



# 航空制造工程手册

《航空制造工程手册》总编委会 主编

· 表面处理 ·

航空工业出版社

# 航空制造工程手册

## 表面处理

《航空制造工程手册》总编委会 主编

航空工业出版社

1993

(京)新登字 161 号

### 内 容 提 要

本书是《航空制造工程手册》的一个分册。书中总结了40年来航空工业表面处理生产实践经验和科研成果,同时吸收、移植了航空工业各单位在与国外合作生产和转包生产中引进的新工艺、新技术。全书共分16章,包括预处理,单金属电镀,合金电镀,特殊材料电镀,化学镀、刷镀、复合镀,金属表面转化膜处理,溶液分析、纯水制备,有机涂层涂覆工艺,耐高温及特种功能涂层工艺,热喷涂涂层工艺,覆盖层性能测试方法,表面处理质量控制,防锈、封存、包装,表面喷丸强化工艺,三废治理及技术安全。编写中贯彻了“求实、求新、求是、求精”的精神,并按手册要求做到了论述系统简洁、数据详尽可靠、方便实用。

本书是从事航空表面处理工程技术人员的实用工具书,同时也可供从事产品设计、制造、检验、生产和管理等各类人员,高等院校、中专有关专业师生参考,还可供其他机电行业的有关技术人员借鉴。

### 航空制造工程手册

#### 表面处理

《航空制造工程手册》总编委会 主编

责任编辑 汪志良

---

©1993

航空工业出版社

(北京市安定门外小关东里14号)

— 邮政编码: 100029 —

全国各地新华书店经售

北京地质印刷厂印刷

---

1993年12月第1版

1993年12月第1次印刷

开本: 787×1092 1/16

印张: 43.625

印数: 1—2000

字数: 1116.8千字

ISBN 7-80046-495-4/TG·015 (平装)

ISBN 7-80046-494-6/TG·014 (精装)

定价: 65.00元 (平装)

80.00元 (精装)

# 序

我国航空工业已走过了四十余年的历程,从飞机的修理、仿制到自行研制,航空制造工程得到很大的发展。在航空高科技产业的大系统中,航空制造工程是重要的组成部分之一。航空工业,就其行业性来讲,属于制造业范畴。航空制造工程的技术状况,是衡量一个国家科学技术发展综合水平的重要标志。航空制造工程的发展水平,对飞机的可靠性和使用寿命的提高、综合技术性能的改善、研制和生产成本的降低、甚至总体设计思想能否得到具体实现等均起着决定性作用。

航空制造工程已成为市场竞争的重要基础,要发展航空工业、并有效地占领市场,不仅要不断地更新设计,开发新产品,更重要的是要具备一个现代化的航空制造工程系统。在发达国家中,均优先发展航空制造工程,很多新工艺、新材料、新设备、新技术都是在航空制造工程中领先使用的,因此必须从战略高度予以重视,并采取实际而有效的措施加速它的发展。编写《航空制造工程手册》,就是为实现航空制造工程现代化的战略目标,在制造工程领域进行的基础性工作。

四十年来,我国航空工业积累了大量经验,取得了丰硕的成果,特别是改革开放以来,开扩了视野并有可能汲取更多的新科技信息。但是如何将这容量浩繁、层次复杂、学科众多的科学技术和经验汇集起来,使之成为我国航空工业、乃至国家的珍贵财富,是一项具有重大实用价值和长远意义的任务,为此航空航天部决定组织全行业的力量,统一计划、统一部署完成这项极其复杂的规模巨大的系统工程。大家本着继往开来的历史责任感和紧迫感,从1989年开始组织航空工业全行业制造工程方面造诣至深的专家、教授、学者,经过几年的努力陆续编写出版了这套基本覆盖航空制造工程各专业各学科的包括三十二个分册、几千万字的《航空制造

工程手册》。

编好这套手册是一项十分艰巨的工作。大家始终坚持求实、求新、求精、求是的原则,在确保鲜明航空特色的前提下,在总体内容上强调实用性、综合性、成套性;在表达形式上,以技术数据、图形表格、曲线公式为主;阐述扼要,结论严谨,力求使手册成为一部概念准确、数据可靠、文字简洁、编排合理、查阅方便,能为广大从事航空制造工程的科技人员提供有益指导和参考的工具书。

首次组织编纂大型手册,缺乏经验,还由于过去资料积累基础比较薄弱,新技术发展迅速和深度广度不断增加,使这项工作带有相当程度的探索性,因之错误与不足之处实为难免,恳切希望广大读者给予指正。对在这套手册编写过程中给予支持的单位和付出辛勤劳动,提供资料,参与编写,评审,出版的同志们表示衷心感谢。由于我国航空制造工程与世界水平尚存在较大差距,这套手册出版之后,还有不断求新、完善的必要,《航空制造工程手册》总编委会及其办公室是常设机构,将努力收集新的科技信息及这套工具书使用的情况和意见,为今后的修订提供依据,以求进一步完善和提高。

何文治

1992年8月28日

# 《航空制造工程手册》

## 各分册名称

- |             |               |
|-------------|---------------|
| 《通用基础》      | 《非金属结构件工艺》    |
| 《热处理》       | 《飞机结构工艺性指南》   |
| 《特种加工》      | 《发动机机械加工》     |
| 《表面处理》      | 《发动机装配与试车》    |
| 《焊接》        | 《发动机叶片工艺》     |
| 《特种铸造》      | 《燃油泵与调节器装配试验》 |
| 《金属材料切削加工》  | 《弹性元件工艺》      |
| 《齿轮工艺》      | 《电连接器工艺》      |
| 《工艺检测》      | 《机载设备精密加工》    |
| 《计算机辅助制造工程》 | 《光学元件工艺》      |
| 《飞机钣金工艺》    | 《框架壳体工艺》      |
| 《飞机机械加工》    | 《武器系统装配》      |
| 《飞机装配》      | 《电机电器工艺》      |
| 《飞机工艺装备》    | 《救生装备工艺》      |
| 《飞机模线样板》    | 《电子设备装配》      |
| 《金属结构件胶接》   | 《机载设备环境试验》    |

# 《航空制造工程手册》

## 总编委会、顾问及办公室组成名单

**总编委员会主任** 何文治

**总编委会副主任**(按姓氏笔划排列)

马业广	王云机	王敬堂	方裕成	刘多朴
朱伯贤	任家耕	李成功	李哲浩	李章由
吴复兴	易志斌	郑作棣	杨彭基	张彤
张士元	张钟林	周家骐	周砥中	周晓青
金德琨	姚克佩	顾元杰	徐秉铨	徐培麟
郭景山	程宝渠	屠德彰		

**总编委会常务副主任** 马业广

**总编委会顾问**(按姓氏笔划排列)

马世英	于欣	于志耕	于剑辉	王英儒
<span style="border: 1px solid black;">冯旭</span>	杨墉	杨光中	陆颂善	枉云汉
罗时大	荣科	邴少安	董德馨	程华明
廖宗懋	颜鸣皋	戴世然		

**总编委会委员**(按姓氏笔划排列)

马业广	王广生	王云机	王国成	王喜力
王敬堂	方学龄	方裕成	刘多朴	刘树桓
刘盛东	刘瑞新	关桥	朱伯贤	孙国壁
任家耕	严世能	何文治	何恽晋	李成功
李秋娥	李哲浩	李章由	李德澄	杜昌年
沈昌治	陈于乐	陈进	陈积懋	陈德厚
余承业	杨彭基	吴志恩	吴复兴	张彤
张夏	张士元	张幼桢	张灵雨	张纯正
张钟林	张增模	周家骐	周砥中	周晓青

易志斌	郑作棣	林更元	林泽宽	林敦仪
金慧根	金德琨	国 岩	赵仲英	胡四新
胡建国	姜淑芳	姚永义	姚克佩	郝命麒
顾元杰	郭景山	晏海瑞	唐荣锡	唐瑞润
徐秉铨	徐培麟	常荣福	戚道纬	崔连信
屠德彰	程宝渠	熊敦礼	戴 鼎	

**总编委会常委**(按姓氏笔划排列)

马业广	王云机	何恽晋	李成功	李哲浩
吴复兴	郑作棣	周家骐	戚道纬	崔连信
屠德彰	戴 鼎			

**总编委会办公室主任**

戚道纬

**总编委会办公室副主任**(按姓氏笔划排列)

刘树桓 姜淑芳 崔连信

**总编委会办公室成员**(按姓氏笔划排列)

丁立铭	王偲鹏	刘树桓	刘瑞麟	邵 箭
陈 刚	陈振荣	宋占意	张士霖	林 森
段文斌	贺开运	姜淑芳	莫龙生	徐晓风
戚道纬	崔正山	崔连信		



## 《表面处理》分编委会组成名单

**主编** 张玉麟

**副主编** (按姓氏笔划排列)

孙国璧 金石 杨家桢 袁昌言 黄子勋

**委员** (按姓氏笔划排列)

王仁智 王远谋 左印昌 冯耀坤 伍崇荫

李正 沈连桂 张伟异 陈孟成 陈松祺

段绪海 莫龙生 倪南洛 黄温厚 喻兴汉

蔚津

## 《表面处理》其他编写和统稿人员名单

**编写人员** (按姓氏笔划排列)

王家萸 刘多朴 刘国铭 刘俊能 华兴浩

朱金山 李树初 肖绪昌 陈润斋 赵家培

殷秀梅

**统稿人员** (按姓氏笔划排列)

李正 张玉麟 黄子勋

《表面处理》提供资料人员

肖绪昌 郑学钦 赵家培 范瑞麟 郭智京  
简亚萍 雷骏志

## 目 录

**第 1 章 概论****第 2 章 预处理**

2.1 预处理的作用和分类	4
2.2 机械预处理	4
2.2.1 磨光	4
2.2.2 机械抛光	6
2.2.3 滚光、振动滚光和刷光	7
2.2.3.1 滚光、振动滚光	7
2.2.3.2 刷光	7
2.2.4 喷砂	8
2.2.4.1 干喷砂	9
2.2.4.2 湿喷砂	9
2.2.4.3 喷砂控制要点	11
2.3 除油	12
2.3.1 有机溶剂除油	12
2.3.1.1 有机溶剂的特性	12
2.3.1.2 溶剂除油的方法	13
2.3.2 溶剂蒸气除油	14
2.3.2.1 常用蒸气除油溶剂及其特性	14
2.3.2.2 溶剂蒸气除油装置	15
2.3.2.3 溶剂蒸气除油的方法	16
2.3.2.4 溶剂的更换、中和、回收和再利用	17
2.3.3 化学除油	18
2.3.3.1 碱性除油常见组分的作用	18
2.3.3.2 常用化学除油溶液成分及工艺条件	19
2.3.4 电化学除油	20
2.3.4.1 常用电化学除油溶液成分及工艺条件	20
2.3.4.2 电化学除油工艺控制要点	21
2.3.5 金属清洗剂除油	22
2.3.6 除油的质量要求	22

2.4 浸蚀	22
2.4.1 常用的浸蚀剂	23
2.4.2 常用浸蚀溶液成分及工艺条件	23
2.4.2.1 钢铁零件浸蚀溶液成分及工艺条件	23
2.4.2.2 铜及铜合金零件浸蚀溶液成分及工艺条件	26
2.4.2.3 铝及铝合金零件浸蚀溶液成分及工艺条件	26
2.4.2.4 钛及钛合金零件浸蚀溶液成分及工艺条件	28
2.4.2.5 镁及镁合金零件浸蚀溶液成分及工艺条件	29
2.4.3 缓蚀剂	29
2.5 电化学抛光和化学抛光	30
2.5.1 钢铁零件的电化学抛光和化学抛光	30
2.5.2 铝及铝合金电化学抛光和化学抛光	32
2.6 其他预处理	34
2.6.1 保护和绝缘	34
2.6.2 中和	34
2.6.3 出光	35
2.6.4 除膜	35
2.7 消除内应力	35
2.7.1 加工过程中的内应力	35
2.7.2 镀层的内应力	35
2.7.3 镀前消除应力	36

**第 3 章 单金属电镀**

3.1 单金属电镀的分类和作用	37
3.2 镀锌	37
3.2.1 锌镀层的性质和用途	37

3.2.2 镀锌溶液的类型及其特点 .....	38	3.5.2 镀镍溶液的类型及其特点 .....	56
3.2.3 氰化镀锌 .....	38	3.5.3 氯化物镀镍 .....	56
3.2.3.1 溶液成分及工艺条件 .....	38	3.5.4 硫酸盐镀镍 .....	56
3.2.3.2 溶液配制 .....	39	3.5.4.1 溶液成分及工艺条件 .....	57
3.2.3.3 溶液中各成分的作用 .....	39	3.5.4.2 溶液配制 .....	58
3.2.3.4 工艺控制要点 .....	40	3.5.4.3 工艺控制要点 .....	58
3.2.4 锌镀层的后处理 .....	40	3.5.5 常见故障及排除方法 .....	59
3.2.4.1 低铬酸彩色钝化 .....	40	3.5.6 不合格镍镀层去除 .....	60
3.2.4.2 高铬酸彩色钝化 .....	41	3.5.6.1 化学法 .....	60
3.2.4.3 二次钝化 .....	41	3.5.6.2 电化学法 .....	61
3.2.4.4 彩色钝化膜漂白 .....	41	3.6 镀铬 .....	61
3.2.4.5 白色钝化 .....	42	3.6.1 铬镀层的性质 .....	61
3.2.4.6 黑色钝化 .....	42	3.6.2 铬镀层的种类和用途 .....	61
3.2.5 常见故障及排除方法 .....	43	3.6.3 镀铬溶液的类型及其特点 .....	62
3.2.6 不合格锌镀层去除 .....	43	3.6.4 普通镀铬溶液 .....	63
3.3 镀镉 .....	43	3.6.4.1 溶液成分及工艺条件 .....	63
3.3.1 镉镀层的性质和用途 .....	43	3.6.4.2 溶液配制 .....	63
3.3.2 镀镉溶液的类型及其特点 .....	44	3.6.4.3 溶液中各成分的作用 .....	64
3.3.3 氰化镀镉 .....	45	3.6.4.4 溶液控制要点 .....	64
3.3.3.1 溶液成分及工艺条件 .....	45	3.6.5 复合镀铬溶液 .....	65
3.3.3.2 溶液配制 .....	45	3.6.5.1 溶液成分及工艺条件 .....	65
3.3.3.3 溶液中各成分的作用 .....	45	3.6.6 自动调节镀铬溶液 .....	65
3.3.3.4 工艺控制要点 .....	46	3.6.6.1 溶液成分及工艺条件 .....	66
3.3.4 镉镀层的后处理 .....	47	3.6.6.2 硫酸铈及氟硅酸钾的作用 .....	66
3.3.5 常见故障及排除方法 .....	47	3.6.7 高效快速镀铬溶液 HEEF-25 .....	66
3.3.6 不合格镉镀层去除 .....	47	3.6.7.1 溶液成分及工艺条件 .....	66
3.4 镀铜 .....	48	3.6.7.2 溶液配制 .....	67
3.4.1 铜镀层的性质和用途 .....	48	3.6.7.3 电沉积速度 .....	67
3.4.2 镀铜溶液的类型及其特点 .....	48	3.6.8 镀硬铬 .....	67
3.4.3 氰化镀铜 .....	49	3.6.8.1 溶液成分及工艺条件 .....	67
3.4.3.1 溶液成分及工艺条件 .....	49	3.6.8.2 温度、电流密度对铬镀层物理性 能的影响 .....	67
3.4.3.2 溶液配制 .....	49	3.6.8.3 工艺控制要点 .....	69
3.4.3.3 溶液中各成分的作用 .....	49	3.6.9 镀“无裂纹”铬 .....	69
3.4.3.4 工艺控制要点 .....	50	3.6.9.1 溶液成分及工艺条件 .....	69
3.4.4 光亮镀铜 .....	51	3.6.10 镀松孔铬(多孔铬) .....	70
3.4.4.1 溶液成分及工艺条件 .....	51	3.6.10.1 溶液成分及工艺条件 .....	70
3.4.4.2 溶液配制 .....	52	3.6.10.2 工艺控制要点 .....	70
3.4.4.3 工艺控制要点 .....	52	3.6.11 镀装饰铬 .....	71
3.4.5 常见故障及排除方法 .....	53	3.6.12 镀黑色装饰铬 .....	72
3.4.6 不合格铜镀层去除 .....	54	3.6.12.1 溶液成分及工艺条件 .....	72
3.4.6.1 化学法 .....	54	3.6.13 铬上镀铬 .....	72
3.4.6.2 电化学法 .....	55	3.6.14 获得均匀铬镀层的方法 .....	73
3.5 镀镍 .....	55	3.6.15 镀铬夹具设计 .....	73
3.5.1 镀镍层的性质和用途 .....	55		

3.6.15.1 夹具设计原则	73	3.9.2.2 溶液配制	92
3.6.15.2 夹具实例	75	3.9.2.3 溶液中各成分的作用	92
3.6.16 不镀铬部位的保护(绝缘)	75	3.9.2.4 工艺控制要点	92
3.6.17 多镀种工艺流程	75	3.9.3 镀银的前处理	93
3.6.18 镀铬用阳极材料	78	3.9.3.1 预镀银	93
3.6.19 常见故障及排除方法	78	3.9.3.2 浸银	94
3.6.20 不合格铬镀层退除	80	3.9.4 防银变色	94
3.6.20.1 化学法	80	3.9.4.1 化学钝化法	95
3.6.20.2 电化学法	80	3.9.4.2 电化学钝化法	95
3.7 镀锡	81	3.9.4.3 镀氢氧化铍	95
3.7.1 锡镀层的性质和用途	81	3.9.4.4 浸防银变色剂	96
3.7.2 镀锡溶液的类型及其特点	82	3.9.4.5 银镀层变色的后处理	96
3.7.3 碱性镀锡	82	3.9.5 常见故障及排除方法	96
3.7.3.1 溶液成分及工艺条件	82	3.9.6 不合格银镀层退除	97
3.7.3.2 溶液配制	83	3.9.6.1 化学法	97
3.7.3.3 溶液中各成分的作用	83	3.9.6.2 电化学法	97
3.7.3.4 工艺控制要点	83	3.9.7 银的回收	98
3.7.4 硫酸盐镀锡	84	3.10 镀铜	98
3.7.4.1 溶液成分及工艺条件	84	3.10.1 铜镀层的性质和作用	98
3.7.4.2 溶液配制	85	3.10.2 硫酸盐镀铜	98
3.7.4.3 溶液中各成分的作用	85	3.10.2.1 溶液成分及工艺条件	98
3.7.4.4 工艺控制要点	85	3.10.2.2 溶液配制	99
3.7.5 镀晶纹锡	85	3.10.2.3 工艺控制要点	99
3.7.6 常见故障及排除方法	86	3.10.2.4 常见故障及排除方法	99
3.7.6.1 碱性镀锡	86	3.10.3 其他镀铜溶液成分及工艺条件	99
3.7.6.2 硫酸盐镀锡	86	3.10.4 铜的回收	100
3.7.7 不合格锡镀层退除	86	3.11 镀铂	100
3.8 镀铅	87	3.11.1 铂镀层的性质和用途	100
3.8.1 铅镀层的性质和用途	87	3.11.2 溶液成分及工艺条件	100
3.8.2 镀铅溶液的类型及其特点	87	3.11.3 溶液配制	100
3.8.3 氟硼酸盐镀铅	87	3.11.3.1 P盐镀铂溶液的配制(配方1、 配方2)	100
3.8.3.1 溶液成分及工艺条件	88	3.11.3.2 硫酸二亚硝基亚铂酸溶液的配 制(配方3)	101
3.8.3.2 溶液配制	88	3.11.4 溶液中各成分的作用	102
3.8.3.3 溶液中各成分的作用	88	3.11.5 工艺控制要点	102
3.8.3.4 工艺控制要点	88	3.11.6 常见故障及排除方法	102
3.8.3.5 常见故障及排除方法	89	3.11.7 不合格铂镀层退除	102
3.8.4 其他镀铅溶液成分及工艺条件	89	3.11.8 废液中铂的回收	103
3.8.5 不合格铅镀层退除	90	3.12 镀钯	103
3.8.5.1 化学法	90	3.12.1 钯镀层的性质和用途	103
3.8.5.2 电化学法	90	3.12.2 溶液成分及工艺条件	103
3.9 镀银	90	3.12.3 溶液配制	104
3.9.1 银镀层的性质和用途	90	3.12.4 溶液中各成分的作用	104
3.9.2 氰化镀银	91		
3.9.2.1 溶液成分及工艺条件	91		

3.12.5 工艺控制要点 .....	104	4.2.5 常见故障及排除方法 .....	117
3.12.6 常见故障及排除方法 .....	105	4.2.6 不合格硬金镀层的退除 .....	119
3.12.7 不合格钡镀层退除 .....	105	4.2.6.1 化学法 .....	119
3.12.7.1 化学法 .....	105	4.2.6.2 电化学法 .....	119
3.12.7.2 电化学法 .....	106	4.2.7 金的回收 .....	120
3.12.8 镀钡溶液的再生及废液中钡的回 收 .....	106	4.3 电镀镉锡合金 .....	120
3.12.8.1 镀钡溶液的再生 .....	106	4.3.1 镉锡合金镀层的性质和用途 .....	120
3.12.8.2 废液中钡的回收 .....	106	4.3.2 无氰镀镉锡合金 .....	120
3.13 镀铬 .....	106	4.3.2.1 溶液成分及工艺条件 .....	120
3.13.1 铬镀层的性质和用途 .....	106	4.3.2.2 溶液配制 .....	121
3.13.2 溶液成分及工艺条件 .....	107	4.3.2.3 工艺控制要点 .....	121
3.13.3 溶液配制 .....	107	4.3.2.4 常见故障及排除方法 .....	122
3.13.3.1 氯化法 .....	107	4.3.3 氰化镀镉锡合金 .....	122
3.13.3.2 硫酸氢钾共熔法 .....	108	4.3.4 镉锡合金镀层的钝化 .....	123
3.13.4 溶液中各成分的作用 .....	108	4.3.5 镉锡合金镀层的退除 .....	123
3.13.5 工艺控制要点 .....	108	4.4 电镀镉钛合金 .....	123
3.13.6 常见故障及排除方法 .....	109	4.4.1 镉钛合金镀层的性质和用途 .....	123
3.13.7 不合格铬镀层退除 .....	109	4.4.2 氰化镀镉钛合金 .....	123
3.13.7.1 化学法 .....	109	4.4.2.1 溶液成分及工艺条件 .....	123
3.13.7.2 电化学法 .....	109	4.4.2.2 溶液配制 .....	124
3.13.8 废液中铬的回收 .....	110	4.4.2.3 工艺控制要点 .....	125
3.14 除氢 .....	110	4.4.3 无氰镀镉钛合金 .....	125
3.14.1 氢的来源 .....	110	4.4.3.1 溶液成分及工艺条件 .....	125
3.14.2 除氢方法 .....	110	4.4.3.2 溶液配制 .....	125
3.14.3 除氢对象 .....	110	4.4.3.3 工艺控制要点 .....	126
3.14.4 除氢参数 .....	110	4.4.3.4 常见故障及排除方法 .....	126
3.14.5 除氢操作要点 .....	111	4.4.4 镉钛合金镀层的钝化 .....	127
<b>第4章 合金电镀</b>		4.4.5 钝化膜的返修及镀层退除 .....	127
4.1 合金电镀的分类, 特点和应用 .....	112	4.4.5.1 钝化膜的返修 .....	127
4.2 镀硬金 .....	112	4.4.5.2 不合格镀层的退除 .....	127
4.2.1 硬金镀层的性质和用途 .....	112	4.5 电镀铜锌合金 .....	127
4.2.2 碱性氰化物镀硬金 .....	113	4.5.1 铜锌合金镀层的性质和用途 .....	127
4.2.2.1 溶液成分及工艺条件 .....	113	4.5.2 溶液成分及工艺条件 .....	128
4.2.2.2 溶液配制 .....	113	4.5.3 溶液配制 .....	128
4.2.2.3 工艺控制要点 .....	114	4.5.4 工艺控制要点 .....	129
4.2.3 柠檬酸盐镀硬金 .....	114	4.5.5 常见故障及排除方法 .....	129
4.2.3.1 溶液成分及工艺条件 .....	114	4.5.6 不合格镀层的退除 .....	130
4.2.3.2 溶液配制 .....	115	4.6 电镀镍镉合金 .....	130
4.2.3.3 工艺控制要点 .....	115	4.6.1 镍镉合金镀层的性质和用途 .....	130
4.2.4 亚硫酸盐镀硬金 .....	116	4.6.2 镍镉扩散镀层工艺 .....	130
4.2.4.1 溶液成分及工艺条件 .....	116	4.6.2.1 镀镍 .....	130
4.2.4.2 溶液配制 .....	117	4.6.2.2 镀镉 .....	132
4.2.4.3 工艺控制要点 .....	117	4.6.2.3 铬酸盐处理 .....	132
		4.6.2.4 扩散处理 .....	132

4.6.2.5 表面清理	132	5.2.2.7 镀锌预处理	143
4.6.2.6 涂油	132	5.2.2.8 化学镀镍	143
4.6.3 电镀镍镉合金	132	5.2.2.9 预镀	143
4.6.3.1 溶液成分及工艺条件	132	5.2.3 工艺控制要点	143
4.6.3.2 浸蚀处理	133	5.3 钛及钛合金电镀	144
4.6.4 不合格镀层的退除	133	5.3.1 工艺程序	144
4.7 电镀铅锡合金	133	5.3.2 工序说明	144
4.7.1 铅锡合金镀层的性质和用途	133	5.3.2.1 除油	144
4.7.2 溶液成分及工艺条件	134	5.3.2.2 浸蚀	144
4.7.3 溶液配制	134	5.3.2.3 活化	144
4.7.4 工艺控制要点	134	5.3.2.4 预镀	146
4.7.5 铅锡合金镀层的钝化	134	5.3.2.5 电镀	146
4.7.6 常见故障及排除方法	135	5.3.2.6 镀后处理(热处理)	146
4.7.7 不合格镀层的退除	135	5.4 不锈钢电镀	146
4.8 电镀锡铈合金	135	5.4.1 化学活化法	146
4.8.1 锡铈合金镀层的性质和用途	135	5.4.2 阴极活化法	146
4.8.2 溶液成分及工艺条件	136	5.4.3 活化预镀法	147
4.8.3 溶液配制	136	5.4.4 活化预镀一步法	147
4.8.4 工艺控制要点	136	5.4.5 镀锌活化法	147
4.8.5 不合格镀层的退除	136	5.5 超高强度钢电镀	148
4.9 镀黑镍	137	5.5.1 超高强度钢电镀前的预处理	148
4.9.1 黑镍镀层的性质和用途	137	5.5.1.1 消除应力	148
4.9.2 溶液成分及工艺条件	137	5.5.1.2 除油	148
4.9.3 溶液配制	137	5.5.1.3 喷砂	148
4.9.4 工艺控制要点	137	5.5.1.4 活化	148
4.9.5 常见故障及排除方法	138	5.5.2 超高强度钢氰化镀镉钛合金	148
<b>第5章 特殊材料电镀</b>		5.5.2.1 工艺程序	148
5.1 特殊材料电镀的作用和特点	139	5.5.2.2 工序说明	149
5.1.1 铝及铝合金电镀	139	5.5.3 超高强度钢无氰镀镉钛合金	150
5.1.2 钛及钛合金电镀	139	5.5.3.1 工艺程序	150
5.1.3 不锈钢电镀	140	5.5.3.2 工序说明	150
5.1.4 超高强度钢电镀	140	5.5.4 超高强度钢松孔镀镉	150
5.1.5 塑料电镀	140	5.5.4.1 工艺程序	150
5.1.6 印刷线路板电镀	140	5.5.4.2 溶液成分及工艺条件	150
5.1.7 玻璃、陶瓷电镀	141	5.6 塑料电镀	151
5.2 铝及铝合金电镀	141	5.6.1 工艺程序	151
5.2.1 工艺程序	141	5.6.2 工序说明	152
5.2.2 溶液成分及工艺条件	141	5.6.2.1 内应力的检查和消除	152
5.2.2.1 除油	141	5.6.2.2 除油	152
5.2.2.2 碱浸蚀	141	5.6.2.3 粗化	152
5.2.2.3 酸浸蚀(出光)	141	5.6.2.4 中和	153
5.2.2.4 浸锌	142	5.6.2.5 敏化	153
5.2.2.5 浸重金属	142	5.6.2.6 活化	154
5.2.2.6 阳极氧化	142	5.6.2.7 还原或解胶	154

5.6.2.8 化学镀	155	6.2.2.10 不合格镀层的退除	176
5.6.2.9 电镀	155	6.3 复合镀	176
5.7 印刷线路板电镀	155	6.3.1 复合镀的分类与用途	176
5.7.1 印刷线路板电镀的特殊要求	155	6.3.2 复合镀溶液成分与工艺条件	177
5.7.2 印刷板孔的金属化	156	6.3.3 复合镀溶液中各成分的作用与工艺控制要点	178
5.7.2.1 工艺程序	156	6.3.3.1 镀层金属与固体非金属分散微粒	178
5.7.2.2 工序说明	157	6.3.3.2 分散微粒的粒度与共析量	179
5.7.3 印刷板镀铅锡合金	160	6.3.3.3 工艺控制要点	179
5.7.4 插头镀金	161	6.3.4 溶液的维护	180
5.7.4.1 插头镀金工艺程序	161	6.4 刷镀	180
5.7.4.2 工序说明	161	6.4.1 刷镀的主要应用范围	180
5.8 玻璃和陶瓷电镀	161	6.4.2 刷镀设备	180
5.8.1 玻璃电镀	161	6.4.3 刷镀溶液	182
5.8.1.1 化学镀法	161	6.4.3.1 预处理溶液	182
5.8.1.2 热扩散法(烧渗法)	163	6.4.3.2 刷镀金属溶液	183
5.8.2 陶瓷电镀	164	6.4.4 刷镀工艺	185
5.8.2.1 化学镀法	164	6.4.4.1 被镀表面的预处理	185
5.8.2.2 热扩散法(烧渗法)	164	6.4.4.2 常用金属的刷镀工艺程序	185
<b>第6章 化学镀、复合镀和刷镀</b>		6.4.4.3 工艺控制要点	186
6.1 特点和应用	165	<b>第7章 金属表面转化膜处理</b>	
6.2 化学镀	166	7.1 金属表面转化膜处理的特点和应用	188
6.2.1 化学镀镍	166	7.2 铝及铝合金表面的转化膜处理	188
6.2.1.1 化学镀镍层的性质和用途	166	7.2.1 铝及铝合金的化学转化膜处理	188
6.2.1.2 化学镀镍溶液的类型及特点	167	7.2.1.1 铝及铝合金化学转化膜的性质和用途	188
6.2.1.3 溶液成分及工艺条件	167	7.2.1.2 碱性铬酸盐氧化	188
6.2.1.4 溶液配制	169	7.2.1.3 磷酸-铬酸氧化	189
6.2.1.5 溶液中各成分的作用	169	7.2.1.4 阿洛丁氧化	189
6.2.1.6 溶液的稳定性	169	7.2.1.5 其他酸性氧化	192
6.2.1.7 工艺控制要点	170	7.2.1.6 常见故障及排除方法	193
6.2.1.8 化学镀镍层的热处理	170	7.2.1.7 不合格膜层返修	193
6.2.1.9 溶液的调整与维护	171	7.2.2 铝及铝合金的电化学转化膜处理	194
6.2.1.10 常见故障及排除方法	172	7.2.2.1 铝及铝合金电化学转化膜的性质和用途	194
6.2.1.11 不合格镀层的退除	172	7.2.2.2 硫酸阳极氧化	195
6.2.2 化学镀铜	173	7.2.2.3 铬酸阳极氧化	198
6.2.2.1 化学镀铜层的性质和用途	173	7.2.2.4 草酸阳极氧化	200
6.2.2.2 化学镀铜溶液的类型及其特点	173	7.2.2.5 磷酸阳极氧化	201
6.2.2.3 溶液成分及工艺条件	174	7.2.2.6 硬质阳极氧化	202
6.2.2.4 溶液配制	174	7.2.2.7 瓷质阳极氧化	205
6.2.2.5 溶液中各成分的作用	174		
6.2.2.6 镀铜溶液的稳定性	175		
6.2.2.7 工艺控制要点	175		
6.2.2.8 镀铜溶液的维护	176		
6.2.2.9 常见故障及排除方法	176		



7.2.2.8 其他阳极氧化·····	206	7.5 钛及钛合金表面的转化膜处理·····	231
7.2.2.9 阳极氧化后的着色·····	208	7.5.1 钛及钛合金阳极氧化膜的性质和 用途·····	231
7.2.2.10 阳极氧化后的封闭·····	212	7.5.2 溶液成分及工艺条件·····	232
7.2.2.11 常见故障及排除方法·····	215	7.5.3 溶液配制·····	232
7.2.2.12 不合格膜层返修·····	216	7.5.4 工艺控制要点·····	232
7.3 钢铁表面的转化膜处理·····	217	7.5.5 不合格膜层退除·····	233
7.3.1 钢铁表面的磷化处理·····	217	7.6 铜及铜合金表面的转化膜处理·····	234
7.3.1.1 磷化膜的性质和用途·····	217	7.6.1 铜及铜合金的氧化处理·····	234
7.3.1.2 溶液成分及工艺条件·····	218	7.6.1.1 铜及铜合金氧化膜的性质和 用途·····	234
7.3.1.3 溶液配制·····	218	7.6.1.2 铜及铜合金的化学氧化·····	234
7.3.1.4 溶液调整·····	219	7.6.1.3 铜及铜合金的电化学氧化·····	235
7.3.1.5 各种因素对膜层质量的影响·····	219	7.6.2 铜及铜合金的钝化处理·····	235
7.3.1.6 工艺控制要点·····	220	7.6.2.1 铜及铜合金钝化膜的性质和 用途·····	235
7.3.1.7 磷化后的填充·····	221	7.6.2.2 溶液成分及工艺条件·····	235
7.3.1.8 常见故障及排除方法·····	221	7.6.2.3 溶液配制·····	235
7.3.1.9 不合格膜层退除·····	222	7.6.2.4 工艺控制要点·····	236
7.3.2 钢铁表面的氧化处理·····	222	7.6.3 常见故障及排除方法·····	236
7.3.2.1 钢铁表面氧化膜的性质和 用途·····	222	7.6.4 不合格膜层退除·····	237
7.3.2.2 溶液成分及工艺条件·····	223	7.7 不锈钢表面的转化膜·····	237
7.3.2.3 溶液配制·····	223	7.7.1 不锈钢钝化膜的性质和用途·····	237
7.3.2.4 各种因素对膜层质量的影响·····	224	7.7.2 溶液成分及工艺条件·····	237
7.3.2.5 工艺控制要点·····	224	7.7.3 溶液配制·····	237
7.3.2.6 氧化后的皂化和填充·····	224	7.7.4 工艺控制要点·····	238
7.3.2.7 常见故障及排除方法·····	225	7.7.5 常见故障及排除方法·····	238
7.3.2.8 不合格膜层返修·····	225	7.7.6 不合格膜层退除·····	238
7.4 镁合金表面的转化膜处理·····	225	<b>第8章 溶液分析、纯水制备</b>	
7.4.1 镁合金的化学转化膜处理·····	225	8.1 溶液分析·····	239
7.4.1.1 镁合金化学转化膜的性质和 用途·····	225	8.1.1 说明·····	239
7.4.1.2 溶液成分及工艺条件·····	226	8.1.1.1 适用范围·····	239
7.4.1.3 溶液配制·····	227	8.1.1.2 试剂·····	239
7.4.1.4 溶液的维护和调整·····	227	8.1.1.3 试样的采取·····	239
7.4.1.5 工艺控制要点·····	227	8.1.1.4 安全操作注意事项·····	239
7.4.1.6 氧化后的填充·····	227	8.1.2 预处理和后处理溶液的分析·····	239
7.4.2 镁合金的电化学转化膜处理·····	228	8.1.2.1 碱清洗剂溶液的测定·····	239
7.4.2.1 镁合金电化学转化膜的性质和 用途·····	228	8.1.2.2 碱腐蚀溶液的测定·····	240
7.4.2.2 溶液成分及工艺条件·····	228	8.1.2.3 蒸气除油溶剂的分析·····	241
7.4.2.3 溶液配制·····	228	8.1.2.4 三酸脱氧溶液的分析·····	242
7.4.2.4 工艺控制要点·····	229	8.1.2.5 退镉溶液的分析·····	243
7.4.2.5 氧化后的封闭和老化·····	230	8.1.2.6 稀铬酸盐封闭溶液的测定·····	244
7.4.3 常见故障及排除方法·····	230	8.1.3 单金属电镀溶液分析·····	245
7.4.4 不合格膜层返修·····	230	8.1.3.1 氰化镀锌溶液分析·····	245