

刘仁志 编著

现代

电镀手册

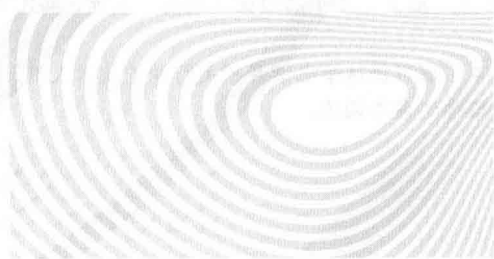
Modern  
Electroplating  
Handbook



化学工业出版社

刘仁志 编著

现代



电镀手册

Modern

Electroplating

Handbook



化学工业出版社

·北京·

本手册是为适应新时期工业技术发展形势而编写的电镀工具书，其中融入了作者多年实践经验。编写中，跳出了过去工业分工的框框，力求从更为全面的角度，将现代电镀技术的成果加以汇总，以反映现代电镀技术的全貌，并将电镀生产、科研、管理、维护等需要的参数、数据、信息一并收入，为读者提供“一站式”服务。本手册遵循“全面、系统、实用、创新”的原则，为读者提供一本新颖、可靠的现代电镀手册。

本手册可供从事电镀及相关行业的技术人员、管理人员以及电镀技术工人查阅、使用，也可供相关专业院校师生参考阅读。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

现代电镀手册/刘仁志编著. —北京: 化学工业出版社, 2010. 5

ISBN 978-7-122-07872-8

I. 现… II. 刘… III. 电镀-技术手册 IV. TQ153-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 034773 号

---

责任编辑: 段志兵 王清颖

装帧设计: 张 辉

责任校对: 边 涛

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京云浩印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 52 字数 1381 千字 2010 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 158.00 元

版权所有 违者必究

京化广临字 2010—5 号



# 前 言

电镀技术发展到今天，已经成为现代制造中不可或缺的重要制造技术。其在现代工业中的地位，早已经超出过去只属于机械加工行业中一个分支的地位。特别是中国成为国际制造业基地以后，电镀工业的重要性已经显现出来，其发展也已经超出了我国工业体系原来为电镀划分的条条框框，走向了与国际接轨的道路。

但是，我国传统工业体制的影响不能说已经完全消除，这不仅在行业活动中有所反映，就是出版物，也多少受到一些影响，这在电镀行业是特别明显的。一些通用的电镀技术，在作为工艺应用到产品上时，会分出机械、电子、轻工、五金等不同的电镀工艺，行业内的交流非常活跃，而行业之间却很少往来。这种条块分割的现象虽然使某些领域的电镀技术获得了发展，也在一些电镀攻关项目中取得了重要的技术成果，但是从整体上还是制约了我国电镀技术的提升与发展，这种现象在改革开放中得到了缓解，同时也出现了发展不均衡的现象。

改革开放给电镀技术带来的机遇是空前的，和其他各行各业一样，电镀业在这几十年的发展中呈现出全景式的跳跃。打开国门让世界的先进制造技术包括现代电镀技术在各个制造基地中广泛应用并创造出大量的价值。同时，也对电镀提出了新的要求。一方面，全球性的竞争要求我国电镀企业尽快提升技术水准和实力。另一方面，随着产品更新换代周期的缩短，对技术的进步和工艺的更新也提出了更高的要求。可以说奥林匹克精神在这里也得到了体现，“更快、更强、更高”同样成为企业竞争的原则，而要做到更快、更强、更高，就必须拥有更先进的技术和工艺。正是这种市场的强大需求，促进了技术的进步和发展。显然，那些采用先进技术和工艺、采用先进设备和材料的企业，在竞争中有着明显的优势。这种情况在电镀产业中也不例外。

更多的企业和从业者希望从成功的企业中获得信息和数据，来作为借鉴。更多的人希望有方便查阅的技术资料在手边，以供指导生产实践和技术实验。特别是在浩如烟海的大量数据和参数中，如果能集中而又全面地从一本手册中查找到需要的数据，那是极为畅快的事。这就是各种电镀手册应运而生并受到读者欢迎的原因。而将先进的技术加以总结和归纳，提供给更多的人分享，创造出更多的价值，则是科技作家和出版者的重要责任。

正是出于这种考虑，我们编写了这本《现代电镀手册》，跳出我国过去工业分工的框框，力求从更为全面的角度，将现代电镀技术的成果加以汇总，以反映现代电镀技术的全貌，并将电镀生产、科研、管理、维护等需要的参数、数据、信息一并收入，为读者提供“一站式”服务。

## 二

在本手册的编写中，我们尽力体现以下几个特点：全面、系统、实用、创新。

### 1. 力求全面

“全面”是指手册包括了电镀技术中从前处理到各个镀种和后处理等技术与工艺。收录了所有具有工业价值的单金属镀种和常用的合金镀种，对不常用但有特殊用途的镀种也列入其中，包括因为环保等原因限制使用的镀种，鉴于技术和科研的需要，也保留有相应的数据，比如镀镉、镀铅等。在基础工艺技术中将与电镀工艺有关的参数对电镀的影响，做了详细介绍，同时也融入了电镀技术管理和生产管理的内容。

考虑到非水溶液的电沉积在电镀中也有应用前景，本书首次将非水溶液的电化学和电沉积收录在册，填补了电镀类技术书在这方面的空白。可以说本手册是电镀技术的百科全书式工具书。

作为必不可少的内容，本书也收录了与电镀有关的检验、检测、化验方法，设备与工具数据、基材信息与数据等。由于电镀生产企业所负有的环境保护的责任，清洁生产和环境保护技术当然也是手册的重要内容之一。

### 2. 保持系统

本书系统地介绍了电镀工艺流程中各个环节的技术方案、工艺配方、操作要点和注意事项。同时从电镀基础工艺理论到实验技巧、测试技术、清洁生产、环保技术、参考标准、管理建议以及创新思维等，给了读者系统了解和掌握电镀技术的重要平台。这样既可供专业人员使用，也方便其他专业人员系统了解电镀技术，对学习电镀专业的读者也是一本很好的系统的工具书。基于同样的理由，手册在介绍相关技术背景时对一些重要的历史发展过程做了陈述，以便加深读者对当代技术的认识。

### 3. 实用、方便

保持实用性是本书编著的一大原则，电镀技术本身就是实践性强的学科。本手册介绍的工艺都具有可操作性，或有重要参考价值。这对于指导电镀生产实践，提升现场管理水平，开展电镀工艺实验和保证电镀质量的持续改进，都有重要指导作用。

本书从写作到编排和制作，都考虑到了方便读者的需要，为使读者能从本手册中获得更多的信息，将需要的信息都加以收录，同时注重实用和有效，使读者可以通过查阅解决问题或找到解决问题的思路。同时在介绍一个工艺而需要参阅书内有关联的内容时，也在书中列出可资参考的章节号，方便查找。

### 4. 坚持创新

这里所说的创新包含有两个方面的含义，一是写作方面的，另一个是内容方面的。为了让读者更深入地了解从而更好地应用电镀技术，本书在写作中做了一些创新的尝试，主要是为了让科技书也能活跃一些。读者在阅读过程中会感受到这种用意，比如为了满足探究兴趣和适当的技术延伸，会用小字号增补一些背景资料。这些内容不影响整体的内容，可以有空时再来读。另一个重要的创新就是开列了以创新为题的专篇，其中有一些可能会被认为是科学幻想的例子，比如半导体电镀、无基体电成型等。创新是所有技术发展的灵魂，很多今天已经成为事实的技术，当初都是被当做科学幻想提出来的。作者希望有些读者可以从这个章节中找到灵感。

## 三

电镀技术发展到现在，有很多值得关注的要点，在本书中也做了较为详细的介绍。

首先是电镀的微观测试与镀层组织、镀层性能及电镀工艺的关系。

电镀在现代制造中的地位如前已述，而电镀技术在现代制造中的作用也已经由以往的防护和装饰作用为主转变为以功能性作用为主。随着功能性要求越来越高，保证电镀层功能性的技术措施和测试手段也越来越先进。从而可以获取更多的镀层信息，特别是微观信息。也

就是说，电镀功能性镀层的控制进入了微观检测和控制的年代。本书将可以收集到的镀层的结晶结构和相关微观测试结果在各镀种中加以介绍，从而为控制功能性镀层的工艺参数提供了重要参考。这对于无论是力学性能还是电子性能的功能镀层，都是很有实际意义的信息，比如印制板孔金属化镀层的组织结构与印制板的可靠性有直接关系，而微波传导镀层对镀层的结晶状态也有严格要求。没有微观观测手段，要想控制好这些参数是很困难的。

有关镀层的微观结构，虽然在不同时期有不少研究者都做过一些相关的工作，但是基本上是分散和不成体系的。在镀层微观结构方面长期和系统地做了研究工作的要数日本东京都立大学的渡边辙博士。本书关于镀层微观结构的许多图片，均引自他的专著《精细电镀：镀层微观结构与分析方法》（2003年2月，日本科技信息协会），中译本已经由化学工业出版社以《纳米电镀》的书名出版。

另一个值得关注的要点是电铸技术的发展。电铸在我国一直是作为电镀技术的分支而存在，没有形成专门的行业规模，在技术信息方面也没有独立的平台。在化学工业出版社出版的电铸专著《实用电铸技术》以前，电铸技术资料大多只能从电镀类书中查到，为了照顾这个传统，本书还是专门将电铸作为一个篇章加以介绍。实际上，随着现代制造的发展，电铸技术已经不仅仅是精细模具制造的重要手段，还已经成为产品直接制造的重要手段。一些特型制件可以直接用电铸法进行生产，特别是个性化小批量的特型制件，量小批次多，不宜用模具生产而用常规工具又难以生产时，电铸就成为重要的手段。

还有一个重要的内容是非水溶液中的电沉积，这在前面已经提到过，这一方面与铝等在水溶液中不能电镀的金属有关，同时与太阳能电池用半导体的电沉积，也有一定关系。并且随着电沉积技术的精细化，不排放的封闭系统采用非水溶液电沉积方法，可望取代一部分传统的电镀技术。这在节约水资源和保护我们赖以生存的环境方面是有积极意义的。

为了生存环境的安全，为了社会的可持续发展，在电镀生产中推行清洁生产已经是当务之急，这无疑是最值得关注的要点。电镀工业属于重要资源和能源消耗的部门，遵循清洁生产的法律法规是基本的要求和义务。为此，本书不仅有专门的篇章介绍清洁生产 and 环境保护技术，而且在具体的镀种和工艺中，注意推介具有可持续发展特点的新工艺和新技术，包括节能型、替代型、环保型镀种。对于因为影响环境安全而限制使用的镀种，在介绍技术的同时，提供替代技术和需要采取防护和环保的措施。

在本书的最后一篇，对电镀的未来做了构想。所提出的课题都是基于现代成熟技术的基础之上，有很大的创新空间，可以启发读者去进一步发挥。电镀有更多的构想需进一步开发，需要更多的人参与，这些人就在我们的读者当中。电镀技术创新的新篇章，将由各位读者一起谱写。一个国家、一个民族，只有创新，才能自立于世界民族之林。一个行业、一门学科、一项技术就更是如此。

#### 四

本书虽然是以我单薄的力量独立完成，但其实是博采众人之长，收集了大量的资料，参考了许多书籍和网络信息。化学工业出版社的编辑也给予了协助，对本书的编著提供了非常专业的意见和建议。整个编写过程历时两年，经过反复校正和补充，对最新电镀技术进展尽量进行了更新和采集，充分发挥了采用电脑写作的优势。这在保证本书的专业和实用性的同时，也保持了其现代性。因此，说它是一本现代电镀手册是实至名归的。

但是，一个人的能力毕竟有限，也存在囿于见闻、难免疏漏的问题。还望广大读者不吝赐教，以期有机会增补和订正。

成就本书，我要感谢从小学到中学、中专、大学的各位老师，包括武汉二十小（民族路小学）的张安心老师。武汉七中的万林老师、黄炳炽老师；武汉710厂中专的钟锡培老师、

刘志康老师；天津大学的陈建勋老师、刘淑兰教授、郭鹤桐教授；武汉大学的陈永言教授、黄清安教授，等等。是他们的谆谆教导使我成长为珍视知识、敬畏自然、崇尚科学、追求真理的科技工作者。这本书应该是向他们做出的汇报。他们中有的已经不在人世，但他们的治学精神和实事求是的科学态度却永远激励着我。

这本书也要献给我的家人，特别是我的爱妻郭淑云。30多年来，是她的理解和支持使我得以有更多时间和精力投入到技术钻研、收集资料和写作中去。可以说这本书同样有她的一份功劳。

最后，我要将这本书献给我在天的父亲刘行敏和仍然健在年近9旬的母亲章清和。他们是天下无数默默无闻、无私奉献的父母之一。他们以自己的忠厚、勤劳、正直和讷于言、敏于行的身教，养成了我们子女们同样的禀性。他们虽然都没有上过学，但是却以自修达到了能读书看报的能力，这种好学的精神无疑也感染了我，使我特别懂得学习的重要。

因此，我愿以遵循学习、学习、再学习的精神，回报社会。并与读者共勉。

刘仁志

## 欢迎订阅表面技术专业科技图书

### • 专业书目

书 名	单价	ISBN 号
专业工具书		
表面工程技术手册(上)	130	7502573186
表面工程技术手册(下)	130	7502573194
涂装车间设计手册	49	9787122023650
实用清洗技术手册(二版)	69	7502568034
表面工程手册	90	7502519920
防腐蚀涂装工程手册	49	9787122026866
简明电镀手册	48	9787122013484
现代涂装手册	148	
电镀技术		
表面处理清洁生产技术丛书——镀覆前表面处理	20	7502584471
表面处理清洁生产技术丛书——镀铜	20	9787122009296
表面处理清洁生产技术丛书——镀锌	15	750258434X
表面处理清洁生产技术丛书——镀铬涂层技术	18	9787122014047
表面处理清洁生产技术丛书——印制电路板电镀	15	9787122020406
电镀材料和设备手册	58	9787122000095
电镀层退除技术	16	9787122005076
电镀废弃物与材料的回收利用	24	7502557989
电镀废水处理技术及工程实例(二版)	48	9787122034908
电镀工安全技术	15	7502574220
电镀工程	40	7502538011
电镀工人技术问答	20	9787122001221
电镀工艺及产品报价实务	29	9787122023995
电镀工艺与设备	54	7502575529
电镀故障分析与处理问答	26	9787122010780
电镀故障精解	48	9787122010117
电镀挂具	29	9787502598549
电镀后处理	16	9787122017482
电镀检测与试验问答	22	9787122026477
电镀件装挂技术问答	26	9787122030122
电镀理论与工艺	39	9787122030023
电镀配合物——理论与应用	96	9787122011077
电镀生产管理 8 讲	25	9787502593254
电镀实践 600 例	30	7502548513
电镀实践 900 例	39	9787502598273



续表

书 名	单价	ISBN 号
电镀自动线生产技术问答	22	9787122026651
电子电镀技术	48	9787122014740
镀铬修复及应用实例	28	7502584021
镀镍技术丛书——镀镍工艺基础	20	9787502592547
镀镍技术丛书——镀镍合金	38	9787122009227
镀镍技术丛书——光亮镀镍	30	9787502595210
镀铁铜镍及合金修复技术	20	7502589511
非金属电镀与精饰——技术与实践	35	7502584188
腐蚀与防护全书——实用电镀技术	25	7502534903
复合电镀技术	48	9787502593278
钢材热镀锌	59	750258045X
钢带热镀锌技术问答	32	9787122006899
工人岗位培训实用技术读本——电镀技术	27	7502540407
纳米电镀	58	9787502593247
实用电镀技术丛书——彩色电镀技术	27	9787122010469
实用电镀技术丛书——电镀清洁生产工艺	35	7502562060
实用电镀技术丛书——电镀溶液分析技术	35	9787502532598
实用电镀技术丛书——电镀溶液与镀层性能测试	19	9787502535391
实用电镀技术丛书——化学镀实用技术	42	7502548572
实用电镀技术丛书——实用电镀添加剂	48	9787502590277
实用装饰性镀层与涂层	36	7502589546
刷镀技术	28	7502547975
塑料电镀工艺技术和生产管理	45	9787122032997
特种电镀技术	22	7502555110
涂镀三废处理工艺与设备	38	7502582045
现代电镀	88	7502590307
锌合金压铸件电镀	58	9787122036865
职业技能操作训练丛书——电镀工	25	9787502597122
涂装与涂层		
防腐蚀涂料涂装和质量控制	36	7502531262
防腐蚀涂料与涂装技术	25	7502535306
防腐蚀涂料与涂装应用	98	9787122017741
防腐蚀涂装技术问答	20	9787122028464
粉末涂料与涂装工艺学	65	9787122020628
粉末涂料与涂装技术(二版)	70	9787122025531
氟树脂涂料及应用	30	7502549102
家电涂料与涂装技术	36	7502534369

续表

书 名	单价	ISBN 号
家具涂料与涂装技术(二版)	25	9787122025296
建筑涂料与涂装技术 400 问(三版)	29	9787122029270
聚氨酯树脂防腐涂料及应用	35	7502581456
聚苯硫醚涂料及应用	28	9787122002341
木材涂料与涂装技术	38	9787122028907
木器涂料涂装技术问答	25	9787122016812
木质品涂饰工艺	36	7502584943
喷丸(砂)、喷涂技术及装备	25	9787122015099
汽车涂装工艺技术	48	7502563598
桥梁涂装工程	48	9787122036339
实用涂装基础及技巧(二版)	36	9787122023087
实用装饰性镀层与涂层	36	7502589546
涂镀三废处理工艺与设备	38	7502582045
涂料工艺(上、下)(三版)	198	7502518940
涂料生产与涂装工艺	25	9787502599065
涂料行业职业技能鉴定培训教材——地坪涂料与涂装工	28	7502581766
涂料行业职业技能鉴定培训教材——防腐蚀涂料与涂装工	25	7502582940
涂料行业职业技能鉴定培训教材——建筑涂料与涂装工	20	7502586695
涂料行业职业技能鉴定培训教材——木用涂料与涂装工	20	9787122035905
涂料与涂装技术	36	7502578528
涂料与涂装科学技术基础(郑顺兴)	38	9787122001870
涂饰工程	28	9787122037145
涂装表面预处理技术与应用	38	7502560904
涂装工艺学(二版)	28	9787502597009
涂装工艺与设备	46	7502556354
涂装质量控制技巧问答	28	9787122004574
涂装作业安全技术	28	7502569499
表面清洗技术		
电力工业清洗技术	40	7502563806
钢材酸洗技术	39	9787122005199
高压水射流清洗技术及应用	29	7502577785
工业清洗及应用实例(二版)	28	9787502597900
工业清洗技术	35	7502543430
工业清洗剂及清洗技术	45	7502536043
工业清洗剂配方与工艺	36	9787122015006
金属表面清洗技术	29	9787122003249
金属清洗技术(二版)	35	9787122003911

续表

书 名	单价	ISBN 号
精密洗净技术	26	7502563121
石材清洗、防护、粘接与深加工	68	7502576541
实用化学清洗技术(二版)	20	7502530010
职业技能鉴定培训教程——化工清洗工(初级、中级)	18	9787122007421
职业技能鉴定培训教程——化工清洗工(高级、技师、高级技师)	22	9787122007407
中央空调清洗技术	30	9787122025272
其他表面技术		
玻璃表面处理技术	76	7502553630
不锈钢表面处理技术	32	7502558659
材料表面强化技术	55	7502566414
钢铁制品表面着色技术	28	9787502597467
硅及其氧化物的电化学——表面反应、结构和微加工	68	7502556982
金属表面抛光技术	29	7502586539
金属表面艺术装饰处理	36	9787122022639
铝合金表面氧化处理问答	20	9787122011138
铝合金阳极氧化与表面处理技术	45	9787502555504
模具表面处理与表面加工	68	9787502590147
模具材料及表面工程技术	15	9787122015563
木材工业丛书——木质材料表面装饰技术	38	7502590862
生物医用钛材料及其表面改性	38	9787122036513
实用表面前处理手册(二版)	45	7502592040
陶瓷材料表面改性技术	38	7502581944
现代表面工程技术	32	7502579214
现代腐蚀全书——防腐蚀表面工程技术	88	750254030X
现代金属表面合金化技术	28	9787502598815
印刷品表面整饰	15	9787502592691
铝合金纹理蚀刻技术	38	9787502593209



# 章 目

## 第一篇 电镀准备知识与电镀标准

- 第 1 章 电镀准备知识 ..... 3
- 第 2 章 电镀标准 ..... 16

## 第二篇 电镀常用数据

- 第 3 章 常用参数 ..... 27
- 第 4 章 物理化学数据 ..... 38
- 第 5 章 电镀基体材料 ..... 49

## 第三篇 电镀技术基础

- 第 6 章 电镀原理 ..... 71
- 第 7 章 电镀过程涉及的相关计算 ..... 90
- 第 8 章 电镀添加剂 ..... 104
- 第 9 章 镀层结晶组织 ..... 117

## 第四篇 电镀设备和工艺基础

- 第 10 章 电镀设备和资源 ..... 137
- 第 11 章 电镀工艺基础 ..... 161

## 第五篇 金属表面电镀

- 第 12 章 镀前处理 ..... 195
- 第 13 章 镀锌 ..... 220
- 第 14 章 镀镉 ..... 232
- 第 15 章 镀铜 ..... 241
- 第 16 章 镀镍 ..... 254
- 第 17 章 镀钴 ..... 263
- 第 18 章 镀铁 ..... 268
- 第 19 章 镀铬 ..... 277
- 第 20 章 镀锡 ..... 289
- 第 21 章 镀铅 ..... 301
- 第 22 章 镀金 ..... 305
- 第 23 章 镀银 ..... 312
- 第 24 章 镀其他贵金属 ..... 322
- 第 25 章 合金电镀 ..... 333
- 第 26 章 化学镀 ..... 353
- 第 27 章 复合电镀和纳米电镀 ..... 369
- 第 28 章 镀层退除技术 ..... 383

## 第六篇 非金属表面电镀

- 第 29 章 非金属表面金属化工艺 ..... 421
- 第 30 章 ABS 塑料电镀 ..... 430
- 第 31 章 PP 塑料电镀 ..... 442
- 第 32 章 玻璃钢电镀 ..... 458
- 第 33 章 其他非金属材料上电镀 ..... 466
- 第 34 章 印制线路板电镀 ..... 480

## 第七篇 非水溶液电镀及与电镀 相关的镀覆技术

- 第 35 章 非水溶液电镀与熔融  
电镀 ..... 509
- 第 36 章 相关表面处理技术 ..... 520

## 第八篇 电铸技术与工艺

- 第 37 章 电铸技术概要 ..... 555
- 第 38 章 电铸原型 ..... 567
- 第 39 章 铜电铸 ..... 582
- 第 40 章 镍电铸 ..... 590
- 第 41 章 铁电铸 ..... 601
- 第 42 章 稀贵金属电铸和微型电铸 ..... 603

## 第九篇 轻金属表面处理工艺

- 第 43 章 轻金属表面电镀 ..... 613
- 第 44 章 轻金属表面氧化处理 ..... 622

## 第十篇 电镀生产管理与清洁生产

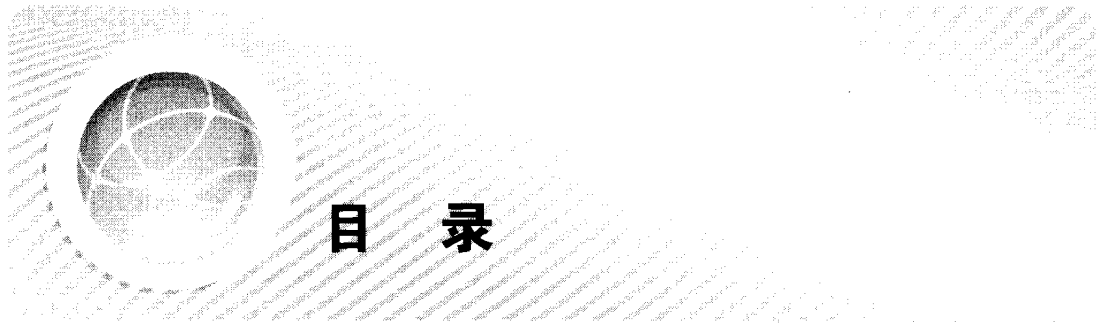
- 第 45 章 镀层的检测与试验 ..... 635
- 第 46 章 镀液的维护、检测与  
试验 ..... 655
- 第 47 章 霍尔槽试验 ..... 678
- 第 48 章 电镀生产管理 ..... 687
- 第 49 章 环境保护与电镀清洁生产 ..... 703

## 第十一篇 电镀技术创新

- 第 50 章 电镀技术创新 ..... 727

## 附录

## 参考文献



# 目 录

## 第一篇 电镀准备知识与电镀标准

<b>第 1 章 电镀准备知识</b> .....	3	<b>第 2 章 电镀标准</b> .....	16
1.1 电镀及电镀工业概述 .....	3	2.1 标准的概念和分类 .....	16
1.1.1 电镀的源起 .....	3	2.1.1 标准的概念 .....	16
1.1.2 电子和电能 .....	3	2.1.2 标准的分类 .....	16
1.1.3 电沉积技术的历史 .....	4	2.1.3 按标准组织生产的意义 .....	17
1.1.4 电镀工业与工艺 .....	5	2.2 各种电镀标准 .....	18
1.1.5 电镀信息与文献 .....	6	2.2.1 国家标准 .....	18
1.2 电镀技术的发展与应用 .....	7	2.2.2 国际标准 .....	18
1.2.1 电镀技术的发展 .....	7	2.2.2.1 国际标准化组织 ISO .....	18
1.2.2 电镀技术的应用 .....	9	2.2.2.2 其他国际标准 .....	19
1.2.3 电镀技术应用领域的扩展 .....	10	2.2.3 行业标准和企业标准 .....	20
1.3 电镀关键词和镀层标记方法 .....	11	2.2.3.1 行业标准 .....	20
1.3.1 电镀概念 .....	11	2.2.3.2 企业标准 .....	22
1.3.2 电镀关键词 .....	11	2.2.3.3 企业产品标准备案 .....	23
1.3.3 电镀层标记方法 .....	11	2.3 标准的采用和制定 .....	23
1.3.4 常见国外标准镀层标记方法 .....	13	2.3.1 采用标准 .....	23
1.3.5 电镀标注中的常见问题 .....	15	2.3.2 制定标准 .....	24
		2.3.3 标准化的未来 .....	24

## 第二篇 电镀常用数据

<b>第 3 章 常用参数</b> .....	27	3.1.4.3 常用有机化合物的性能 .....	33
3.1 元素与材料 .....	27	3.1.5 化学键与键能 .....	33
3.1.1 宇宙中的元素 .....	27	3.2 单位与计算 .....	34
3.1.2 电镀与元素周期律 .....	28	3.2.1 计量单位 .....	34
3.1.3 电镀常用的参数 .....	28	3.2.2 表面积计算 .....	35
3.1.3.1 常用化合物的金属含量 .....	28	3.2.2.1 几何表面积 .....	35
3.1.3.2 材料的密度 .....	29	3.2.2.2 真实表面积 .....	35
3.1.3.3 物质的溶解度 .....	29	3.2.2.3 微观表面 .....	35
3.1.4 常用有机物 .....	29	3.3 表面粗糙度 .....	36
3.1.4.1 有机物的概念 .....	30	3.3.1 表面粗糙度的概念 .....	36
3.1.4.2 有机物的分类 .....	30	3.3.2 表面粗糙度的定量表述 .....	36

3.3.3 表面粗糙度与光洁度的 对应关系 .....	36	5.1.3.3 铝的主要用途 .....	53
3.3.4 表面粗糙度的测量 .....	37	5.1.4 镁及其合金 .....	53
<b>第4章 物理化学数据</b> .....	38	5.1.4.1 镁的性能 .....	53
4.1 电化学数据 .....	38	5.1.4.2 镁合金材料分类 .....	54
4.1.1 物理化学常数 .....	38	5.1.4.3 镁及其合金的应用 .....	54
4.1.2 电化学参数 .....	38	5.2 金属基材性能和加工工艺对 电镀的影响 .....	55
4.1.2.1 电极电位 .....	38	5.2.1 不同材料性能和状态的 影响 .....	55
4.1.2.2 辅助电极电位 .....	39	5.2.1.1 材料性质的影响 .....	55
4.1.2.3 交换电流密度 .....	39	5.2.1.2 表面形貌方面的影响 .....	56
4.2 摩尔和当量 .....	40	5.2.1.3 微观结构方面的影响 .....	57
4.2.1 摩尔 .....	40	5.2.2 加工工艺的影响 .....	57
4.2.2 当量和电化学当量 .....	41	5.2.2.1 材料成型工艺的影响 .....	57
4.2.2.1 化学当量 .....	41	5.2.2.2 产品加工工艺的影响 .....	57
4.2.2.2 电化学当量 .....	41	5.2.3 加工流转和过程的影响 .....	58
4.2.3 电离常数 .....	42	5.3 塑料基材 .....	58
4.3 配位体及相关参数 .....	44	5.3.1 塑料的分类、组成及特性 .....	58
4.3.1 关于配位体 .....	44	5.3.1.1 塑料的分类 .....	58
4.3.1.1 配位体的构成 .....	44	5.3.1.2 塑料的成分 .....	59
4.3.1.2 配位体的分类 .....	45	5.3.1.3 塑料的特性 .....	60
4.3.1.3 配位体的理论 .....	46	5.3.2 常用塑料 .....	60
4.3.2 配位体常数 .....	47	5.3.3 塑料的成型 .....	61
4.3.2.1 配位体的稳定性 .....	47	5.4 现代材料 .....	61
4.3.2.2 配位体的不稳定常数 .....	47	5.4.1 复合材料 .....	62
4.3.3 配位剂在电镀中的应用 .....	47	5.4.1.1 复合材料及其分类 .....	62
4.3.3.1 在镀液配制中的应用 .....	47	5.4.1.2 复合材料的特点 .....	62
4.3.3.2 在镀液分析中的应用 .....	48	5.4.1.3 复合材料的应用 .....	62
4.3.3.3 在镀层退除中的应用 .....	48	5.4.2 复合材料的原料与成型 方法 .....	63
<b>第5章 电镀基体材料</b> .....	49	5.4.2.1 树脂基复合材料中的 纤维 .....	63
5.1 金属基材 .....	49	5.4.2.2 树脂基复合材料的 树脂 .....	65
5.1.1 钢铁 .....	49	5.4.2.3 固体填充料 .....	65
5.1.1.1 钢的分类 .....	49	5.4.2.4 复合材料的成型方法 .....	66
5.1.1.2 碳素钢、合金钢与特殊 钢的分类及用途 .....	50	5.4.2.5 树脂型复合材料在 电镀业中的应用 .....	67
5.1.1.3 钢铁加工工艺的分类 .....	50	5.4.3 纳米材料 .....	67
5.1.2 铜和铜合金 .....	51	5.4.3.1 纳米材料及其性能 .....	67
5.1.2.1 铜合金的性能与分类 .....	51	5.4.3.2 纳米材料与电镀 .....	68
5.1.2.2 铜及合金的用途 .....	52		
5.1.3 铝及铝合金 .....	52		
5.1.3.1 铝的特性 .....	52		
5.1.3.2 铝及铝材分类 .....	53		

### 第三篇 电镀技术基础

<b>第6章 电镀原理</b> .....	71	6.1.1 电镀与电化学 .....	71
6.1 电镀的基本原理 .....	71	6.1.2 电解定律(法拉第定律) .....	72

6.1.3 电流效率 .....	73	7.3.2 金属氧化速度的计算 .....	94
6.2 电极过程动力学 .....	74	7.3.3 腐蚀速度的计算 .....	94
6.2.1 弗鲁姆金与电化学 .....	74	7.3.3.1 腐蚀的重量指标 .....	95
6.2.2 电极与双电层 .....	74	7.3.3.2 腐蚀的深度指标 .....	95
6.2.3 传质与电极过程 .....	76	7.3.3.3 腐蚀指标的应用 .....	95
6.2.4 与传质有关的电化学 参数 .....	77	7.3.4 与缓蚀剂有关的计算 .....	96
6.2.5 电极电位 .....	78	7.4 其他与电镀相关的计算 .....	97
6.2.5.1 标准电极电位 .....	78	7.4.1 电镀层热渗合金过程的 计算 .....	97
6.2.5.2 平衡电位 .....	79	7.4.2 物质密度的测定与计算 .....	98
6.2.5.3 电镀与过电位 .....	79	7.4.3 溶液浓度的计算 .....	99
6.3 电极的极化 .....	79	7.4.3.1 百分浓度 .....	99
6.3.1 极化曲线 .....	80	7.4.3.2 摩尔分数和摩尔 浓度 .....	100
6.3.2 交换电流密度和电化学 极化 .....	80	7.4.3.3 浓度单位之间的关系 和换算 .....	100
6.3.3 浓差极化与极限电流 密度 .....	81	7.4.3.4 用混合法制取一定浓度 溶液的计算 .....	101
6.3.4 电极电位的应用 .....	82	<b>第 8 章 电镀添加剂</b> .....	104
6.3.4.1 金属活泼顺序 .....	82	8.1 电镀添加剂 .....	104
6.3.4.2 金属电偶 .....	82	8.1.1 电镀添加剂及其作用 .....	104
6.3.4.3 电化学保护 .....	83	8.1.1.1 电镀添加剂在电镀中 的地位 .....	104
6.4 非水溶液的电化学 .....	84	8.1.1.2 电镀添加剂的分类 .....	104
6.4.1 非水溶液的电离 .....	84	8.1.1.3 电镀添加剂的作用 .....	106
6.4.1.1 非水溶液的定义 .....	84	8.1.2 电镀添加剂的作用原理 .....	107
6.4.1.2 非水溶液电离的研究 .....	84	8.1.2.1 表面吸附说 .....	107
6.4.1.3 有机溶剂的电离和 介电率 .....	85	8.1.2.2 电镀阴极的复杂双 电层结构 .....	108
6.4.1.4 超酸溶剂体系 .....	86	8.1.2.3 有机添加剂在阴极 上的反应 .....	109
6.4.1.5 离子对和缔合 .....	86	8.1.3 光亮剂的作用机理 .....	110
6.4.2 非水溶液的电导 .....	87	8.2 电镀添加剂的选用 .....	111
6.4.3 非水溶液的电解 .....	88	8.2.1 选用电镀添加剂的一般 原则 .....	111
6.4.3.1 非水溶液中的电极 电位 .....	88	8.2.2 电镀添加剂的测试 .....	111
6.4.3.2 非水溶液中的电解 .....	89	8.2.3 电镀添加剂的配制 .....	113
<b>第 7 章 电镀过程涉及的相关计算</b> .....	90	8.3 电镀添加剂中间体 .....	115
7.1 法拉第定律的计算 .....	90	8.3.1 中间体的作用 .....	115
7.1.1 电解与电化当量的计算 .....	90	8.3.2 电镀添加剂中间体的开发 与分类 .....	115
7.1.1.1 法拉第第一定律 .....	90	8.3.3 电镀添加剂中间体的 应用 .....	116
7.1.1.2 法拉第第二定律 .....	91	<b>第 9 章 镀层结晶组织</b> .....	117
7.1.2 电流效率的计算 .....	91		
7.1.3 镀层厚度的计算 .....	92		
7.2 电极电位计算 .....	93		
7.3 与腐蚀和防护有关的计算 .....	93		
7.3.1 膜的完整性条件计算 .....	93		

9.1 金属电结晶 .....	117	9.2.2.5 合金镀层的常见 结构 .....	125
9.1.1 金属的电结晶过程 .....	117	9.2.2.6 化学镀层的常见 结构 .....	127
9.1.1.1 金属晶体与金属键 .....	117	9.2.3 镀层结构与镀层性能的 关系 .....	129
9.1.1.2 电结晶 .....	117	9.2.3.1 微观结构与镀层 硬度 .....	129
9.1.1.3 金属离子的还原 过程 .....	118	9.2.3.2 微观结构与镀层内 应力 .....	129
9.1.2 晶面指标 .....	119	9.2.3.3 微观结构与镀层的抗蚀 性能 .....	129
9.1.3 结晶结构 .....	120	9.3 工艺参数对镀层微观结构的 影响 .....	130
9.1.3.1 空间点阵 .....	120	9.3.1 温度的影响 .....	130
9.1.3.2 结晶的模式 .....	120	9.3.2 电流密度的影响 .....	132
9.1.3.3 电结晶与金属结晶的 关系 .....	121	9.3.3 镀液 pH 值的影响 .....	132
9.2 镀层结晶与微观结构 .....	121	9.3.4 电镀时间的影响 .....	132
9.2.1 镀层的七类微观结构 .....	121	9.3.5 添加物的影响 .....	133
9.2.2 常见的镀层结构 .....	122		
9.2.2.1 层状结晶 .....	122		
9.2.2.2 柱状结晶 .....	122		
9.2.2.3 非晶态镀层 .....	123		
9.2.2.4 各种金属和镀层的常见 结构 .....	123		

#### 第四篇 电镀设备和工艺基础

<b>第 10 章 电镀设备和资源</b> .....	137	10.5 干燥装置 .....	147
10.1 电镀设备概述 .....	137	10.6 电镀挂具 .....	147
10.2 整流电源 .....	138	10.6.1 挂具的作用 .....	148
10.2.1 电镀与电源 .....	138	10.6.2 挂具的种类和形式 .....	148
10.2.2 电镀电源的种类 .....	139	10.6.2.1 挂具的种类 .....	148
10.2.3 电镀电源的自动控制 .....	141	10.6.2.2 挂具的形式 .....	149
10.3 电镀槽 .....	142	10.6.3 挂具设计的原则 .....	150
10.3.1 电镀槽应用情况 .....	142	10.6.4 挂具的设计 .....	151
10.3.2 电镀槽的种类 .....	142	10.7 电镀自动设备 .....	152
10.3.3 电镀槽的形状 .....	142	10.7.1 自动电镀生产线 .....	152
10.3.4 电镀槽中的电力线分布 .....	143	10.7.2 滚镀生产线 .....	153
10.3.4.1 镀槽中电力线分布的 描述 .....	143	10.7.3 线材电镀自动生产线 .....	153
10.3.4.2 电镀槽电力线分布的 测量 .....	144	10.7.3.1 常规线材电镀设备 .....	154
10.3.4.3 电镀槽中实际电力线 分布 .....	145	10.7.3.2 特殊线材电镀设备 .....	155
10.4 辅助设备 .....	145	10.8 电镀场所设施和设备 .....	156
10.4.1 加温或降温装置 .....	146	10.8.1 水电供给设施和设备 .....	156
10.4.2 阴极移动或搅拌装置 .....	146	10.8.1.1 电镀场所 .....	156
10.4.3 过滤和循环过滤设备 .....	146	10.8.1.2 电镀供电与配电 .....	156
10.4.4 电镀槽必备附件 .....	146	10.8.1.3 电镀供水与排水 .....	157
		10.8.2 采暖通风与照明设备 .....	157
		10.8.2.1 电镀场所的通风 要求 .....	157



10.8.2.2 电镀场所的照明 .....	158	11.2.6 几何因素的影响 .....	176
10.8.3 环境保护设备 .....	158	11.2.6.1 电镀过程中的几何 因素 .....	176
10.8.3.1 电镀场所设立的申报 与环境评价 .....	158	11.2.6.2 几何因素影响的 原理 .....	176
10.8.3.2 电镀操作现场的环保 与安全设备 .....	159	11.2.6.3 阴极上金属分布与 分散能力 .....	177
10.8.3.3 电镀排放物的处理 设备 .....	159	11.2.6.4 消减几何因素影响的 方法 .....	178
<b>第 11 章 电镀工艺基础</b> .....	161	11.3 电镀阳极 .....	180
11.1 电镀工艺与流程 .....	161	11.3.1 阳极的功能 .....	180
11.1.1 工艺与工艺流程 .....	161	11.3.2 阳极的分类 .....	181
11.1.2 镀前处理工艺流程 .....	161	11.3.3 阳极的影响 .....	182
11.1.3 电镀工艺流程 .....	162	11.4 超声波及其他物理场对电镀的 影响 .....	182
11.1.4 电镀工艺配方 .....	162	11.4.1 关于超声波 .....	183
11.1.4.1 主盐 .....	162	11.4.2 超声波的强去极化 作用 .....	183
11.1.4.2 络合剂或配体 .....	163	11.4.3 超声波对电镀过程的 其他影响 .....	184
11.1.4.3 辅盐 .....	163	11.4.4 其他物理场的影响 .....	184
11.1.4.4 电镀添加剂 .....	163	11.4.4.1 磁场的影响 .....	185
11.1.4.5 电镀用水 .....	163	11.4.4.2 激光的影响 .....	185
11.2 电镀的工艺参数及其对电镀的 影响 .....	164	11.5 滚镀技术与工艺 .....	186
11.2.1 镀液的 pH 值 .....	164	11.5.1 滚镀技术的特点 .....	187
11.2.1.1 关于 pH 值 .....	164	11.5.1.1 滚镀的优点 .....	187
11.2.1.2 pH 缓冲剂 .....	165	11.5.1.2 滚镀的缺点和改进 .....	187
11.2.2 镀液温度 .....	166	11.5.2 影响滚镀工艺的因素 .....	188
11.2.2.1 温度影响的机理 .....	166	11.5.2.1 滚桶眼孔径的影响 .....	188
11.2.2.2 加温对电镀过程的 影响 .....	167	11.5.2.2 转速的影响 .....	188
11.2.2.3 低温的影响 .....	167	11.5.2.3 装载量的影响 .....	189
11.2.3 搅拌 .....	168	11.5.2.4 电流强度的影响 .....	189
11.2.3.1 搅拌的方式 .....	168	11.5.2.5 镀液成分的影响 .....	189
11.2.3.2 搅拌对传质过程的 影响 .....	169	11.5.2.6 滚镀中产品形状的 影响 .....	190
11.2.3.3 搅拌与高速电镀 .....	169	11.5.3 振动镀 .....	190
11.2.4 电流密度的影响 .....	170	11.5.3.1 振动镀的装置及 原理 .....	191
11.2.4.1 电流与电流密度 .....	170	11.5.3.2 振动镀工艺 .....	191
11.2.4.2 电流密度的影响 .....	171	11.5.3.3 振动镀的优点 .....	192
11.2.5 电源波形的影响 .....	171		
11.2.5.1 电源波形影响的 机理 .....	171		
11.2.5.2 脉冲电镀 .....	173		

## 第五篇 金属表面电镀

<b>第 12 章 镀前处理</b> .....	195	12.1.1 金属表面油污的分类与 来源 .....	195
12.1 除油 .....	195		