一章 绪 论

第一节 电镀的基本概念

一、电沉积与电镀

金属电沉积是在电流作用下,液相中的金属离子在阴极还原并沉积为金属的过程。金属电沉积可以在水溶液、有机溶液或熔融盐中进行,在工业生产中有非常广泛的应用,主要有电冶金、电精炼、电铸和电镀等。

电冶金是利用金属电沉积的方法从矿物或化合物中分离和提取金属的过程;电精炼则是利用金属电沉积对金属进一步提纯,以获得纯度更高的金属;电铸是利用金属电沉积来制造或复制金属制品的过程;而电镀是利用金属电沉积在制件表面形成均匀、致密、结合良好的金属或合金沉积层的过程。虽然通过电冶金、电精炼、电铸、电镀过程都可获得金属的沉积层,但对沉积层的要求并不相同。电冶金和电精炼要求电沉积金属达到一定的纯度,但对沉积层的结构、外观、机械性能和表面特性并不重视;电铸和电镀则要求沉积层的厚度均匀、结构致密、外观平滑,对沉积金属的纯度并不重视;电冶金、电精炼、电铸要考虑金属沉积层与基体是否容易分离以及分离的方法;而电镀则要求沉积层与基体结合牢固,一旦局部出现分离现象或结合力不好即认为是合格产品。

实践中电镀的概念已扩展为利用两相界面上发生的电化学反应在经准备的基体表面获得金属或非金属覆盖层的过程。因此,化学镀(自催化镀)、置换镀(浸镀)、表面转化(化学和电化学氧化、磷化、钝化等)、电泳涂装等都可列入电镀的范畴。

二、镀层的作用与分类

通过电镀所获得的沉积层称为镀层,镀层是与基体一起作为制品、构件或零件来使用的。镀层可以保护基体材料不受环境腐蚀,提高耐蚀性,可以改善基体材料的外观、增加美感或易于清洁,还可以赋予基体材料表面一些特殊的机械和物理化学性能。因此,结构致密平整、厚度分布均匀、与基体结合牢固是合格镀层必须满足的三个基本要求。

镀层的分类方法很多,如按用途分类、按电化学性质分类、按成分分类、按组合形式或结构分类等,其中最重要的是前两种分类方法。

1. 按用途分类

按用途分类可以将镀层分为防护性镀层、防护装饰性镀层和功能性镀层三大类。

(1) 防护性镀层。防护性镀层主要对基体起防腐蚀的作用,这类镀层用途最广,主要有锌及其合金、镉及其合金等。一般大气条件下,钢铁件的防腐蚀可镀锌(如电子电器零件,汽车零配件等);海洋性气候条件下,可镀锌合金或镉及其合金(如航海仪器、船舶的零配件等);接触有机酸的环境下可镀锡(如罐头盒等食品容器)等。

(2) 防护装饰性镀层。防护装饰性镀层既具有防腐蚀作用,又具有经久不变的光泽和漂亮的外观。一般单一镀层往往很难同时满足防护与装饰的双重要求,所以这类镀层体系常常采用多层的组合形式,紧靠基体的称为底层或底镀层,最外的称为表层或面层,有时还有中间层甚至多层中间层。常见的有铜/镍/铬镀层组合、多层镍/铬镀层组合等。

(3) 功能性镀层。功能性镀层具有特定的机械和物理化学性能,通常是在特定的使用条件下具有某一种或多种所要求的特殊性能。这一类镀层品种繁多,而且随着工业生产和科学技术的发展,品种还会越来越多,产量也越来越大。主要的功能镀层有:

① 耐磨镀层。镀层硬度高,能增强零件的抗磨损性能。主要用于轴、活塞、汽缸、轧辊、模具、电子电器接插件等。代表性镀层有硬铬、硬金、复合镀层等。

② 减摩镀层。镀层摩擦系数低,具有自润滑性能或可留存润滑剂,能提高摩擦副的抗磨损性能。多用于需作相对运动的接触面,如轴瓦、轴套、活塞、汽缸等。代表性镀层有铅锡合金、铅锡铜合金、锡铜合金、松孔铬、自润滑复合镀层等。

③ 导电性镀层。镀层电导率高或接触电阻小,可提高基体表面的导电性能。主要用于制造印制电路板、电气互连、电子电器开关、接插件等。代表性镀层有铜、银及其合金、金及其合金等。

④ 钎焊性镀层。镀层具有优良的可钎焊性,分可溶性、非熔可溶性和非熔非溶性镀层三种。可溶性镀层在钎焊温度下熔融,如锡、锡铅合金、锡铋合金等;非熔可溶性镀层在钎焊温度下不熔,但在熔融钎焊料中溶解,如铜、银、金等;非熔非溶性镀层在钎焊温度下不熔,在熔融钎焊料中也不溶解,如镍及其合金等。

⑤ 磁性镀层。镀层具有磁性,常用的磁性镀层有镍铁合金、钴镍合金、钴镍磷合金等,多用作磁记录材料。

⑥ 光学镀层。镀层具有反光或消光作用,增强反光能力可镀铬、银或高锡青铜,防反光或吸收光能可镀黑镍、黑铬等。

⑦ 热处理用镀层。镀层主要用于渗碳、渗氮的热处理过程,利用碳、氮在这类镀层中扩散缓慢,防止碳、氮渗入所保护的基体部位,如防渗碳镀铜、防渗氮镀锡等。

⑧ 修复性镀层。镀层主要用于再制造工程,修复被磨损的工件,可用于修复尺寸的镀层金属有铜、铁、镍、铬等。

⑨ 其他功能性镀层。镀层抗硫酸和铬酸腐蚀,可镀铅或铅合金;抗高温氧化,可镀铬铝合金、铬钨合金或铂铱合金;增强钢与橡胶热压时的黏合性,可镀黄铜等。

2. 按电化学性质分类

按镀层与基体金属的电化学性质可分为阳极性镀层和阴极性镀层。

(1) 阳极性镀层。在使用环境下电极电位较基体金属负的镀层是阳极性镀层。如果阳极性镀层存在孔隙或发生破损,镀层由于电位较负成为腐蚀微电池的阳极遭到腐蚀,而基体电位较正成为阴极受到电化学保护。

(2) 阴极性镀层。在使用环境下电极电位较基体金属正的镀层是阴极性镀层。如果阴极性镀层存在孔隙或发生破损,镀层和基体就形成大阴极小阳极的腐蚀微电池,镀层为阴极,基体为阳极。致密无孔的阴极性镀层可以起到机械隔离作用,一旦有孔隙或破损,不但不能保护基体金属,反而会加速孔隙或破损处的基体金属的腐蚀速度。

阳极性镀层对基体具有电化学保护作用,比阴极性镀层能更有效地保护基体,因此防护性镀层往往采用阳极性镀层;外观漂亮的镀层的电极电位大多比钢铁正,是阴极性镀层,所以钢铁基体的防护装饰性镀层往往采用多层组合的形式,提高隔离效率。

必须指出,金属的电极电位与环境介质有关,究竟是阳极性镀层还是阴极性镀层,必须依镀层和基体在使用环境中的电极电位的相对大小而定。例如在室温下,锌对碳钢而言是典型的阳极性镀层,但在70~80℃的热水中,锌的电极电位比铁正,是阴极性镀层;锡在一般情况下是钢铁的阴极性镀层,但在有机酸介质中却变成阳极性镀层。

此外,并非电极电位比基体金属负的金属都适合用作防护性镀层,只有镀层金属在所处的环境介质中是稳定的或腐蚀速度很小,用作防护性镀层才经济有效。如果镀层金属不稳定,在环境介质中被很快腐蚀掉,就失去对基体的保护作用。如锌在一般大气中能形成稳定的碱式碳酸锌膜,使锌不再继续腐蚀或腐蚀速度大大减慢,因而可以用作碳钢在一般大气条件下的防护性镀层;但锌在海洋性气候中,由于形成易溶的氯化物,腐蚀速度很快,因此锌不适合在海洋性气候下作钢铁基体的防护性镀层。

第二节 电镀的发展简史

1803年法国的L. Brugnatelli就利用Volta电堆进行了银片上镀金的试验,这是最早进行的电镀科学试验,论文辗转于1805年在比利时发表,是最早的电镀文献。

1840年,J. Wright发现氰化钾是适合用于电镀金和银的电解质。同年,Elkington兄弟获得氰化镀银专利并创办电镀工厂进行镀银茶具、发饰、餐具、灯饰等的生产,他们开创了最早的电镀企业,也是电镀工业开始的标志。

1838年,旅居俄罗斯的德国人B. S. Jacobi首先在酸性硫酸铜溶液中实现了电铸铜。1840年起他领导的实验室开始了酸性镀铜的生产应用,例如制造钱币和印刷电路板,为皇宫和教堂进行雕像和浮雕的电镀等。

电镀镍的研究始于1837年。1842年R. Böttger申请利用硫酸镍和硫酸铵溶液电镀镍的第

一个实用专利。1868年 I. Adams 改进了硫酸铵—硫酸镍镀镍溶液,并创办工厂进行生产。在他的大力推广下,电镀镍得到了广泛的应用。至1886年,用于电镀的镍的世界年消耗量达到了135吨,Adams 后来被誉为镀镍先驱。1916年, O. P. Watts 提出硼酸作缓冲剂的快速镀镍工艺,即 Watts 镍,由于性能优异,自此取代了硫酸铵—硫酸镍型镀液而成为电镀镍的主导工艺。

1858年 A. Geuter 发表了第一篇镀铬论文,但直到1920年 G. J. Sargent 提出在铬酸溶液中加入少量硫酸可沉积出光亮的金属铬后,电镀铬才真正成为实用的技术。

第一个电镀锌的专利于1852年公布,但直到1916年电镀锌才开始工业使用。1935年碱性氰化物光亮镀锌的出现,使电镀锌开始得到大规模的应用。1934年开始采用电镀锡替代传统的热镀锡生产马口铁。至此,电镀工业已形成较为完整的体系。

早期电镀电源采用电池组供电,难以实现规模化生产。1873年,有过电镀厂工作经历的 E. Westone 开发了用于电镀的直流发电机,促进了电镀工业的快速发展。

第二次世界大战后,汽车工业对电镀产品的需求量大增,为了省却机械抛光和节省镍资源,推动了电镀光亮剂的研发。1953年化学镀铜和电镀铜成功用于孔金属化互连,电镀锡铅合金用作抗蚀刻保护层,自此,电镀成为印制板制造业中的不可缺少的重要工艺,在现代电子工业和信息产业的飞速发展中起着非常重要的作用。

第三节 电镀工业的现状与发展趋势

一、电镀工业的现状

随着科学技术与生产的发展,电镀所涉及的领域越来越广,人们对镀层的要求也越来越高,电镀技术也获得了飞速发展。

电镀品种从单金属、合金到复合镀层,从单纯防护性、装饰性到功能性镀层,丰富多彩;被镀覆的基体材料也越来越多,从钢铁、铜材、不锈钢到轻合金,从塑料、玻璃、陶瓷到纤维等都可进行电镀;施镀方式也有挂镀、滚镀、刷镀和选择镀;缩小极间距离,强制镀液高速流动的高速电镀和喷射电镀,使沉积速度提高几十倍或成百倍;使用脉冲电源的脉冲电镀,与一般直流电镀相比,可明显提高镀层质量。

电镀电源经过了直流发电机、硒整流、硅整流、可控硅电源到高频开关电源的发展。高频开关电源具有高效节能、重量轻、体积小、动态性能好、适应性强的特点,有利于实现工艺过程自动化和智能化控制。各式各样的电镀生产线、自动线已在生产中使用,专业辅助设备,如压滤机、无油空气压缩机、自动加料机、清洗机、干燥机等也都有了很大的发展和广泛的使用。

电镀工业是我国重要的加工行业,据不完全统计,全国现有约20000家电镀厂(点),从业人数超过50万人,年电镀面积约5亿平方米,电镀加工年产值400多亿元人民币。

我国电镀企业规模普遍较小,少数合资企业或专业化企业拥有国际先进水平的设备和设施,但是大多数中小企业仍在使用许多过时的技术和设备,大量的生产线为半机械化和半自动

化控制,一些甚至为手工操作。大部分企业管理水平低,物耗、能耗高,效率低,与国外先进水平相比,差距甚大(见下表)。

几种主要镀种的物耗和水耗

项目名称	国际平均水平	国内经清洁生产审计企业平均水平
镀铜的物料利用率/%	90	65
镀镍的物料利用率/%	90	75
镀铬的物料利用率/%	24	10.5
单位水耗/ $t \cdot m^{-2}$	0.08	3.0

我国电镀行业总体环境表现令人担忧,据估计,每年大约要排放4亿吨含重金属的废水、50000吨固体废物和3000万立方米的酸雾。我国电镀工业的发展现状面临严峻的挑战,也是工业可持续发展关注的重点产业之一。

二、电镀工艺与技术的发展趋势

随着现代科学技术与现代工业的发展和需求以及全球范围内的环境应对策略的发展,我国电镀工业的发展趋势将特别注重高效、节能、降耗、减排工艺技术的发展,以下几个方面将是电镀工艺与技术的重点发展方向:

(1)随着科学技术的发展,人们对外观、耐用寿命和表面性能的要求总在不断增长和提高,高装饰性、高耐蚀性和高性能镀层仍将快速发展。

(2)发展电镀技术在微机电系统制造加工方面的应用,特别是电镀牺牲层工艺在制备三维微悬空结构方面有独特优势。

(3)电镀技术在新材料制备方面的应用与工程化研究,特别是制备半导体材料、纳米结构材料和新型功能材料的工程化。

(4)无毒或低毒、无排放或少排放工艺将取代有毒和有污染工艺技术,特别是无氰电镀、三价铬镀铬、代镉和代铬镀层的工艺以及离子液体技术将进一步提高和扩大应用。

(5)在电镀过程中通过引入或利用新技术和外部能量场如超声波、激光、电磁场以及电流波形与频率等改善和提高镀层质量,扩大电镀的应用领域。

(6)加强电镀生产中循环经济技术的开发与应用,我国将进一步完善和推广电镀工业园区的建设经验。

(7)提高电流效率和覆盖能力的新配方、新技术和节能、节水技术。

(8)电镀生产过程的监测和控制技术特别是自动监测和控制技术的发展和應用。