

Electroplating
manual

“十一五”国家重点图书

现代

下册

电镀手册

一册在手 电镀全有

沈品华 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

ISBN 978-7-111-34413-1

策划编辑：徐彤 马晋 郎峰

封面设计： 

作者队伍精

作者是一批来自企业、高校、研究所的具有各方面电镀专长的专家和教授。正是这支权威的作者队伍使本手册内容翔实、指导性强。

技术工艺新

内容新颖、实用，在继承原有技术的基础上增加了新工艺、新方法，能够反映当前国内外的先进工艺水平。

实用性能强

能对电镀技术人员和现场操作工人从原理到实践，深入浅出地起到参考和指导作用，犹如一位“咨询师”常伴随在读者身旁。

涵盖内容广

内容全面，涵盖面广，镀种和各种金属（包括某些非金属）的表面处理方法齐全。不仅包括电镀工程中设备、工艺配方和废水治理等所有内容，还涉及以往出版书籍中没有提到或很少提到过的镁合金、钕铁硼材料等的电镀工艺，以及电子电镀、合金电镀、稀土在表面处理中的应用、清洁生产、电铸、刷镀、机械镀、锌铬膜、锌铝膜、热镀锌等相关内容。

地址：北京市百万庄大街22号
电话服务
社服务中心：(010)88361066
销售一部：(010)68326294
销售二部：(010)88379649
读者购书热线：(010)88379203

邮政编码：100037
网络服务
门户网：<http://www.cmpbook.com>
教材网：<http://www.cmpedu.com>
封面无防伪标均为盗版

定价：258.00元

ISBN 978-7-111-34413-1



9 787111 344131 >

现代电镀手册

(下册)

沈品华 主编



机械工业出版社

本手册分上下两册，共 27 篇。上册除总论外，有 8 篇：电镀清洁生产、电镀化学基础、电镀电化学基础、普通金属电镀（包括镀前处理、电镀挂具、8 种单金属电镀工艺和刷镀工艺）、镀贵金属和贵金属合金、特种材料上电镀、电镀合金以及复合电镀，还有相关资料附录。下册 19 篇：电子电镀、化学镀、稀土添加剂在表面处理中的应用、电铸、铝和铝合金的表面氧化处理、金属表面的花色处理、金属的化学氧化和磷化、机械镀、达克罗涂覆层和烧结锌涂层、热浸镀、电泳涂装、电镀溶液性能测试、镀层性能测试、转化膜性能测试、现代检测仪器的应用、电镀溶液分析方法、电镀车间设计、电镀纯水的制备、电镀废水、废渣和废气的处理等。

本手册荟萃和网罗了国内外先进的电镀及相关工艺、材料、工装、电镀清洁生产技术以及电镀废水、废渣和废气处理方法与装置，既是一本大型工具书，又是一篇论述详尽的专论，其内容丰富，深入浅出，实用性、可靠性好，可供电镀工程技术人员、生产操作工人和教育、科研及设计单位等有关人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

现代电镀手册·下册/沈品华主编. —北京：机械工业出版社，2011.5
ISBN 978-7-111-34413-1

I. ①现… II. ①沈… III. ①电镀—技术手册 IV. ①TQ153-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 078960 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：徐 彤 马 晋 郎 峰

责任编辑：崔世荣 马 晋 王华庆 侯宪国

版式设计：霍永明 责任校对：李秋荣 责任印制：乔 宇

北京机工印刷厂印刷（三河市胜利装订厂装订）

2011 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·100.5 印张·6 插页·3271 千字

0 001—4 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-34413-1

定价：258.00 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

销售二部：(010) 88379649

教材网：<http://www.cmpedu.com>

读者购书热线：(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

《现代电镀手册》编审委员会

主任：沈烈初

副主任：沈品华 秦宝兴 徐 彤

委 员（按姓氏笔画排序）：

马 晋	王 为	王宗雄	王祖源	石金声	丘星初
孙永江	孙隆楨	安茂忠	伍学高	李 宁	李 明
张允诚	张立茗	张绍恭	吴以南	吴元康	吴学芝
何生龙	陈松祺	陈春成	陈钧武	周定华	杨胜奇
郁祖湛	郎 峰	胡会利	胡如南	贺岩峰	徐关庆
秦宝兴	郭忠诚	郭德豪	袁诗璞	屠振密	曹 梅
储荣邦	魏立安				

主 编：沈品华

副主编：储荣邦 张立茗 郭忠诚 张绍恭

主 审：秦宝兴

副主审：李 宁 屠振密 石金声

序

电镀是金属表面处理工程中的重要内容之一，是制造产业链中不可或缺的重要环节。电镀层具有耐腐蚀、装饰和修复等性能，对减少金属损耗和美化金属表面起着重要作用。但电镀行业是一个重污染行业，所产生的废水、废气多，耗能、特别是耗水量大。如何要做到“既要马儿跑又要马儿不吃草”？这里是大有文章可做的。随着我国科学技术突飞猛进及先进制造业的高速发展，对电镀技术提出了更高更新的要求。在科学发展观的指导下，电镀行业与大专院校相结合，不断推出新工艺、新技术、新材料和新设备。在各方面的关心和重视下，各地普遍对电镀行业进行了技术改造，如建立电镀工业园区，规范标准厂房，对废水、废气进行集中治理和采用自动线生产等，为节能减排、减轻污染、改善环境和提高劳动生产率创造了必要的条件。

在我担任中国表面工程协会理事长的20年间，通过走访电镀厂和参加电镀学术研讨会，发现电镀涉及的知识面非常广泛，是一个值得关注的行业，从这部《现代电镀手册》的内容中我们也可见一斑。

参加这部手册编写的作者，都是行业中资深的电镀工程技术人员和教授，他们大多有数十年工作经验，有的终生在这一行业中奋斗，积累了丰富的经验。各人编写的章节，都是在这一领域有特长和较深造诣的专家，他们除了有扎实的理论基础外，还有丰富的实践经验。知识就是力量，希望通过对本手册的推广，使我国电镀行业的技术更上一层楼。写书是个很繁重的工作，对他们的辛勤劳动所获得的成果我表示由衷的祝贺，并向他们表示感谢！

现在我国已是一个电镀大国，但还不是一个电镀强国；所以每次行业协会活动时，我总是表达我这一思想，以此来激励电镀界的朋友们。我们不要满足于做电镀大国，而要力争去做电镀强国。电镀本身产值占GDP的比例极小，但它是制造业产业链中的末道工序，大至卫星、兵舰、飞机、大炮、汽车，中至摩托车、自行车、仪器仪表、灯具和家用电器，小至螺钉螺母、眼镜、打火机、手饰和服装五金件等都离不开电镀，所以它间接带动GDP的份额不容低估。对电镀所产生的污染是不容忽视的，我们要从工艺革命的源头着手，节能减排，化废为宝，综合利用，使污染降到最低点，走循环经济发展之路。

《现代电镀手册》内容翔实，既有较先进的电镀工艺和镀前、镀后处理工艺，又有电镀机械、电器设备，还有废水、废气治理的技术方案，我相信这部手册将是推动我国电镀行业向电镀强国发展的一个助推剂。

原中国表面工程协会理事长
原第一机械工业部副部长

沈烈初 博士

前 言

电镀工程技术已经发展成为国家经济建设中不可或缺的重要组成部分。虽然，电镀本身所产生的 GDP 不高，但它涉及的相关产业链长而广泛。电镀被广泛地应用于机械、船舶、航空航天、军工、电子、核工业、轻工业、日用工业等每一个产业和与人民生活息息相关的产品之中。

随着市场竞争的加剧，各行各业的产品更新换代速度也很快，电镀与其他工艺过程在激烈的市场竞争中同时得到了发展。源源不断的国内外电镀加工订单，对产品外观、色调、耐腐蚀性和功能性提出了越来越高的电镀工艺技术要求。因此，以提高产品质量为中心，以节约能源和原材料的清洁生产和循环经济等高新技术为契机，使我国电镀工程技术蓬勃地发展起来。

鉴于电镀技术的快速发展和相关书籍的跟随速度不够匹配，相关从业人员特别需要一本内容全、技术新、能够反映现代电镀技术的大型工具手册来指导工作。机械工业出版社和中国表面工程协会电镀分会老专家工作委员会的专家们针对这一需求一拍即合，组织从事电镀行业各方面的专家共同商议编写《现代电镀手册》，他们都把能为我国电镀行业留下一份宝贵的资料当作自己的职责。

《现代电镀手册》的编写宗旨是：凡碰到的电镀工艺技术问题，乃至工装设备的选用和废水治理的方法等问题，在这部手册中大都能找得到答案。手册内容达到“新、特、全”：新——就是要创新，在继承原有技术的基础上增加新的内容，并达到 21 世纪初先进水平；特——就是要有特点，要与以往出版的电镀书籍有所区别，能对电镀技术人员和现场操作工人从原理到实践深入浅出地起到参考和指导作用，犹如一位“咨询师”常伴随在读者身旁；全——就是内容要全面，涵盖面要广，包括电镀工程中的设备、工艺配方和废水治理等所有内容，如以往出版书籍中没有提到或很少提到过的镁合金、钎铁硼材料等电镀工艺、电子电镀和某些合金电镀等内容。此外，也涉及一些虽非电镀，但与电镀技术密切相关的金属表面处理内容，如电铸、刷镀、机械镀、锌铝烧结涂覆和电泳漆等。

本手册的作者都是学有专长、经验丰富的中年或老年的电镀专家和教授。他们为写好这本书倾其生平所学所做，毫无保留地把宝贵的经验都奉献出来。本手册理论与实践相结合，以实践为主，且图文表并茂，因此有较好的可读性。手册分上、下两册，全书共约 600 万字，是迄今为止国内外电镀书籍中字数最多的一部工具书。

在这里要特别提到两位已逝世的作者。一位是铝氧化方面的专家王祖源工程师，一位是塑料电镀方面的专家伍学高高级工程师。他们身体都不好，王祖源曾做过心脏搭桥手术，伍学高也是病魔缠身；但他们为了我国电镀事业的传承坚持抱病编写，他们留下的宝贵经验是我们电镀行业的财富。遗憾的是，他们未能看到此手册的出版就撒手人寰，愿此书的出版能慰藉他们的在天之灵！

写书是件辛苦的工作，对作者们的辛勤劳动和无私奉献精神，我表示由衷的感谢！

由于电镀涉及面广，撰写有关章节的作者大都是对这一领域较熟悉并有一定造诣的专家。协助审校统稿的储荣邦高级工程师也是这一领域的专家，他夜以继日地认真审阅稿件，在此对他表示深切的感谢！虽如此，疏漏之处还是难免，希望读者给予谅解并请不吝指正。

大量的文字加工、审校工作还是由出版社的编辑来完成的，我对他们的辛勤工作也表示深切的感谢！

本手册引用了国内外有关手册、专著及期刊的一些通用资料和文献，在此谨向原作者致谢！

原中国表面工程协会理事长、机械工业部副部长沈烈初博士曾一再强调，“我国是个电镀大国，但还不是电镀强国”，他殷切期望电镀工作者要为我国成为电镀强国而奋斗。

我国是个制造大国，作为制造产业链中的配套工艺，我国的电镀量、产之大，当数世界第一；但光大而不强，只能使我国环境污染加剧，资源浪费严重，将会危及子孙后代。电镀是个重污染行业，名声在外；但它又是许多行业的产业链中不可或缺的，所以不能采取简单的关停措施。应该说，电镀污染是可防可治的。如可以改革工艺，从源头减轻污染；也可对废水、废气进行回收利用，化腐朽为神奇，变废为宝。这几年电镀行业正在大力推进清洁生产，所以我们要求作者尽量提供清洁生产的工艺和配方，并较详尽地介绍治理办法。

愿此手册能为推进采用电镀新技术、新工艺及节能减排的清洁生产有所贡献，对我国实现电镀强国梦有所贡献！

主编 沈品华

2010年3月

编者的话

《现代电镀手册》从立项到编写、审稿、修改再到编辑加工、出版历时5年，终于在千呼万唤下与读者见面了，可谓众望所归。

参加编写的各位电镀业界的专家、学者是本手册能够顺利出版的功臣，他们在其中凝聚了一生的心血，大量从未发表过的先进技术、成功经验在此手册频频汇集，其价值不言而喻。可以说，这本手册是他们无私奉献、辛勤耕耘的印证，我们代表出版社向各位专家的辛勤劳动和高尚情操表示由衷的钦佩和感谢！

如今手册业已出版，但各位编者不辞辛劳的身影仍历历在目、铭记在心。在任的作者大都身兼数职、日不暇给，教学、研究工作繁重，他们放弃休息时间硬是如期完成了写作任务；各位老专家年事已高，很多都与病魔进行着顽强抗争。伍学高、王祖源已在编写中途与世长辞，永远离开了奋斗终生的电镀事业。遗憾难免，但他们宝贵的知识财富已得到传承，本书的出版是对他们逝去的最大告慰。

主编沈品华在整个出版过程中统领全局、功不可没，可以说没有他的支持与担当就没有本手册的问世。正是因为他长期奋战在电镀一线上，从而召集了大批来自全国各地高校、研究所、企业在电镀某一领域有专长的专家、学者，组建了一支权威的作者队伍。他主动多次承担组稿会费用，为不能报销车旅费的作者解决费用问题，还为一些老专家购买电脑，提供打印、复印费等。他不求名利，严把质量关，旨在将国际国内先进技术呈现给读者，给电镀行业留下宝贵财富，其无私的高尚品质着实令人敬佩。

担当审稿重任的储荣邦倾其所学、尽心尽责、默默奉献，不但对全稿进行了认真统筹与完善，甚至还自购资料对内容再三对比，很多不当之处更是亲力亲为、大幅修改，工作量之大、责任心之强、工作质量之高，令人赞叹。

《镀铜》一章的作者袁诗璞曾重病两次，视力跌至底线，医生告诫他很可能会致盲。但他已将生死置之度外，不仅率先完成了初稿，又五易其稿。他说：“把这件事当做这辈子一件大事来对待，不求有利可图，但求问心无愧，不虚度人生足矣！并力求做到新、特、全要求。”

的确，本手册的初衷就是打造一本在电镀领域“新、特、全”的精品工具书来指导实践，其字数、内容都创世界电镀业界的先河，力求立论起点高、技术工艺新、实用性能强、涵盖内容广。例如，甲基磺酸镀锡，镁合金以及钨-铁-硼磁性材料等贵稀金属材料上的电镀，稀土在表面处理中的应用和清洁生产等均填补了市场空白；机械镀、锌铬膜和锌铝膜、热浸镀、电泳涂装和溶液分析等也是为了提高手册的全面性而特意添加的。更值得一提的是，一些作者在其某些新近研究成果被多方媒体争抢报道权的情况下，却毅然放下了名利，决定将这些内容仅放在本手册中出版。

为了不辜负作者的重托和读者的期望，我们对书稿内容进行了认真的编辑加工和整理，在版式装帧方面也群策群力、精益求精，统一规划了目录、正文、表格、书眉、页码等的编排形式，一切都为便于阅读而努力，倾力推出精品图书回馈社会。

作为出版方，我们殷切地希望读者能够认可这本手册的价值，使其真正能为推动我国的电镀事业向前发展做出贡献。

本书策划编辑
2010年3月

目 录

序
前言
编者的话

第 1 篇 电子电镀

第 1 章 芯片铜互连电镀技术	1-3	4.1 镀锌	1-22
1 概述	1-3	4.2 镀铜	1-22
2 铜互连电镀的基本工艺及要求	1-3	4.3 镀镍	1-23
3 电镀铜互连技术	1-5	5 可伐合金接插件电镀	1-23
3.1 硫酸盐镀铜溶液的基本组成 及各成分的作用	1-5	第 3 章 印制板电镀技术	1-24
3.2 有机添加剂的作用机理	1-6	1 概述	1-24
3.3 铜互连用硫酸铜镀液配方	1-10	1.1 印制板的概述	1-24
3.4 超等厚生模型	1-10	1.2 印制板的类型	1-24
3.5 添加剂浓度的检测	1-10	1.3 印制板的电镀	1-24
3.6 先进的电镀铜技术	1-11	2 印制板化学镀铜	1-25
4 化学镀铜互连技术	1-12	2.1 化学镀铜工艺过程	1-25
5 化学置换法	1-15	2.2 前处理	1-25
6 专用电镀设备	1-15	2.3 化学镀铜	1-28
7 电镀液的维护与管理	1-17	2.4 孔金属化常见的故障及排除 方法	1-29
第 2 章 接插件电镀技术	1-18	3 印制板电镀铜	1-29
1 概述	1-18	3.1 概述	1-29
2 接触体镀金	1-19	3.2 镀液配方及操作条件	1-30
2.1 镀液配方组成	1-19	3.3 镀液中各成分的作用	1-30
2.2 工艺流程	1-19	3.4 操作条件的影响	1-31
2.3 镀液配制方法	1-20	3.5 镀液维护方法	1-31
2.4 镀液中各成分的作用及操 作条件的影响	1-20	3.6 镀液常见故障及排除方法	1-31
2.5 镀液的维护方法	1-20	4 印制板的图形电镀	1-32
2.6 镀液故障处理	1-20	5 高密度互连板的孔金属化与电镀	1-32
3 接触体的其他电镀	1-21	5.1 高密度互连板	1-32
3.1 镀银	1-21	5.2 高密度互连板电镀技术	1-32
3.2 镀锡	1-21	6 高多层板的孔金属化与电镀	1-33
3.3 镀钯	1-22	7 结束语	1-34
4 接插件外壳电镀	1-22	参考文献	1-34

第 2 篇 化学镀

第 1 章 化学镀铜	2-3	2 铜镀层的性质和用途	2-3
1 概述	2-3	3 化学镀铜基本原理	2-4

3.1 化学镀铜的热力学条件	2-4	3.2 化学镀银反应机理	2-24
3.1.1 电化学混合电位理论	2-4	4 甲醛化学镀银	2-24
3.1.2 瓷体表面化学镀铜过程	2-4	5 酒石酸盐化学镀银	2-24
3.1.3 次磷酸钠代替甲醛的化学镀 铜过程	2-5	6 胍浴化学镀银	2-25
3.2 化学镀铜的动力学问题	2-6	7 葡萄糖浴化学镀银	2-25
4 化学镀铜及其影响因素	2-6	8 二甲基胺硼烷 (DMAB) 浴化学 镀银	2-26
4.1 化学镀铜工艺流程及镀液组成	2-6	9 其他方法化学镀银	2-26
4.2 化学镀铜溶液组成和操作条件	2-7	10 化学镀银溶液中添加剂的作用	2-26
4.3 硫酸铜镀液的配制方法	2-8	11 化学镀银的应用	2-27
4.4 硫酸铜镀液的维护	2-8	11.1 印制板化学镀银	2-27
4.5 化学镀铜的影响因素	2-8	11.2 金属粉体化学镀银	2-28
5 化学镀铜的应用	2-11	11.2.1 镀银铜粉的制备	2-28
5.1 在印制板制造中的应用	2-11	11.2.2 镀银铝粉的制备	2-30
5.1.1 前处理	2-11	11.2.3 镀银镍粉的制备	2-30
5.1.2 化学镀铜	2-13	11.3 非金属粉体化学镀银	2-30
5.1.3 化学镀铜后处理	2-13	11.3.1 非金属表面化学镀银的预 处理	2-30
5.2 ABS 塑料表面化学镀铜	2-13	11.3.2 非金属表面化学镀银工艺	2-31
5.2.1 化学镀铜工艺流程	2-13	12 化学镀银的注意事项	2-35
5.2.2 主要工序的操作条件和溶液 组成	2-13	13 银镀层的退除方法	2-35
6 化学铜镀层的后处理方法	2-13	13.1 化学法退除	2-35
7 不合格铜镀层的退除方法	2-13	13.2 电化学法退除	2-36
参考文献	2-14	13.3 专利法退除	2-36
第2章 化学镀锡	2-16	参考文献	2-38
1 概述	2-16	第4章 化学镀金	2-43
2 锡镀层的性质和用途	2-16	1 概述	2-43
3 化学镀锡基本原理	2-16	2 金镀层的性质和用途	2-43
3.1 置换法化学镀锡	2-16	3 化学镀金溶液组成及其反应机理	2-44
3.2 接触法化学镀锡	2-17	3.1 主盐及配位剂	2-44
3.3 还原法化学镀锡	2-17	3.2 还原剂	2-44
4 浸镀锡	2-17	3.3 稳定剂与加速剂	2-44
4.1 钢基体上浸镀锡或锡-铜合金	2-17	4 硼氢化物浴化学镀金	2-45
4.2 铝及其合金基体上浸镀锡	2-17	4.1 硼氢化物浴化学镀金	2-45
4.3 铜基体上浸镀锡	2-18	4.2 硼氢化物浴化学镀金溶液配制 方法	2-45
5 化学镀锡	2-20	5 次磷酸盐浴化学镀金	2-46
5.1 还原剂反应化学镀锡	2-20	5.1 次磷酸盐浴化学镀金溶液组成 和操作条件	2-46
5.2 歧化反应化学镀锡	2-21	5.2 次磷酸盐浴化学镀金溶液配制 方法	2-46
参考文献	2-22	6 胍浴化学镀金	2-46
第3章 化学镀银	2-23	6.1 胍浴化学镀金溶液组成和操作 条件	2-46
1 概述	2-23		
2 银镀层的性质和用途	2-23		
3 化学镀银溶液组成及反应机理	2-23		
3.1 化学镀银溶液组成	2-23		

6.2 肼浴化学镀金溶液配制方法	2-47	2 化学钯镀层的性能	2-55
7 三价金盐浴化学镀金	2-47	2.1 钯镀层的晶体结构与硬度	2-55
7.1 以甲基吗啉硼烷为还原剂的化学 镀金溶液	2-47	2.2 钎焊性、接触电阻和耐蚀性	2-55
7.2 以二甲胺硼烷为还原剂的化学 镀金溶液	2-47	2.3 结合强度	2-55
7.3 以酒石酸为还原剂的化学镀金溶 液	2-47	3 肼浴化学镀钯	2-55
7.3.1 化学镀金溶液的组成	2-47	3.1 肼浴化学镀钯溶液组成和操作条 件	2-55
7.3.2 化学镀金溶液的配制方法	2-47	3.2 肼浴化学镀钯溶液的配制方法	2-56
7.4 以丙三醇为还原剂的化学镀金 溶液	2-47	4 次磷酸盐浴化学镀钯	2-56
7.4.1 化学镀金溶液的组成	2-47	4.1 次磷酸盐浴化学镀钯溶液组成和 操作条件	2-56
7.4.2 化学镀金溶液的配制方法	2-47	4.2 次磷酸盐浴化学镀钯溶液的配制 方法	2-57
7.5 以甲醛、葡萄糖为还原剂的化学 镀金溶液	2-48	5 硼烷浴化学镀钯	2-58
7.5.1 化学镀金溶液的组成	2-48	5.1 硼烷浴化学镀钯溶液组成和操作 条件	2-58
7.5.2 化学镀金溶液的配制方法	2-48	5.2 硼烷浴化学镀钯溶液的配制 方法	2-58
7.6 次磷酸钠型三价金盐化学镀金 溶液	2-48	6 甲醛浴化学镀钯	2-58
7.6.1 化学镀金溶液的组成	2-48	6.1 甲醛浴化学镀钯溶液组成和操作 条件	2-58
7.6.2 化学镀金溶液的配制方法	2-48	6.2 甲醛浴化学镀钯溶液的配制 方法	2-58
8 亚硫酸盐浴化学镀金	2-48	7 化学钯镀层的用途	2-59
8.1 化学镀金溶液组成和操作条件	2-48	7.1 耐热抗氧化钯镀层	2-59
8.2 化学镀金溶液的配制方法	2-48	7.2 高导性、高钎焊性钯镀层	2-59
9 其他化学镀金方法	2-49	7.3 防银变色能力钯镀层	2-59
10 化学镀金的应用	2-49	7.4 钯糊	2-59
10.1 在电子工业中的应用	2-49	7.5 钯催化剂	2-59
10.2 在微波器件上的应用	2-50	7.6 与橡胶层直接硫化粘接的钯 镀层	2-59
10.3 在光学方面的应用	2-50	7.7 外观为银白色的钯镀层	2-60
10.4 在不同基材上的应用	2-50	8 化学镀钯的注意事项	2-60
10.5 在装饰镀金方面的应用	2-51	9 钯镀层退除方法	2-60
11 金镀层退除方法	2-52	9.1 化学法	2-60
11.1 化学退除法	2-52	9.2 电化学法	2-60
11.1.1 碘-碘化钾溶液退除法	2-52	参考文献	2-60
11.1.2 硝酸退除法	2-52	第6章 化学镀钴及其合金	2-62
11.1.3 氰化钠-间硝基苯磺酸钠退 除法	2-52	1 概述	2-62
11.2 电解退除法	2-53	2 钴镀层的性质和用途	2-62
11.3 铅熔退除法	2-53	3 次磷酸盐浴化学镀钴	2-63
11.4 热膨胀退除法	2-53	3.1 次磷酸盐浴化学镀钴溶液组成和 操作条件	2-63
参考文献	2-53	3.2 次磷酸盐浴化学镀钴溶液的配制	
第5章 化学镀钯	2-55		
1 概述	2-55		

方法	2-64	酸性溶液的配制方法	2-85
4 硼氢化钠浴化学镀钴	2-64	3.5.2 以次磷酸盐为还原剂的碱性溶	
5 二甲胺基硼烷化学镀钴	2-65	液的配制方法	2-86
6 胍浴化学镀钴	2-65	3.5.3 以硼氢化物、胺基硼烷、胍为还	
7 低温化学镀钴	2-65	原剂的溶液配制方法	2-86
8 化学镀钴基多元合金	2-65	4 化学镀镍工艺	2-86
8.1 化学镀 Co-Ni-P 三元合金	2-66	4.1 化学镀镍的前处理	2-86
8.2 化学镀 Co-Fe-P 三元合金	2-69	4.1.1 工件表面预备	2-86
8.3 化学镀 Co-W-P 三元合金	2-69	4.1.2 化学镀前处理的基本工序	2-87
8.4 化学镀 Co-Ni-W-P 四元合金	2-70	4.1.3 不同基底材料的前处理	2-87
8.5 化学镀 Co-Zn-P 三元合金	2-70	4.2 化学镀镍设备与溶液维护管理	2-93
8.6 化学镀 Co-Me(Cu、Mo、RE)-P		4.2.1 化学镀镍槽的尺寸和材质	2-93
三元合金	2-71	4.2.2 化学镀镍溶液的加热方式	2-94
8.7 化学镀 Co-Fe-B 三元合金	2-71	4.2.3 化学镀镍溶液的维护管理	2-94
8.8 其他化学镀合金	2-72	4.3 化学镀镍的后处理	2-95
9 化学镀钴膜在磁记录中的应用	2-72	4.3.1 烘烤	2-95
9.1 横向记录	2-72	4.3.2 热处理	2-95
9.2 垂直记录	2-72	4.3.3 活化和表面预备	2-96
10 不合格镀层的退除方法	2-73	4.3.4 着色	2-96
10.1 钢铁基体上镀层的退除	2-73	4.3.5 镀后化学处理	2-96
10.2 不锈钢基体上镀层的退除	2-74	4.3.6 热处理对化学镍镀层耐蚀性的	
10.3 铜及铜合金基体上镀层的退除	2-74	影响	2-97
10.4 铝及铝合金基体上镀层的退除	2-74	4.4 不合格化学镍镀层的退除	2-97
参考文献	2-75	5 化学镍镀层的性能	2-97
第7章 化学镀镍	2-76	5.1 一般性能	2-97
1 概述	2-76	5.1.1 外观	2-97
2 化学镀镍原理	2-77	5.1.2 镀层的均匀性	2-98
2.1 化学镀镍的热力学	2-77	5.1.3 镀层与基体的结合力	2-98
2.2 化学镀镍的动力学	2-78	5.2 物理性能	2-99
2.2.1 镍磷合金镀层的形成	2-78	5.2.1 密度	2-99
2.2.2 镍硼合金镀层的形成	2-78	5.2.2 孔隙率	2-99
3 化学镀镍溶液	2-78	5.2.3 导热性、线胀系数及熔点	2-99
3.1 化学镀镍溶液的基本组成及各		5.2.4 导电性	2-99
成分的作用	2-78	5.2.5 磁性能	2-99
3.2 化学镀镍溶液组成对化学镀镍的		5.2.6 钎焊性	2-100
影响	2-79	5.3 力学性能	2-100
3.3 化学镀镍操作条件的影响	2-80	5.3.1 内应力	2-100
3.4 化学镀镍溶液组成和操作条件	2-81	5.3.2 抗拉强度	2-101
3.4.1 次亚磷酸盐溶液	2-81	5.3.3 伸长率	2-101
3.4.2 硼氢化钠溶液	2-83	5.3.4 硬度和耐磨性	2-101
3.4.3 胺基硼烷溶液	2-83	5.3.5 摩擦性能	2-102
3.4.4 联氨(胍)溶液	2-85	5.4 耐蚀性能	2-102
3.5 化学镀镍溶液的配制方法	2-85	6 化学镀镍基多元合金	2-109
3.5.1 以次磷酸盐为还原剂的一步法		6.1 化学镀 Ni-W-P 合金	2-109
		6.1.1 溶液组成和操作条件	2-109

- 6.1.2 溶液组成和操作条件的影响 2-110
- 6.1.3 Ni-W-P 合金镀层的耐蚀性 ... 2-110
- 6.1.4 Ni-W-P 合金镀层的耐磨性 ... 2-111
- 6.1.5 Ni-W-P 合金镀层的热稳定性 2-111
- 6.1.6 含磷量对 Ni-W-P 合金镀层组织结构的影响 2-111
- 6.1.7 热处理对 Ni-W-P 合金镀层组织结构、硬度及耐蚀性的影响 2-111
- 6.2 化学镀 Ni-Cu-P 合金 2-112
 - 6.2.1 溶液组成和操作条件 2-112
 - 6.2.2 溶液的稳定性 2-113
 - 6.2.3 Ni-Cu-P 合金镀层的孔隙率 2-113
 - 6.2.4 Ni-Cu-P 合金镀层的耐蚀性 2-113
 - 6.2.5 Ni-Cu-P 合金镀层的组织结构 2-114
- 6.3 化学镀 Ni-Mo-P 合金 2-114
 - 6.3.1 溶液组成和操作条件 2-114
 - 6.3.2 溶液组成对镀层化学成分和沉积速度的影响 2-114
 - 6.3.3 Ni-Mo-P 合金镀层的元素分析 2-114
 - 6.3.4 Ni-Mo-P 合金镀层的耐蚀性 2-115
 - 6.3.5 Ni-Mo-P 合金镀层的致密性 2-115
- 6.4 化学镀 Ni-Sn-P 合金 2-115
 - 6.4.1 溶液组成和操作条件 2-115
 - 6.4.2 Ni-Sn-P 合金镀层的耐蚀性 2-115
- 6.5 化学镀 Ni-Cr-P 合金 2-115
 - 6.5.1 溶液组成和操作条件 2-115
 - 6.5.2 Ni-Cr-P 合金镀层的组成及结构 2-116
 - 6.5.3 Ni-Cr-P 合金镀层的耐蚀性 ... 2-116
- 6.6 化学镀 Ni-P-B 合金 2-116
 - 6.6.1 溶液组成和操作条件 2-116
 - 6.6.2 溶液组成对镀层沉积速度的影响 2-116
 - 6.6.3 热处理温度对镀层硬度和耐磨性的影响 2-117
 - 6.6.4 Ni-P-B 合金镀层的耐蚀性 ... 2-117
- 6.7 化学镀 Ni-W-B 合金 2-117
 - 6.7.1 溶液组成和操作条件 2-117
 - 6.7.2 镀液组成对镀层化学成分和沉积速度的影响 2-117
 - 6.7.3 Ni-W-B 合金镀层的电阻率与膜厚的关系 2-117
 - 6.7.4 Ni-W-B 合金镀层的组织结构及化学成分 2-117
- 6.8 化学镀 Ni-Cu-B 合金 2-118
 - 6.8.1 溶液组成和操作条件 2-118
 - 6.8.2 镀层的沉积速度 2-118
 - 6.8.3 Ni-Cu-B 合金镀层的形貌与结构 2-118
 - 6.8.4 镀层中 Cu/Ni 原子的百分比率 2-118
 - 6.8.5 Ni-Cu-B 合金镀层的显微硬度 2-118
 - 6.8.6 Ni-Cu-B 合金镀层的耐蚀性 2-119
- 6.9 化学镀 Ni-RE-B 合金 2-119
 - 6.9.1 溶液组成和操作条件 2-119
 - 6.9.2 热处理温度对镀层电性能的影响 2-119
- 6.10 化学镀 Ni-Sn-B 合金 2-119
 - 6.10.1 溶液组成和操作条件 2-119
 - 6.10.2 氯化锡浓度对镀层化学成分及沉积速度的影响 2-120
 - 6.10.3 Ni-Sn-B 合金镀层的组织结构 2-120
 - 6.10.4 Ni-Sn-B 合金镀层的硬度 ... 2-120
 - 6.10.5 Ni-Sn-B 合金镀层的比电阻 2-120
- 6.11 化学镀其他镍基多元合金 2-120
 - 6.11.1 化学镀 Ni-RE-Zn-P 合金 2-120
 - 6.11.2 化学镀 Ni-Cu-Zn-P 合金 2-120
 - 6.11.3 化学镀 Ni-Mo-B 合金 2-120
- 7 化学复合镀 2-120
 - 7.1 化学镀 Ni-P-SiC 复合镀层 2-121
 - 7.1.1 溶液组成和操作条件 2-121
 - 7.1.2 操作条件对镀层中 SiC 含量的影响 2-121
 - 7.1.3 Ni-P-SiC 复合镀层的硬度和耐磨性 2-121
 - 7.1.4 Ni-P-SiC 复合镀层的摩擦

因数	2 - 122	7.5 化学镀其他复合镀层	2 - 127
7.2 化学镀 Ni-P-Al ₂ O ₃ 复合镀层	2 - 122	7.5.1 化学镀 Ni-B-SiC 复合镀层	2 - 127
7.2.1 溶液组成和操作条件	2 - 122	7.5.2 化学镀 RE-Ni-B-Al ₂ O ₃ 复合	
7.2.2 操作条件对镀层化学成分及		镀层	2 - 127
沉积速度的影响	2 - 122	7.5.3 化学镀 Ni-P-TiN 复合镀层	2 - 128
7.2.3 Ni-P-Al ₂ O ₃ 镀层中化学成分		8 难处理金属的化学镀镍	2 - 128
的测定	2 - 123	8.1 铝及铝合金表面化学镀镍	2 - 129
7.2.4 Ni-P-Al ₂ O ₃ 镀层的金相组织		8.1.1 化学镀镍工艺	2 - 129
及其形貌	2 - 123	8.1.2 化学镀镍的后处理	2 - 132
7.2.5 Ni-P-Al ₂ O ₃ 镀层扩散组织及		8.2 镁及镁合金表面化学镀镍	2 - 132
其元素的分布	2 - 123	8.2.1 前处理工艺	2 - 132
7.2.6 Ni-P-Al ₂ O ₃ 镀层的组织结		8.2.2 表面活化工艺	2 - 133
构	2 - 123	8.2.3 预浸中间层	2 - 133
7.2.7 Ni-P-Al ₂ O ₃ 镀层组织结构的		8.2.4 化学镀镍	2 - 134
转变及其对性能的影响	2 - 123	8.2.5 化学镀镍的后处理	2 - 134
7.3 化学镀 Ni-P-PTFE 复合镀层	2 - 124	8.3 锌及锌合金表面化学镀镍	2 - 134
7.3.1 溶液组成和操作条件	2 - 124	8.3.1 化学镀镍注意事项	2 - 135
7.3.2 影响 PTFE 共沉积的因素	2 - 124	8.3.2 化学镀镍工艺流程	2 - 135
7.3.3 Ni-P-PTFE 复合镀层性能	2 - 125	8.3.3 预镀溶液组成和操作条件	2 - 135
7.4 化学镀 Ni-P-Cr ₂ O ₃ 复合镀层	2 - 126	8.3.4 化学镀镍磷合金溶液的组成和	
7.4.1 溶液组成和操作条件	2 - 126	操作条件	2 - 135
7.4.2 Cr ₂ O ₃ 添加量对镀层中 Cr ₂ O ₃		8.4 不锈钢表面化学镀镍	2 - 135
沉积量的影响	2 - 126	8.4.1 化学镀镍注意事项	2 - 136
7.4.3 pH 值对 Cr ₂ O ₃ 沉积量的		8.4.2 化学镀镍层的后处理	2 - 136
影响	2 - 126	9 化学镀镍的工业应用	2 - 136
7.4.4 Ni-P-Cr ₂ O ₃ 复合镀层的组织		9.1 在航空航天工业上的应用	2 - 136
结构	2 - 126	9.2 在机械和汽车工业上的应用	2 - 137
7.4.5 双层复合镀层	2 - 127	9.3 在石油化学工业上的应用	2 - 137
7.4.6 热处理温度对复合镀层及双		9.4 在电力和电子工业上的应用	2 - 137
层复合镀层硬度的影响	2 - 127	10 展望	2 - 138
7.4.7 Ni-P-Cr ₂ O ₃ 复合镀层的耐		参考文献	2 - 139
磨性	2 - 127		

第 3 篇 稀土添加剂在表面处理中的应用

第 1 章 稀土元素的物理性质、化学性质和稀土化合物的制备

方法

1 概述	3 - 3
2 稀土元素及其分类	3 - 3
3 稀土元素的原子结构和特征	3 - 3
4 稀土元素的物理性质	3 - 3
5 稀土元素的化学性质	3 - 3
6 稀土化合物的制备方法	3 - 3
6.1 稀土氧化物	3 - 3

6.2 稀土卤化物	3 - 3
6.3 稀土硫酸盐	3 - 4
6.4 稀土硝酸盐	3 - 4
6.5 稀土磷酸盐	3 - 4

7 稀土添加剂在表面处理领	
域的应用要点	3 - 4

8 稀土的放射性问题	3 - 4
------------------	-------

第 2 章 稀土添加剂在镀铬中的

应用	3 - 5
----------	-------

1 重稀土添加剂在超低铬酸	
---------------	--

浓度镀铬中的应用	3-5	2.5 结论	3-14
1.1 概述	3-5	第4章 稀土添加剂在镀镍、镀镍-铁	
1.2 重稀土添加剂镀铬原理	3-5	合金及化学镀镍中的应用	3-15
1.3 试验	3-5	1 稀土添加剂在镀镍及镀镍-铁	
1.3.1 试验设备	3-5	合金中的应用	3-15
1.3.2 试验试剂和材料	3-5	1.1 概述	3-15
1.3.3 性能测试	3-5	1.2 试验	3-15
1.3.4 试验过程	3-5	1.2.1 稀土添加剂镀半光亮镍	3-15
1.3.5 分析和讨论	3-6	1.2.2 稀土添加剂镀光亮镍	3-16
1.4 重稀土添加剂装饰性镀铬的		1.2.3 稀土添加剂镀镍-铁合金	3-16
常见故障现象和原因分析	3-7	1.3 结果与讨论	3-16
1.5 结论	3-8	1.4 结论	3-17
2 稀土添加剂在钢卷板高速		2 稀土添加剂在酸性化学镀	
连续镀铬中的应用	3-8	镍中的应用	3-17
2.1 概述	3-8	2.1 稀土添加剂酸性化学镀镍	
2.2 钢卷板连续镀铬的生产		的优点	3-17
特点	3-8	2.2 稀土添加剂酸性化学镀镍的	
2.3 钢卷板连续镀铬生产的工艺		工艺规范	3-17
流程	3-8	2.3 镀液组成和操作条件	3-17
2.3.1 除油	3-8	2.3.1 镀液组成及作用	3-17
2.3.2 浸蚀	3-8	2.3.2 镀液温度和 pH 值的作用	3-18
2.3.3 镀铬工艺	3-8	2.4 稀土添加剂化学镀镍的机理	3-18
2.4 结束语	3-9	第5章 稀土添加剂在镀铜和镀锡	
第3章 稀土添加剂在镀锌和热		及锡-铈-铋合金中的应用	3-19
浸镀锌中的应用	3-10	1 稀土添加剂在酸性光亮镀铜	
1 稀土添加剂在氯化钾镀锌		中的应用	3-19
及三价铬钝化中的应用	3-10	1.1 概述	3-19
1.1 概述	3-10	1.2 试验	3-19
1.2 稀土添加剂氯化钾镀锌	3-10	1.2.1 试验设备	3-19
1.2.1 试验设备、材料及工艺流程	3-10	1.2.2 基础液组成和操作条件	3-19
1.2.2 耐蚀性测试	3-10	1.3 镀液成分对镀层的影响	3-19
1.3 稀土添加剂锌镀层的三价		1.4 操作条件对镀层的影响	3-20
铬钝化	3-10	1.5 稀土添加剂酸性光亮镀铜常	
1.3.1 试验	3-11	见故障现象和原因分析	3-20
1.3.2 结果与讨论	3-11	1.6 酸性光亮镀铜添加稀土添加	
1.4 结论	3-12	剂的效果	3-20
2 稀土添加剂在热浸镀锌中的		1.7 结论	3-21
应用	3-12	2 稀土添加剂在镀锡和镀锡	
2.1 概述	3-12	-铈-铋合金中的应用	3-21
2.2 试验	3-12	2.1 稀土添加剂酸性镀锡和镀锡	
2.2.1 试验材料和设备	3-12	-铈-铋合金	3-21
2.2.2 试验过程	3-13	2.1.1 概述	3-21
2.3 结果与分析	3-13	2.1.2 镀锡和镀锡-铈-铋合金工	
2.4 操作方法要点	3-13	艺规范	3-22

2.1.3 稀土添加剂镀锡和镀锡-铈-铈合金操作注意事项	3-22	1 概述	3-25
2.1.4 稀土添加剂镀锡和镀锡-铈-铈合金常见故障现象、原因分析及排除方法	3-22	2 稀土宽温耐蚀耐磨硫酸阳极氧化机理	3-25
2.2 稀土添加剂在氟硼酸镀锡中的应用	3-23	3 试验	3-25
2.2.1 概述	3-23	3.1 试验材料和设备	3-25
2.2.2 氟硼酸体系连续镀锡工艺流程	3-24	3.2 阳极氧化工艺流程	3-25
2.2.3 氟硼酸镀锡的溶液组成和操作条件	3-24	3.3 试验结果	3-25
2.2.4 铈元素对锡镀层焊接性能的影响	3-24	4 稀土阳极氧化溶液各组分的作用及对氧化膜的影响	3-26
第6章 稀土添加剂在铝合金硫酸阳极氧化中的应用	3-25	5 操作条件对氧化膜的影响	3-27
		6 稀土添加剂在铝合金阳极氧化中常见的故障现象和原因分析	3-27
		7 结论	3-27
		参考文献	3-27

第4篇 电 铸

第1章 概述	4-3	2.5 氟硼酸盐溶液	4-21
1 电铸的特点	4-3	2.6 电铸镍的焊接	4-22
2 对电铸零件的性能要求	4-3	3 电铸铁	4-22
3 对电铸溶液的基本要求	4-4	3.1 电铸铁的应用场合	4-22
4 设计电铸零件时的注意事项	4-4	3.2 氯化物溶液	4-23
第2章 芯模	4-5	3.3 氨基磺酸盐溶液	4-24
1 芯模的设计	4-5	3.4 其他溶液	4-26
2 芯模材料	4-5	4 电铸镍基合金	4-26
3 芯模的预处理	4-6	4.1 电铸镍-钴合金	4-26
3.1 重复使用的金属芯模	4-6	4.2 电铸镍-铁合金	4-27
3.2 一次性使用的金属芯模	4-6	4.3 电铸镍-锰合金	4-28
3.3 非金属芯模	4-7	第4章 电铸的应用实例	4-29
第3章 常见电铸材料	4-11	1 塑料注塑成型模具	4-29
1 电铸铜	4-11	2 金属箔和金属网	4-29
1.1 电铸铜的应用场合	4-11	3 光盘压模	4-29
1.2 硫酸盐溶液	4-11	4 波导管	4-29
1.3 氟硼酸盐溶液	4-12	5 艺术品的创作与复制	4-30
2 电铸镍	4-13	6 风洞喷管内壁	4-30
2.1 电铸镍的应用场合	4-13	7 液体火箭发动机推力室	4-30
2.2 氨基磺酸盐溶液	4-13	8 泡沫金属	4-30
2.3 硫酸盐溶液	4-16	9 电铸连接	4-30
2.4 氯化物溶液	4-20	参考文献	4-31

第5篇 铝和铝合金的表面氧化处理

第1章 铝和铝合金表面氧化处理的重要性	5-3	1 铝和铝合金的性质	5-3
		1.1 物理性质	5-3