

电镀技术



应用丛书

电镀实用技术

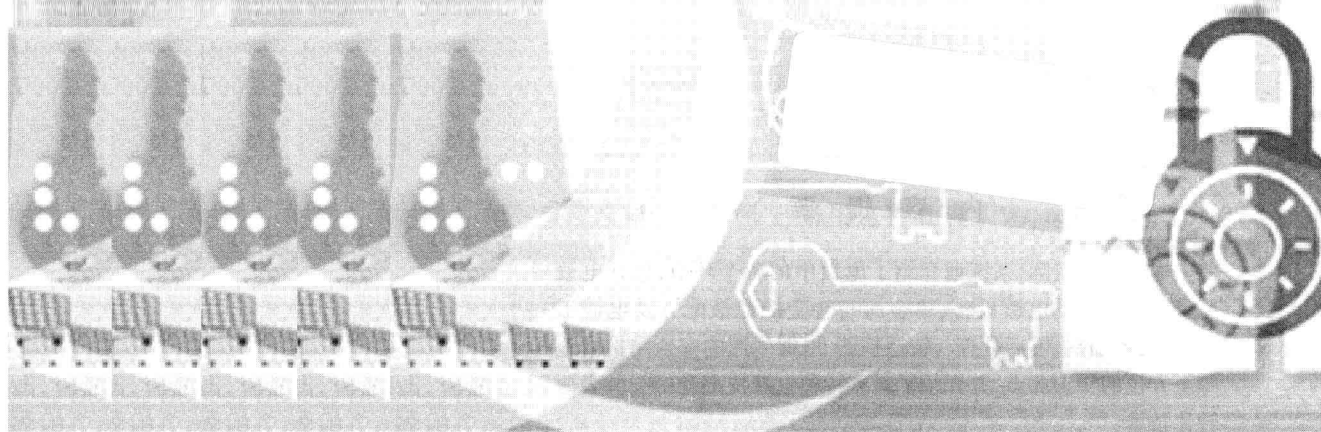
D

DIANDU SHIYONG JISHU

张胜涛 主编



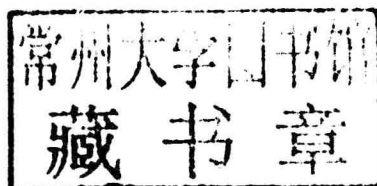
中国纺织出版社



电镀技术与应用丛书

电镀实用技术

张胜涛 主编



 中国纺织出版社

内 容 提 要

本书结合实际,系统地介绍了电镀中的各个环节,包括电镀原理、镀前处理、电镀设备、单金属与合金的镀液配方及电镀工艺、电镀添加剂、镀后处理与镀层检测、电镀生产的安全防护措施等全方位的知识要点,并介绍了新型特种电镀技术及相关的表面转化技术。

本书语言深入浅出,通俗易懂,可供电镀工程师及相关科技人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

电镀实用技术/张胜涛主编. —北京:中国纺织出版社,2011. 11

(电镀技术与应用丛书)

ISBN 978 - 7 - 5064 - 7981 - 3

I. ①电… II. ①张… III. ①电镀—技术 IV. ①TQ153

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 210218 号

策划编辑:贾 超 朱萍萍 责任编辑:范雨昕 责任校对:寇晨晨

责任设计:李 然 责任印制:何 艳

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

三河市华丰印刷厂印刷 三河市永成装订厂装订

各地新华书店经销

2011 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:24.25

字数:485 千字 定价:48.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社图书营销中心调换

电镀是一种表面处理工艺,主要用于钢铁的防腐蚀处理、金属材料的防护、装饰性能的获取以及材料表面耐磨、导电等方面。电镀已经广泛应用于工业生产及高精端科技领域,在机械、电子、石油化工、轻工、航空航天等领域都发挥了极其重要的作用。

本书结合实践,对电镀相关的各个环节进行了详细的介绍,对镀液配方以及工艺等关键环节做了重点的阐述。本书语言浅显易懂,可供电镀工程师以及相关科技人员学习参考。

本书共十一章,系统地对电镀过程的各个环节进行了详细的介绍。

第一章:绪论,扼要介绍了电镀的原理及其电化学基础知识,电镀的结晶过程、镀层的分类及电镀液的性能,并对电镀工业的发展进行展望。

第二章:电镀的前处理,详细介绍了电镀前处理的各种基本方法,包括粗糙表面的机械整平、表面除油及除锈方法等,并针对不同的基体材料和不同的电镀层,选录了一些较为经典实用的工艺实例。

第三章:电镀常用设备,介绍了电镀的电气设备、镀前处理设备、镀槽和其他辅助设备。

第四章:电镀单金属,介绍了电镀单金属(铜、镍、铬、锌、锡、银、金、铁)的电镀原理、溶液的配方及工艺规范、各添加物的作用、工艺条件的影响、镀液的调整、杂质的去除及镀后处理。

第五章:电镀合金,介绍了电镀合金(铜基、锌基、锡基、镍基等)的电镀原理、镀液的配方及工艺规范、添加物的作用、镀后处理等。

第六章:特种电镀技术,介绍了高速电镀、电刷镀、机械镀、脉冲电镀等特种电镀技术。

第七章:表面转化技术,重点介绍了铝及其合金的表面处理技术、典型工艺及钢铁的氧化和磷化技术。

第八章:电镀添加剂,介绍了电镀添加剂的分类及其应用。

第九章:电镀的检测与控制技术,介绍了镀层性能和电镀液的检测及电镀过程的控制技术。

第十章:电镀生产的安全防护措施,详细介绍了电镀生产中产生的危害及其防范措施。

第十一章:电镀工业的污染治理,介绍了电镀产生的废气、废水、废渣的危害及处理办法。

本书由重庆大学化学化工学院的张胜涛主编,参加编写的还有重庆大学化学化工学院的韩晓燕、过月娥、陈孟丽、廖勇、黄淑梅、李文坡、白云、刘尊奇、沈利、李云菊、曹阿林、石兵兵、弓俊薇、康凯。此外,本书在编写过程中,参考了一些最新文献资料,并得到了许多同志的帮助和支持,在此谨向原作者及广大同仁表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限,书中疏忽及不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2011年8月

第一章 绪 论

第一节 电镀及其电化学基础	1
一、电镀 /	1
二、电镀相关的电化学基础 /	2
第二节 电结晶过程及镀层的分类	12
一、电镀结晶 /	12
二、镀层的分类 /	14
第三节 电镀液的性能	16
一、分散能力 /	17
二、覆盖能力 /	19
第四节 电镀工业的发展	20

第二章 电镀前处理

第一节 电镀前处理的重要性	22
一、基体表面状态对镀层结构的影响 /	22
二、基体表面状态对镀液覆盖能力的影响 /	22
三、基体表面状态对镀层结合力的影响 /	23
第二节 粗糙表面的整平处理	23
一、磨光 /	23
二、抛光 /	26
三、刷光 /	34
四、滚光 /	36
五、喷砂 /	38
第三节 基体材料的除油处理	39
一、有机溶剂除油 /	40
二、化学除油 /	42
三、电化学除油 /	45
四、其他除油方法 /	46
第四节 基体材料的除锈处理	47
一、化学除锈(化学浸蚀)法 /	48

二、电化学除锈(电化学浸蚀)法 / 50	
三、盐浴法 / 51	
第五节 金属材料的镀前处理.....	52
一、铝及其合金的镀前处理 / 52	
二、锌合金的镀前处理 / 60	
三、镁合金的镀前处理 / 62	
四、钛及其合金的镀前处理 / 64	
五、不锈钢的镀前处理 / 65	
六、钼及其合金的镀前处理 / 66	
七、铅及其合金的镀前处理 / 68	
第六节 非金属材料的镀前处理.....	69
一、塑料制品镀前的表面处理 / 70	
二、石膏镀前的表面处理 / 78	
三、木材镀前的表面处理 / 78	
四、陶瓷及玻璃镀前的表面处理 / 79	
五、其他非金属材料镀前的表面处理 / 81	
第七节 电镀不同金属镀层前基体材料的前处理.....	82
一、镀铝的基体材料的镀前处理 / 82	
二、镀铜的基体材料的镀前处理 / 82	
三、镀金的基体材料的镀前处理 / 85	
四、镀铅的基体材料的镀前处理 / 86	
五、镀银的基体材料的镀前处理 / 86	
六、镀锌的基体材料的镀前处理 / 88	
七、铬上镀铬的镀前处理 / 90	
八、合金电镀中的基体材料的镀前处理 / 90	

第三章 电镀常用设备

第一节 电气设备.....	91
一、电源设备 / 91	
二、线路设备 / 93	
第二节 镀前处理设备.....	93
一、整平设备 / 93	
二、喷砂清理设备 / 94	
三、滚光筒 / 95	

第三节 电镀镀槽设备	96
一、除油槽 /	96
二、清洗槽 /	96
三、浸蚀槽 /	97
四、电镀槽 /	97
第四节 通风设备	99
第五节 过滤设备	100
一、过滤原理 /	100
二、过滤方式 /	100
三、过滤装置选择的原则 /	100
四、常用过滤机的类型 /	101
五、常用滤芯的类型 /	101
第六节 干燥设备	102
一、常用的干燥设备 /	102
二、常见的干燥方法 /	103
第七节 电镀挂具及其输送设备	104
一、电镀挂具 /	104
二、输送设备 /	105

第四章 电镀单金属

第一节 镀锌	107
一、锌酸盐镀锌 /	107
二、氯化物镀锌 /	110
三、硫酸盐镀锌 /	115
四、镀锌的工艺流程 /	118
五、镀后处理 /	118
第二节 镀铜	124
一、氰化物镀铜 /	125
二、硫酸盐镀铜 /	129
三、焦磷酸盐镀铜 /	135
四、其他的镀铜方法 /	138
五、镀铜的工艺流程 /	139
六、不合格镀层的退除 /	139
第三节 镀镍	140

一、普通镀镍 /	141
二、光亮镀镍 /	147
三、多层镀镍 /	150
四、其他镀镍 /	151
五、镀镍的工艺流程 /	154
六、不合格镍层的退除 /	154
第四节 镀铬	155
一、装饰性镀铬 /	156
二、镀硬铬及松孔铬 /	158
三、镀黑铬 /	162
四、特殊防护性镀铬 /	163
五、镀铬的工艺流程 /	164
第五节 镀锡	164
一、碱性镀锡 /	165
二、酸性镀锡 /	167
三、镀锡的工艺流程 /	168
第六节 镀铁	169
一、氯化亚铁镀铁 /	169
二、硫酸亚铁镀铁 /	171
第七节 镀金	172
一、氰化物镀金 /	173
二、非氰化物镀金 /	174
三、镀金层的退除与金的回收 /	176
第八节 镀银	177
一、氰化物镀银 /	177
二、无氰镀银 /	180
三、镀银后的处理 /	181
第九节 镀铂	183
一、亚硝酸盐镀铂 /	184
二、其他镀铂工艺 /	185

第五章 电镀合金

第一节 概述	187
一、电镀合金的分类 /	187

二、电镀合金的特点 /	188
第二节 电镀锌合金	188
一、电镀锌镍合金 /	189
二、电镀锌钴合金 /	194
三、电镀锌铁合金 /	197
四、电镀其他锌合金 /	200
第三节 电镀铜合金	204
一、电镀铜锡合金 /	204
二、电镀铜锌合金 /	208
三、电镀仿金 /	210
第四节 电镀锡合金	211
一、电镀铅锡合金 /	211
二、电镀锡锌合金 /	213
三、电镀锡钴合金 /	216
四、电镀锡铋合金 /	218
五、电镀锡镍合金 /	220
六、其他电镀锡合金 /	222
第五节 电镀镍合金	223
一、电镀镍铁合金 /	223
二、电镀镍钴合金 /	225
三、电镀镍铬合金 /	228
四、电镀镍磷合金 /	229
五、其他电镀镍合金 /	230
第六节 其他电镀合金镀层	231
一、Ag—Sn 合金镀层 /	231
二、电镀 Au—X 合金 /	233

第六章 特种电镀技术

第一节 高速电镀	235
一、概述 /	235
二、高速电镀的基本原理 /	236
三、高速电镀的方法 /	237
第二节 电刷镀	238
一、概述 /	238

二、电刷镀的工艺原理 /	239
三、电刷镀的设备 /	240
四、电刷镀的工艺流程 /	241
第三节 机械镀	241
一、概述 /	241
二、机械镀的方法 /	241
三、机械镀的工艺 /	242
第四节 复合电镀	243
一、概述 /	243
二、复合电镀的特点 /	243
三、复合镀层的分类 /	244
四、复合电镀的原理 /	245
第五节 脉冲电镀	246
一、概述 /	246
二、常用脉冲电镀的方法 /	247
三、脉冲电流对电结晶的影响 /	248
第六节 化学镀	248
一、概述 /	248
二、化学镀镍溶液的组成 /	249
三、化学镀镍层的性能 /	251
四、化学镀镍的工业应用 /	252

第七章 表面转化技术

第一节 铝及其合金的阳极氧化	253
一、概述 /	253
二、氧化前的表面处理 /	254
三、化学氧化 /	257
四、电化学氧化 /	259
五、铝及其合金氧化膜的着色 /	266
六、氧化膜的封闭技术 /	267
七、铝及其合金不合格氧化膜的退除 /	267
第二节 钢铁件的氧化	268
一、概述 /	268
二、氧化膜的生成机理 /	269

三、溶液的配制 /	269
四、钢铁件的氧化工艺流程 /	270
五、氧化后的处理 /	271
第三节 钢铁件的磷化	272
一、概述 /	272
二、磷化工艺 /	273

第八章 电镀添加剂

第一节 电镀添加剂的概述	279
一、电镀添加剂的作用 /	279
二、电镀添加剂的分类 /	279
第二节 电镀添加剂的品种	281
一、镀铜添加剂 /	281
二、镀镍添加剂 /	283
三、镀铬添加剂 /	283
四、镀锌添加剂 /	284

第九章 电镀的检测与控制技术

第一节 镀层性能与基体材料性能的检测	285
一、金属的鉴定及表面粗糙度的测定 /	285
二、镀层厚度的鉴定 /	285
三、镀层机械性能的测定 /	290
四、镀层结合力实验 /	295
五、耐腐蚀性能的检测 /	297
六、表面缺陷的检测 /	302
七、镀层其他性能的检测 /	304
第二节 电镀液性能的检测	306
一、电镀液覆盖能力与分散能力的检测 /	306
二、电镀液整平能力的检测 /	311
三、霍尔槽试验 /	313
四、电镀液表面张力的检测 /	316
五、电镀液极化曲线的测定 /	317
第三节 电镀的控制技术	319
一、概述 /	319

- 二、电流效率的测定 / 319
- 三、电镀过程中电流效率的调节 / 319
- 四、沉积时镀层厚度的控制 / 320
- 五、电镀过程中其他参数的控制 / 321

第十章 电镀生产的安全防护措施

第一节 概述	322
一、专业基础的特殊性 /	322
二、复杂性、综合性和系统性 /	322
三、保证电镀安全生产的基本条件 /	322
第二节 电镀生产中常见的危险品与毒害品	323
一、气体 /	323
二、酸类 /	327
三、碱类 /	329
四、其他 /	330
第三节 电镀生产中防止各种化学介质对人体侵害的措施	332
一、电镀前准备作业的安全技术 /	332
二、使用酸和碱的安全技术 /	333
三、镀铬工作的安全技术 /	333
四、酸性电镀的安全技术 /	333
五、氰化物电解液电镀的安全技术 /	334
六、发蓝工作的安全技术 /	334
七、化学镀的安全技术 /	334
第四节 电镀工人的安全操作规程	334
第五节 电镀生产中化学烧伤、危险品中毒和触电的急救常识	335
一、化学烧伤 /	335
二、中毒 /	336
三、触电的急救常识 /	338

第十一章 电镀工业的污染治理

第一节 概述	341
一、电镀三废的来源 /	341
二、电镀三废的危害 /	341
三、电镀三废处理 /	342

第二节 电镀工业的清洁生产	343
一、电镀工业清洁生产的途径 /	343
二、电镀工业清洁生产的几项前沿技术 /	346
第三节 电镀废气污染的治理	347
一、电镀废气的治理方法 /	347
二、酸碱雾的控制 /	349
三、氮氧化物废气的治理 /	349
四、铬酸废气的治理 /	351
五、氯化氢废气的治理 /	351
六、硫酸废气的治理 /	352
七、氰化物废气的治理 /	352
第四节 电镀废水的处理与再利用	353
一、电镀废水处理技术的发展 /	353
二、含铬废水的处理 /	356
三、含氰废水的处理 /	360
四、含镍废水的处理 /	363
五、含镉废水的处理 /	365
六、镀铜废水的处理 /	365
七、非氰化物镀锌废水的处理 /	368
八、含金废水的回收处理 /	369
九、酸碱废水和混合废水的中和处理 /	369
第五节 电镀污泥的处置及回收利用	370
一、电镀污泥的安全处置 /	371
二、电镀污泥的综合利用 /	371
三、槽渣的处置与利用 /	373
参考文献 /	374

第一章 绪 论

第一节 电镀及其电化学基础

一、电镀

电镀是一种表面加工工艺,它是利用电化学方法将金属离子还原为金属,并沉积在金属或非金属制品的表面上,形成符合要求的平滑致密的金属覆盖层。其实质是给各种制品穿上一层金属“外衣”,这层金属“外衣”就叫做电镀层,它的性能在很大程度上取代了原来基体的性质。总体来说,电镀主要有以下几个方面的作用:

(1)提高基体的耐腐蚀、耐磨性能。如钢铁件镀锌,能有效避免基体金属被腐蚀。

(2)改善材料的外观质量。使产品美观,具有装饰作用。这类镀层的用量很大,而且经常是多层镀层。

(3)提高材料的功能性。赋予制品以特殊的性能。

(4)研制新型材料。随着科技的发展,人们对金属材料及非金属材料的性能提出了更高的要求。金属采用复合电镀等新型电镀技术后,可开发出更多性能更好的新型材料。

随着科学与生产技术的发展,电镀工业所应用的领域越来越广,人们对镀层的要求也越来越高。当前,金属镀层的应用已遍及经济活动的各个生产和研究部门,如机器制造、交通运输、化工、轻工、电子、仪器仪表、能源、兵器、航空、航天、原子能等,在生产实践中有着重大的意义。据粗略估计,全世界每年因腐蚀而报废的钢铁产品约占钢铁年产量的 1/3。腐蚀的后果,不仅是原材料的浪费和加工费用的损失,关键零部件或结构的破坏,还可能造成无法弥补的损失。作为抗腐蚀的主要手段之一,电镀工艺无疑做出了巨大的贡献。人们对防腐蚀镀层,常常又提出了一定的装饰要求,例如各类车辆、手机、家用电器、建筑五金等所使用的镀层,都具有防护与装饰的双重作用。此外,有些专以装饰为目的的镀层,例如仿金镀层,也必须具有一定的防护性能,否则它们的装饰作用就不可能持久。

具有特殊功能的各种镀层,早已广泛应用于生产,满足了各种各样的需要,如表 1-1 所示。按理说,耐大气腐蚀也是镀层的一种功能,考虑到它所涉及的范围非常广泛,是任何一种存在于空气中的物体都会遇到的问题,它的普遍性远远大于特殊性。所以,耐大气腐蚀的镀层不属于功能镀层。在很多情况下,往往只要有一个符合性能要求的表面层,就可以解决科学技术中的迫切需要。选择适当的电镀层,常常就能够很好地完成这一任务。因此,功能

镀层的重要性越来越突出。还有,使用镀层代替整体材料,也是节约贵重金属的一个好途径。例如,在普通碳钢表面镀一层硬度高的铬,即可在很多应用场合取代硬质合金钢。因此,电镀不仅仅是为防护与装饰目的服务的重要手段,而且已发展成为制备表面功能材料的一种有效的方法。

表 1-1 镀层提高被镀材料功能性的主要方面

镀层作用	镀层材料	应用举例
提高耐磨性	铬、铱等其他硬金属	多采用镀硬铬提高工件的耐磨性,如发动机气缸、活塞环、大型轴类、冲模内腔
增强导电性	银、金、铜、镍等	高压电器、无线电通信、电子仪器等
提高减摩性	锡、铅锡、锡钴、铜铅等二元合金,铅锡铋等三元合金	轴瓦、轴套
增强修复性	铬、钛、铜、镍等	发电机的转轴、内燃机曲轴、齿轮和花键、化纤和纺织机械的压辊等
增强导磁性	铁镍、镍钴	录像机、录像带、磁盘等存储装置
提高泛光性	铬、银、金及高锡青铜等	大型反光镜、聚光灯等
提高焊接性	锡	改善电子元件的焊接性
增强防渗性	铜	防止局部渗碳、渗氮、碳氮共渗等

值得注意的是,电镀工业在提高镀层质量的同时,还必须努力研究,在满足一定要求的前提下,减小金属镀层的厚度,使工艺过程中的能耗尽可能地降低,设法减轻对环境的污染和降低污水处理的费用等。

二、电镀相关的电化学基础

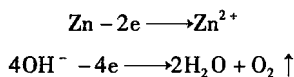
1. 导体

凡是依靠物体内部自由电子的定向运动而导电的物体,即载流子为自由电子(或空穴)的导体叫做电子导体,也称为第一类导体,如金属、合金、石墨及某些固体金属化合物。

凡是依靠物体内的离子运动而导电的导体叫做离子导体,也称为第二类导体,如各种电解质溶液。

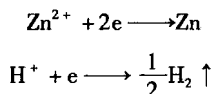
既然存在着两类导体,有不同的载流子,那么两类导体的导电方式是怎样相互转化的呢?如果仔细观察电解池通电时,如电镀时,就容易发现:在导电的同时,电解池的两个极板上有化学反应发生。如镀锌过程:

在正极(锌板)上发生氧化反应:



负离子 OH^- 所带的负电荷通过氧化反应,以电子的形式传递给锌板,成为金属中的自由电子。

在负极(镀件)上发生还原反应:

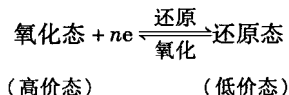


正离子 H^+ , Zn^{2+} 所带的正电荷通过还原反应,以从负极取走电子的形式形成氢原子或锌原子。

这样,从外电源 E 的负极流出的电子,到了电解池的负极,经过还原反应,将负电荷传递给溶液(电子与正离子复合,等于溶液中负电荷增加)。在溶液中依靠正离子向负极运动,负离子向正极运动,将负电荷传递到了正极。又经过氧化反应,将负电荷以电子形式传递给电极,极板上积累的自由电子经过导线流回电源 E 的正极。由此可见,两类导体导电方式的转化是通过电极上的氧化还原反应实现的。

在电化学中,通常把发生氧化反应(失电子反应)的电极叫做阳极;把发生还原反应(得电子反应)的电极叫做阴极。

在氧化还原反应中,氧化剂及其对应的还原产物、还原剂及其对应的氧化产物,分别是两类不同价态的物质,这两类物质存在着如下的关系:



化学上,常把电极反应中的氧化态物质和对应的还原态物质合称为氧化还原电对,简称电对,以“氧化态/还原态”形式表示。电极就是由氧化还原电对和导电体所构成的。许多由金属单质及其相应离子组成的电对中,金属单质就是电的良导体,这类电对可直接成为电极,如 Zn^{2+}/Zn , Fe^{2+}/Fe 等。由不同价态金属离子或非金属元素组成的电对,都需辅加固态导体才能成为电极。常用的辅加导体有铂、石墨等。它们不参加电极反应,因此有时也称为惰性电极。

2. 原电池、电解池、腐蚀电池

根据电化学反应发生的条件和结果,通常把电化学体系分为三大类型,即原电池(自发电池)、电解池和腐蚀电池。

(1)原电池。浸在电解质溶液中的两个电极,当其与外电路中的负载接通后,能够自发地将电流输送到外电路中而做功,这类装置称为原电池或自发电池。常用的锌锰干电池和铅酸蓄电池等,都属于这类装置。

图 1-1 是铜—锌原电池示意图。它是由两个电极和连接电极的电解质溶液组成的。当用导线将两个电极接通后,在锌电极上发生氧化反应: