


SHIYONG
BIAOMIANGONGCHENG
SHOUCE

实用表面工程手册

主编 潘继民 副主编 孙玉福 刘新红 肖树龙

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



实用表面工程手册

主 编 潘继民
副主编 孙玉福 刘新红 肖树龙
参 编 陈志民 付建伟 陈加福 郑晓莉 李松杰 王成铎 王瑞娟 刘胜新
夏 静 黄智泉 徐丽娟 徐 锴 李孔斋 向 嵩 潘星宇 陈凤玲
宋月鹏 李立碑 王金荣 陈 伟 陈慧敏 孙为云 霍方方 翟德铭
陈 光 李书珍 王朋旭 王鸿杰 李 恒 禹润缜 吴奇隆 冯 丽
李晓迪 李宇佳 马超宁 孙华为 赵 丹 杨 娟 刘 峰 高 玉
顾振华 韩庆礼 胡中华 张冠宇 柳洪洁 马庆波 孟 迪 张亚荣
陈 永 孙志鹏 王乐军 王 宁 吴珊珊 魏晓龙 颜新奇 杨 晗
姚 宇 贲东海 张金凤 张 锐 李立凤 李 威 鞠文彬 靳先芳
蒋佳国 邓 晶 高见峰 弓雪原 李 响 李 菁 戴 玮 李 鹏
李杏娥 庞秋香 秦亚伟 毛 磊 王志刚 杜铁磊 严咏志 张素红
审 定 汪大经



机械工业出版社

本手册是一部表面工程技术的综合性工具书。其主要内容包括表面工程技术概述、表面预处理技术、化学转化膜技术、电镀技术、化学镀和热浸镀技术、涂料及涂装技术、热喷涂及堆焊技术、热处理表面工程技术、气相沉积技术、其他表面工程技术,共10篇53章。本手册全面系统地介绍了各种表面工程技术的方法种类、应用特点、工艺规范、基本设备、检验手段、污染控制等方面内容,层次结构合理,图表丰富齐全,查阅快捷方便,具有极强的实用性。

本手册可供表面工程技术人员、质量检验和生产管理人员使用,也可供再制造工程技术人员、相关专业的在校师生、设计人员及科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

实用表面工程手册/潘继民主编. —北京:机械工业出版社,2018.8
ISBN 978-7-111-60265-1

I. ①实… II. ①潘… III. ①金属表面处理-手册 IV. ①TG17-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第134473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:陈保华

责任编辑:陈保华 王彦青

责任校对:刘志文 王延 封面设计:马精明

责任印制:常天培

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2018年9月第1版第1次印刷

184mm×260mm·70.75印张·2插页·1741千字

0001—2500册

标准书号:ISBN 978-7-111-60265-1

定价:239.00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

服务咨询热线:010-88361066 机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294 机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203 金书网:www.golden-book.com

策划编辑:010-88379734 教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

前 言

表面工程涉及多种学科领域，是一门多学科交叉的新兴边缘学科。表面工程是经表面预处理后通过表面涂覆、表面改性或多种表面技术复合处理，改变固体金属表面或非金属表面的形态、化学成分、组织结构和应力状况，以获得所需要表面性能的系统工程。表面工程技术是现代工业发展的关键技术，是先进制造技术的重要组成部分，是维修与再制造的基本手段，是提高零件表面的耐磨性、耐蚀性、耐热性及抗疲劳强度等力学性能的重要方法。表面工程对节能、节材、保护环境、支持社会可持续发展发挥着重要作用。表面工程技术已成为从事制造业产品设计、生产、维修、再制造工程技术人员的必备知识。

本手册具有以下特点：

(1) 内容全面 本手册的主要内容包括表面工程技术概述、表面预处理技术、化学转化膜技术、电镀技术、化学镀和热浸镀技术、涂料及涂装技术、热喷涂及堆焊技术、热处理表面工程技术、气相沉积技术、其他表面工程技术，共 10 篇 53 章。

(2) 取材新颖 在编写过程中，我们全面查阅和收集了与表面工程技术相关的现行的国家标准与行业标准及近些年的技术资料，并进行了精心的归纳整理，使本手册反映了当代表面工程的新技术、新工艺、新成果、新应用。

(3) 实用性强 本手册是一部表面工程技术的综合性工具书，全面系统地介绍了各种表面工程技术的方法种类、应用特点、工艺规范、基本设备、检验手段、污染控制等方面内容，层次结构合理，图表丰富齐全，查阅快捷方便，具有极强的实用性。

本手册由潘继民任主编，孙玉福、刘新红、肖树龙任副主编，汪大经教授对全书进行了仔细的审阅。

本手册可供表面工程技术人员、质量检验和生产管理人员使用，也可供再制造工程技术人员、相关专业的在校师生、设计人员及科研人员参考。

在本手册编写过程中，参考了国内外同行的大量文献资料和相关标准，谨向有关人员表示衷心的感谢！由于编者水平有限，不妥和纰漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正。同时，我们负责对书中所有内容进行技术咨询和答疑。我们的联系方式如下：

联系人：陈先生，电话：13523499166，电子邮箱：13523499166 @ 163. com，QQ：56773139。

编 者

目 录

前 言

第 1 篇 表面工程技术概述

第 1 章 表面工程的内涵、功能及分类	2	2.1 常用表面工程技术方法	14
1.1 表面工程的内涵	2	2.2 表面工程技术设计	16
1.2 表面工程的功能及应用	3	2.3 表面工程技术的选用原则	17
1.2.1 表面工程的功能	3	2.3.1 适应性	17
1.2.2 表面工程的作用	4	2.3.2 耐久性	18
1.3 表面工程技术的分类	10	2.3.3 经济性	19
1.3.1 表面改性	11	2.4 表面工程技术的设计与选择	19
1.3.2 表面处理	11	2.4.1 转化膜、电镀和化学镀技术的设计与选择	19
1.3.3 表面涂覆	11	2.4.2 涂装技术的设计与选择	22
1.3.4 复合表面工程技术	11	2.4.3 热喷涂技术的设计与选择	23
1.3.5 纳米表面工程技术	12	2.4.4 堆焊技术的设计与选择	26
1.4 表面工程技术的发展趋势	13	2.4.5 化学热处理技术的设计与选择	29
第 2 章 表面工程技术方法和设计选用原则	14	2.4.6 气相沉积技术的设计与选择	29

第 2 篇 表面预处理技术

第 3 章 表面预处理的分类及选择	33	4.2.3 溶剂清洗工艺	39
3.1 表面预处理的目的是	33	4.3 水剂清洗	41
3.2 表面预处理的分类	33	4.3.1 水剂清洗的特点	41
3.3 表面预处理方法的选择	33	4.3.2 水剂清洗材料	41
第 4 章 清洗	35	4.3.3 水剂清洗工艺	42
4.1 碱液清洗	35	第 5 章 化学除锈	43
4.1.1 碱液清洗的目的	35	5.1 化学除锈的目的	43
4.1.2 碱液清洗溶液	35	5.2 化学除锈工艺	43
4.1.3 碱液清洗工艺	36	5.2.1 普通钢铁化学除锈工艺	43
4.2 溶剂清洗	38	5.2.2 不锈钢和耐热钢化学除锈工艺	43
4.2.1 溶剂清洗的目的	38	5.2.3 铜及铜合金化学除锈工艺	45
4.2.2 溶剂清洗材料	39	5.2.4 铝及铝合金化学除锈工艺	45

5.2.5 镁及镁合金化学除锈工艺 46

5.2.6 锌、镉及其合金化学除锈工艺 46

5.3 脱脂除锈二合一工艺 47

第6章 表面机械整平 48

6.1 机械整平的目的 48

6.2 机械整平工艺 48

6.2.1 喷砂 48

6.2.2 磨光 50

6.2.3 滚光 51

6.2.4 刷光 52

6.2.5 机械抛光 52

6.2.6 其他机械光饰 53

第7章 表面电解抛光和化学抛光 55

7.1 表面电解抛光 55

7.1.1 表面电解抛光的特点 55

7.1.2 表面电解抛光工艺 55

7.2 表面化学抛光 59

7.2.1 表面化学抛光的目的是 59

7.2.2 表面化学抛光工艺 59

第3篇 化学转化膜技术

第8章 化学转化膜概述 63

8.1 化学转化膜的定义 63

8.2 化学转化膜的分类 63

8.3 化学转化膜的处理方法及适用范围 64

8.4 化学转化膜的防护性能及用途 65

第9章 阳极氧化膜 67

9.1 阳极氧化膜概述 67

9.2 阳极氧化膜的表面要求 68

9.3 阳极氧化工艺 68

9.4 阳极氧化设备 69

9.5 氟化物阳极氧化 71

9.5.1 氟化物阳极氧化处理工艺 71

9.5.2 氟化物阳极氧化后处理 72

9.5.3 氟化物阳极氧化处理的常见问题与对策 72

9.6 瓷质阳极氧化 73

9.7 普通钢铁的阳极氧化 73

9.7.1 普通钢铁的阳极氧化概述 73

9.7.2 普通钢铁工件的阳极氧化工艺流程 74

9.7.3 普通钢铁工件的阳极氧化前处理 74

9.7.4 普通钢铁阳极氧化处理 74

9.7.5 普通钢铁在铜盐电解液中的阳极氧化 74

9.8 不锈钢的阳极氧化 76

9.8.1 不锈钢的阳极氧化概述 76

9.8.2 不锈钢阳极氧化工艺流程 76

9.8.3 不锈钢阳极氧化前处理 76

9.8.4 不锈钢阳极氧化处理 78

9.8.5 不锈钢阳极氧化后处理 79

9.9 铝及铝合金的阳极氧化 80

9.9.1 铝及铝合金阳极氧化机理 80

9.9.2 铝及铝合金阳极氧化膜的结构 80

9.9.3 铝及铝合金阳极氧化的分类 82

9.9.4 铝及铝合金常用的阳极氧化电解液 82

9.9.5 各种因素对氧化膜性能的影响 82

9.9.6 铝及铝合金阳极氧化的工艺流程 82

9.9.7 铝及铝合金阳极氧化前处理 83

9.9.8 铝及铝合金阳极氧化后处理 83

9.9.9 铝及铝合金硫酸阳极氧化 86

9.9.10 铝及铝合金草酸阳极氧化 93

9.9.11 铝及铝合金磷酸阳极氧化 96

9.9.12 铝及铝合金铬酸阳极氧化 96

9.9.13 铝及铝合金瓷质阳极氧化 98

9.9.14 铝及铝合金硬质阳极氧化 100

9.9.15 铝及铝合金阳极氧化的其他方法 106

9.9.16 铝及铝合金阳极氧化的应用实例 109

9.10 镁及镁合金的阳极氧化 114

9.10.1 镁及镁合金的阳极氧化概述 114

9.10.2 镁合金阳极氧化膜的性质 115

9.10.3 镁合金阳极氧化的典型方法 116

9.10.4 镁合金阳极氧化工艺流程 120

9.10.5 镁及镁合金阳极氧化前处理 120

9.10.6 镁及镁合金阳极氧化处理典型工艺 120

9.10.7 镁合金阳极氧化工艺示例	122	10.2.5 不锈钢碱性氧化膜处理	153
9.11 铜及铜合金的阳极氧化	124	10.2.6 不锈钢硫化物氧化膜处理	153
9.11.1 铜及铜合金阳极氧化前处理	124	10.2.7 不锈钢草酸盐化学氧化膜 处理	153
9.11.2 铜及铜合金阳极氧化工艺	125	10.2.8 不锈钢氧化成膜后的处理	154
9.11.3 铜及铜合金的阴极还原 转化膜	126	10.2.9 影响不锈钢化学氧化膜质量的 因素	154
9.12 钛及钛合金的阳极氧化	126	10.2.10 不锈钢氧化膜的常见问题与 对策	155
9.12.1 钛及钛合金阳极氧化工艺	126	10.2.11 不锈钢氧化膜的应用实例	155
9.12.2 影响钛及钛合金阳极氧化膜的 因素	128	10.3 铝及铝合金化学氧化	157
9.12.3 钛及钛合金阳极氧化膜的常见 问题与对策	128	10.3.1 铝及铝合金化学氧化概述	157
9.12.4 不合格氧化膜的退除	128	10.3.2 铝及铝合金化学氧化工艺 流程	158
9.13 锌及锌合金的阳极氧化	128	10.3.3 铝及铝合金水氧化膜处理	158
9.13.1 锌及锌合金阳极氧化工艺 流程	129	10.3.4 铝及铝合金铬酸盐氧化膜 处理	158
9.13.2 锌及锌合金阳极氧化前处理	129	10.3.5 铝及铝合金磷酸盐-铬酸盐 氧化膜处理	159
9.13.3 锌及锌合金阳极氧化处理	129	10.3.6 铝及铝合金碱性铬酸盐氧化膜 处理	160
9.14 其他金属的阳极氧化	130	10.3.7 铝合金压铸件表面氧化膜 处理	161
9.14.1 锡的阳极氧化	130	10.3.8 铝及铝合金化学氧化膜的常见 问题与对策	162
9.14.2 镍的阳极氧化	130	10.3.9 铝及铝合金化学氧化膜应用 实例	163
9.14.3 铬的阳极氧化	131	10.4 镁合金的化学氧化	164
9.14.4 锆的阳极氧化	132	10.4.1 镁合金的化学氧化概述	164
9.14.5 钽的阳极氧化	132	10.4.2 镁合金化学氧化工艺流程	169
9.15 钢铁与不锈钢阳极氧化应用实例	132	10.4.3 镁合金化学氧化膜处理应用 实例	175
9.15.1 不锈钢食品设备阳极氧化 处理	132	10.5 铜及铜合金的化学氧化	176
9.15.2 日用工业品的阳极氧化处理	133	10.5.1 铜及铜合金的化学氧化概述	176
9.16 有色金属阳极氧化应用实例	134	10.5.2 铜及铜合金化学氧化工艺 流程	180
9.16.1 纯钛 TA2 植入材料的阳极 氧化	134	10.5.3 铜及铜合金化学氧化处理	180
9.16.2 锌镀层的阳极氧化	135	10.5.4 铜及铜合金氧化膜处理中的 常见问题与对策	183
第 10 章 化学氧化膜	137	10.5.5 铜及铜合金氧化膜处理应用 实例	183
10.1 钢铁的化学氧化	137	10.6 其他金属的化学氧化	185
10.1.1 钢铁的碱性氧化	137	10.6.1 锌、镉及其合金化学氧化膜	
10.1.2 钢铁的酸性氧化	141		
10.1.3 钢铁的常温无硒氧化	145		
10.1.4 钢铁氧化应用实例	148		
10.2 不锈钢的化学氧化	151		
10.2.1 不锈钢的化学氧化概述	151		
10.2.2 不锈钢化学氧化膜工艺流程	152		
10.2.3 不锈钢铬酸化学氧化膜处理	152		
10.2.4 不锈钢酸性氧化膜处理	152		

处理	185	12.4.12 浸渍磷化	206
10.6.2 银的化学氧化膜处理	186	12.4.13 淋涂磷化	207
10.6.3 镍与铍的化学氧化膜处理	187	12.4.14 浸渍组合磷化	207
10.6.4 锡的化学氧化膜处理	188	12.4.15 刷涂磷化	207
10.7 无铬氧化膜处理	189	12.4.16 钢铁磷化后处理	207
10.7.1 铝合金的无铬氧化处理	189	12.5 有色金属的磷化处理	207
10.7.2 镁合金无铬转化处理	191	12.5.1 铝及铝合金磷化	207
10.7.3 锌、镉及其合金的无铬氧化膜 处理	191	12.5.2 镁及镁合金磷化	208
第 11 章 微弧氧化膜	193	12.5.3 锌及锌合金磷化	208
11.1 微弧氧化膜概述	193	12.5.4 钛及钛合金磷化	209
11.1.1 微弧氧化膜生长过程	193	12.5.5 镉磷化	209
11.1.2 微弧氧化陶瓷膜层的特点	193	第 13 章 钝化膜	210
11.1.3 微弧氧化工艺及应用	194	13.1 钝化膜概述	210
11.1.4 微弧氧化设备	195	13.1.1 钝化的定义	210
11.1.5 微弧氧化技术的特点	195	13.1.2 金属钝化的分类	211
11.2 金属的微弧氧化	196	13.1.3 影响金属钝化的因素	213
11.2.1 铝及铝合金微弧氧化膜处理	196	13.1.4 金属钝化的应用	215
11.2.2 镁及镁合金微弧氧化膜处理	196	13.2 钢铁的钝化	217
11.2.3 钛及钛合金微弧氧化膜处理	196	13.2.1 钢铁的铬酸盐钝化	217
第 12 章 磷化膜	198	13.2.2 钢铁的草酸盐钝化	223
12.1 磷化膜概述	198	13.2.3 钢铁的硝酸钝化	225
12.1.1 磷化的分类	198	13.2.4 钢铁钝化的应用实例	226
12.1.2 磷化膜的主要组成	199	13.3 不锈钢的钝化	228
12.1.3 磷化膜的性质	199	13.3.1 不锈钢钝化方法分类	228
12.1.4 磷化膜的用途	199	13.3.2 不锈钢钝化工艺流程	228
12.1.5 磷化膜的质量检验	200	13.3.3 不锈钢钝化后处理	228
12.2 常用磷化液的基本组成	200	13.3.4 不锈钢钝化膜的质量检测	229
12.2.1 磷化主成膜剂	201	13.4 锌及锌合金的钝化	230
12.2.2 磷化促进剂	201	13.4.1 锌及锌合金铬酸盐钝化	230
12.3 主要磷化参数	201	13.4.2 锌及锌合金无铬钝化	235
12.4 钢铁的磷化处理	202	13.4.3 锌及锌合金钝化应用实例	235
12.4.1 钢铁磷化基本工艺原则	202	13.5 镀锌层钝化	238
12.4.2 钢铁磷化工艺方法	202	13.5.1 镀锌层铬酸盐法钝化	238
12.4.3 高温磷化	203	13.5.2 镀锌层无铬钝化	242
12.4.4 中温磷化	203	13.6 其他金属的钝化	243
12.4.5 低温磷化	203	13.6.1 镉的钝化	243
12.4.6 常温磷化	204	13.6.2 铜及铜合金钝化	244
12.4.7 常温轻铁系磷化	205	13.6.3 铝及铝合金钝化	246
12.4.8 二合一磷化	205	13.6.4 银及银合金钝化	247
12.4.9 三合一磷化	205	13.6.5 锡及锡合金钝化	249
12.4.10 四合一磷化	205	第 14 章 着色膜和染色膜	250
12.4.11 黑色磷化	206	14.1 着色膜和染色膜概述	250
		14.2 普通钢铁的着色	252

14.3 不锈钢的着色	256	14.7.4 镀锌层的染色	281
14.3.1 着色工艺	256	14.8 其他金属的着色和染色	281
14.3.2 化学氧化着色	258	14.8.1 铬的着色	281
14.3.3 低温着色	259	14.8.2 银及银合金的着色	282
14.3.4 高温着色	259	14.8.3 铍合金的着色	283
14.3.5 有机物涂覆着色	260	14.8.4 镉的着色	284
14.3.6 电化学着色	260	14.8.5 锡的着色	284
14.3.7 固膜处理和封闭处理	260	14.8.6 钛及钛合金的着色	285
14.3.8 不锈钢化学着色设备	262	14.8.7 金的着色	286
14.3.9 不锈钢化学着黑色的常见问题与 对策	262	14.8.8 钴的着色	287
14.4 铝及铝合金的着色和染色	262	14.8.9 镁合金的着色	288
14.4.1 有机染料染色	262	第15章 现代化学转化膜新技术	289
14.4.2 无机染料染色	264	15.1 绿色磷化技术	289
14.4.3 消色法着色	264	15.1.1 绿色磷化的成膜机理	289
14.4.4 套色染色	265	15.1.2 绿色磷化工艺的优缺点	289
14.4.5 色浆印色	265	15.1.3 绿色磷化的工业现状和发展 方向	289
14.4.6 自然发色法	266	15.2 硅烷化技术	290
14.4.7 交流电解着色	267	15.2.1 硅烷化的成膜机理	290
14.4.8 铝直接化学着色	268	15.2.2 硅烷化工艺的优缺点	290
14.4.9 铝合金直接化学着色	269	15.2.3 硅烷化的工业现状和发展 方向	291
14.4.10 铝合金木纹着色	270	15.3 锆盐陶化技术	291
14.4.11 国外铝及铝合金一步电解 着色	270	15.3.1 锆盐陶化的成膜机理	291
14.4.12 国内铝及铝合金一步电解 着色	271	15.3.2 锆盐陶化工艺的优缺点	292
14.4.13 封孔处理	272	15.3.3 锆盐陶化的工业现状和发展 方向	292
14.5 铜及铜合金的着色	274	15.4 锡酸盐转化膜技术	292
14.5.1 铜单质的着色	274	15.5 钛锆盐转化膜技术	293
14.5.2 铜合金的着色	275	15.6 钼酸盐转化膜技术	293
14.5.3 铜及铜合金的电解着色	276	15.7 锂酸盐转化膜技术	294
14.6 镍及镍合金的着色和染色	277	15.8 钒酸盐转化膜技术	294
14.6.1 镍及镍合金的着色	277	15.9 氟锆酸盐转化膜技术	295
14.6.2 电泳法镍层的染色	277	15.10 钴酸盐转化膜技术	296
14.6.3 光亮镍的染色	277	15.11 硅酸盐-钨酸盐转化膜技术	296
14.7 锌及锌合金的着色和染色	278	15.12 植酸转化膜技术	296
14.7.1 锌的着色	278	15.13 单宁酸转化膜技术	297
14.7.2 锌合金的着色	279	15.14 生化膜技术	297
14.7.3 镀锌层的着色	280	15.15 双色阳极氧化	297

第4篇 电镀技术

第16章 电镀基础知识	300	16.1.1 金属镀层的种类	300
16.1 电镀基本知识	300	16.1.2 阳极镀层	301

16.1.3	阴极镀层	301	17.3.6	多层镀镍	333
16.1.4	电镀溶液	301	17.3.7	镍封	334
16.1.5	阳极钝化	302	17.3.8	影响镍层结合强度的原因及预防 措施	334
16.1.6	仿形阳极	303	17.4	电镀铜	335
16.1.7	辅助阴极	303	17.4.1	氰化物镀铜	335
16.2	常用电镀相关数据	304	17.4.2	硫酸盐镀铜	337
16.3	电镀预处理	307	17.4.3	焦磷酸盐镀铜	340
16.3.1	钢铁工件的电镀预处理	307	17.4.4	柠檬酸盐镀铜	343
16.3.2	不锈钢工件的电镀预处理	307	17.4.5	羟基亚乙基二膦酸 (HEDP) 镀铜	344
16.3.3	铝及铝合金的电镀预处理	307	17.4.6	有机钎镀铜	344
16.3.4	镁合金的电镀预处理	308	17.4.7	氟硼酸盐镀铜	344
16.3.5	铜及铜合金的电镀预处理	309	17.4.8	镀铜层的后处理	345
16.3.6	锌压铸件的电镀预处理	309	17.4.9	不合格镀铜层的退除	345
16.3.7	钛及钛合金的电镀预处理	310	17.5	电镀镉	346
16.3.8	镍及镍合金的电镀预处理	311	17.5.1	光亮镀镉	346
16.3.9	钨及钨合金的电镀预处理	311	17.5.2	松孔镀镉、低氢脆镀镉-钛	347
16.3.10	钼及钼合金的电镀预处理	312	17.5.3	无氰镀镉	347
16.3.11	铅及铅合金的电镀预处理	312	17.5.4	氨基络合剂镀镉	348
第 17 章	电镀单金属	313	17.5.5	硫酸盐镀镉	348
17.1	电镀锌	313	17.5.6	镉镀层的后处理	349
17.1.1	镀锌工艺的选择	313	17.6	电镀锡	350
17.1.2	碱性锌酸盐镀锌	313	17.6.1	硫酸盐镀锡	350
17.1.3	酸性氯化物镀锌	315	17.6.2	氟硼酸盐镀锡	352
17.1.4	铵盐镀锌	316	17.6.3	锡酸盐镀锡	353
17.1.5	无铵氯化物镀锌	316	17.6.4	碱性镀锡	354
17.1.6	硫酸盐镀锌	318	17.6.5	线材连续电镀锡	354
17.1.7	氰化物镀锌	318	17.6.6	多层印制电路板生产中的 电镀锡	355
17.2	电镀铬	319	17.6.7	晶纹镀锡	355
17.2.1	镀铬层的分类及特点	319	17.7	电镀铅	355
17.2.2	普通镀铬	320	17.7.1	普通镀铅	355
17.2.3	电镀硬铬	321	17.7.2	氟硼酸盐镀铅	356
17.2.4	松孔镀铬	323	17.7.3	酒石酸盐镀铅	356
17.2.5	镀黑铬	324	17.7.4	氨基磺酸盐镀铅	356
17.2.6	三价铬电镀	325	17.7.5	镀铅的常见问题与对策	357
17.2.7	防护装饰性镀铬	325	17.8	电镀铁	357
17.2.8	镀微裂纹铬	326	17.8.1	高温硫酸盐镀铁	357
17.2.9	镀铬层的退镀	327	17.8.2	低温硫酸盐镀铁	358
17.3	电镀镍	327	17.8.3	高温氯化物镀铁	358
17.3.1	电镀镍的特点和用途	327	17.8.4	低温氯化物镀铁	358
17.3.2	镀无光镍	328	17.8.5	硫酸亚铁-氯化亚铁镀铁	359
17.3.3	光亮镀镍	329			
17.3.4	半光亮镀镍	332			
17.3.5	镀黑镍	332			

17.8.6	氟硼酸镀铁	359	问题与对策	382	
17.8.7	镀铁的后处理	359	18.1.9	不合格铜锡合金镀层的退除	382
17.8.8	不同温度对铁镀层硬度的影响	360	18.2	电镀铜锌合金	382
17.9	电镀金	360	18.2.1	氰化物电镀铜锌合金	383
17.9.1	碱性氰化物镀金	360	18.2.2	甘油-锌酸盐电镀铜锌合金	384
17.9.2	酸性和中性镀金	361	18.2.3	酒石酸盐电镀铜锌合金	384
17.9.3	亚硫酸盐镀金	362	18.2.4	焦磷酸盐电镀铜锌合金	384
17.9.4	柠檬酸盐镀金	362	18.2.5	铜锌合金镀层的后处理	384
17.9.5	金的回收利用	363	18.3	电镀锌镍合金	385
17.9.6	粗金提纯	364	18.3.1	酸性体系电镀锌镍合金	385
17.10	电镀银	365	18.3.2	碱性体系电镀锌镍合金	385
17.10.1	预镀银	365	18.3.3	电镀锌镍合金层的钝化	387
17.10.2	浸银	365	18.3.4	不合格锌镍合金镀层的退除	388
17.10.3	汞齐化	366	18.4	电镀锌钴合金	389
17.10.4	亚氨基二磺酸铵(NS)镀银	366	18.4.1	氯化物电镀锌钴合金	389
17.10.5	氰化物镀银	367	18.4.2	碱性锌酸盐体系电镀锌钴合金	390
17.10.6	硫代硫酸盐镀银	368	18.4.3	硫酸盐电镀锌钴合金	390
17.10.7	镀银后处理	369	18.4.4	电镀装饰性锌钴合金	390
17.11	电镀其他金属	371	18.4.5	锌钴合金镀层的钝化	391
17.11.1	电镀铂	371	18.4.6	影响锌钴合金镀层中钴含量的因素	391
17.11.2	电镀钯	372	18.4.7	电镀锌钴合金的常见问题与对策	391
17.11.3	电镀铑	372	18.5	电镀锌铁合金	392
17.11.4	电镀铟	373	18.5.1	酸性体系电镀锌铁合金	392
17.11.5	电镀铋	373	18.5.2	碱性体系电镀锌铁合金	393
17.11.6	电镀钴	373	18.5.3	焦磷酸盐电镀锌铁合金	394
17.11.7	电镀钨	373	18.5.4	锌铁合金镀层的钝化	395
17.11.8	电镀铱	374	18.6	电镀锌钛合金	395
17.11.9	电镀钼	374	18.6.1	酸性体系电镀锌钛合金	396
17.11.10	电镀铊	375	18.6.2	碱性体系电镀锌钛合金	396
17.11.11	电镀铋	375	18.7	电镀其他锌合金	397
第18章	电镀合金	376	18.7.1	电镀锌锰合金	397
18.1	电镀铜锡合金	376	18.7.2	电镀锌铬合金	397
18.1.1	铜锡合金镀层的类型	376	18.7.3	电镀锌磷合金	398
18.1.2	电镀铜锡合金的溶液	376	18.7.4	电镀锌铁磷三元合金	399
18.1.3	铜锡合金镀层中与锡含量有关的因素	376	18.7.5	电镀锌镍铁三元合金	399
18.1.4	电镀铜锡合金时常用的阳极	377	18.7.6	电镀锌铁钴三元合金	400
18.1.5	氰化物锡酸盐电镀铜锡合金	378	18.8	电镀镍铁合金	400
18.1.6	焦磷酸锡酸盐电镀铜锡合金	380	18.9	电镀镍钴合金	402
18.1.7	柠檬酸盐-锡酸盐镀铜锡合金	381	18.9.1	电镀装饰性镍钴合金	403
18.1.8	电镀光亮铜锡合金的常见问题与对策	382	18.9.2	电镀磁性镍钴合金	403

18.9.3	不合格镍钴合金镀层的退除	403	18.17.11	防止银合金镀层变色的方法	422
18.10	电镀其他镍合金	404	18.18	电镀铁基合金	424
18.10.1	电镀镍磷合金	404	18.18.1	电镀铁铬合金	425
18.10.2	电镀镍铬合金	406	18.18.2	电镀铁磷合金	425
18.10.3	电镀镍硫合金	406	18.18.3	电镀铁钨合金	425
18.11	电镀锡镍合金	407	18.18.4	电镀铁镍铬合金	426
18.11.1	氟化物电镀锡镍合金	407	18.19	电镀其他合金	426
18.11.2	焦磷酸盐电镀锡镍合金	407	18.19.1	电镀铬钼合金	426
18.11.3	电镀黑色锡镍合金	408	18.19.2	氟化物镀镉钛合金	427
18.11.4	电镀枪黑色锡镍合金	408	18.19.3	无氰电镀镉钛合金	427
18.11.5	其他电镀锡镍合金	408	18.19.4	电镀钯镍合金	427
18.12	电镀锡钴合金	409	18.19.5	电镀钯铁合金	428
18.13	电镀锡锌合金	411	18.19.6	电镀钯钴合金	428
18.13.1	普通电镀锡锌合金	411	18.19.7	电镀钽铂合金	429
18.13.2	氟化物电镀锡锌合金	411	18.20	仿金电镀	429
18.13.3	柠檬酸盐电镀锡锌合金	411	18.20.1	焦磷酸盐仿金电镀	429
18.13.4	焦磷酸盐电镀锡锌合金	412	18.20.2	氰化仿金电镀	430
18.13.5	葡萄糖酸盐电镀锡锌合金	412	18.20.3	羟基亚乙基二膦酸仿金电镀	431
18.14	电镀其他锡合金	413	18.20.4	锌铜合金仿金电镀	431
18.14.1	电镀锡铋合金	413	18.20.5	仿金镀层防变色技术的钝化处理	431
18.14.2	电镀锡银合金	414	18.20.6	仿金镀层防变色技术的涂覆有机膜处理	432
18.14.3	电镀锡钨合金	414	第19章 特种电镀	433	
18.14.4	电镀锡铜、锡铈、锡钢、锡钛合金	415	19.1	电刷镀	433
18.15	电镀铅锡合金	415	19.1.1	电刷镀概述	433
18.15.1	普通电镀铅锡合金	416	19.1.2	电刷镀电源	433
18.15.2	柠檬酸光亮镀铅锡合金	417	19.1.3	电刷镀笔杆	437
18.15.3	不合格铅锡合金镀层的退除	417	19.1.4	电刷镀溶液	438
18.16	电镀金合金	418	19.1.5	电刷镀镍	439
18.16.1	电镀金银合金	418	19.1.6	电刷镀镍合金	440
18.16.2	电镀金铜合金	419	19.1.7	电刷镀铁	440
18.16.3	电镀玫瑰金	419	19.1.8	电刷镀铜	441
18.17	电镀银合金	419	19.1.9	电刷镀锡、锌、铜、镉	441
18.17.1	电镀银镉合金	419	19.1.10	低碳钢类金属的电刷镀	442
18.17.2	电镀银锡合金	420	19.1.11	中碳钢、高碳钢类金属的电刷镀	442
18.17.3	电镀银铋合金	420	19.1.12	铸钢和铸铁的电刷镀	443
18.17.4	电镀银铅合金	421	19.1.13	不锈钢的电刷镀	443
18.17.5	电镀银铜合金	421	19.1.14	合金钢的电刷镀	443
18.17.6	电镀银镍合金	421	19.1.15	铝及铝合金的电刷镀	444
18.17.7	电镀银钴合金	421	19.1.16	铜及铜合金的电刷镀	444
18.17.8	电镀银钼合金	422			
18.17.9	电镀银铂合金	422			
18.17.10	电镀银锌合金	422			

19.1.17	锌、锡、铅、镉、钢类软金属 的电刷镀	445	19.6.3	电镀镍基耐磨复合镀层	464
19.1.18	金、银、铑、铂、铱类贵金属 的电刷镀	445	19.6.4	电镀镍-磷基耐磨复合镀层	465
19.2	非金属刷镀	445	19.6.5	镍基自润滑复合电镀	465
19.2.1	ABS塑料的刷镀	446	19.6.6	电镀铜基耐磨复合镀层	465
19.2.2	聚丙烯的刷镀	446	19.6.7	电镀钴基和铁基耐磨复合 镀层	466
19.2.3	聚四氟乙烯的刷镀	447	19.6.8	铬基耐磨复合电镀	466
19.2.4	尼龙的刷镀	448	19.6.9	金基自润滑复合电镀	467
19.2.5	聚碳酸酯塑料的刷镀	448	19.6.10	防护装饰性复合电镀	467
19.2.6	酚醛塑料的刷镀	449	第20章 电镀车间的工艺设计	469	
19.2.7	环氧塑料的刷镀	450	20.1	总则	469
19.2.8	木材的刷镀	450	20.2	工艺资料的收集	469
19.2.9	陶瓷的刷镀	451	20.3	车间位置设置	469
19.2.10	陶土制品的刷镀	452	20.4	工作制度及年时基数	470
19.3	流镀	452	20.4.1	工作制度	470
19.4	摩擦电喷镀	453	20.4.2	设备年时基数	470
19.4.1	摩擦电喷镀的工作原理	453	20.4.3	工人年时基数	470
19.4.2	摩擦电喷镀的特点	453	20.5	工艺方法及设备的确定	470
19.4.3	摩擦电喷镀过程中摩擦件的 作用	454	20.5.1	工艺方法的确定	470
19.4.4	摩擦电喷镀溶液的类型	454	20.5.2	设备的确定	471
19.4.5	中碳钢和中碳合金钢的摩擦 电喷镀	454	20.5.3	设备尺寸规格的确定	471
19.4.6	高碳钢和高碳合金钢的摩擦 电喷镀	455	20.6	设备的选用及设计要求	471
19.4.7	铝及铝合金的摩擦电喷镀	455	20.7	车间区划及设备布置	472
19.5	脉冲电镀	456	20.8	厂房形式、跨度及高度	473
19.5.1	脉冲电源	456	20.9	人员计算	474
19.5.2	脉冲电镀工艺	457	20.10	车间面积及人员分类	474
19.5.3	脉冲电镀铬	457	20.11	动力消耗量的计算	474
19.5.4	脉冲电镀锌	457	第21章 电镀设备	476	
19.5.5	脉冲电镀镍	458	21.1	电镀挂具	476
19.5.6	脉冲电镀镍铁合金	459	21.1.1	挂具的组成部分	476
19.5.7	脉冲电镀铂	459	21.1.2	通用挂具的形式	477
19.5.8	脉冲电镀钯	459	21.1.3	电镀专用挂具	478
19.5.9	脉冲电镀银	459	21.1.4	挂钩式挂具	479
19.5.10	酸性脉冲电镀金	460	21.1.5	常用的挂具材料	479
19.5.11	亚硫酸盐脉冲电镀金	460	21.1.6	不同电镀溶液对挂具的要求	480
19.5.12	脉冲换向电镀金	460	21.1.7	挂具的绝缘处理	481
19.6	复合电镀	462	21.1.8	电镀挂具结构设计要点和常用 尺寸	481
19.6.1	复合电镀用固体颗粒	462	21.1.9	挂具制作及使用注意事项	482
19.6.2	复合电镀溶液的搅拌	463	21.2	电镀槽	483
			21.2.1	常用镀槽的典型结构	483
			21.2.2	镀槽规格	484
			21.2.3	槽体尺寸	484

21.2.4	镀槽材料	484			
21.2.5	常用的镀槽	485			
21.2.6	镀槽风罩	488			
第 22 章 镀层性能的检测		489			
22.1	镀层检测基础知识	489			
22.1.1	镀层性能的检测种类	489			
22.1.2	破坏性试验和非破坏性试验	489			
22.1.3	镀层电子探针显微分析	490			
22.2	镀层外观检测	490			
22.2.1	各种镀层的外观要求	490			
22.2.2	镀层表面缺陷检测	492			
22.2.3	镀层光亮度的测定	493			
22.3	镀层厚度的测定	493			
22.3.1	镀层厚度的检测点	493			
22.3.2	化学测厚法	494			
22.3.3	电化学测厚法	495			
22.3.4	溶解法测量镀层厚度	495			
22.3.5	库仑法测量镀层厚度	496			
22.3.6	电位连续测定 (STEP) 法测量 镀层厚度	497			
22.3.7	计时液流法测定镀层厚度	497			
22.3.8	薄铬镀层计时点滴法测量镀层 厚度	500			
22.3.9	轮廓仪法测量镀层厚度	500			
22.3.10	干涉显微镜法测量镀层厚度	501			
22.3.11	磁性法测量镀层厚度	501			
22.3.12	涡流法测量镀层厚度	501			
22.3.13	β 射线反向散射法测量镀层 厚度	502			
22.3.14	X 射线荧光测定法测量镀层 厚度	502			
22.3.15	双光束显微镜法测量镀层 厚度	503			
22.3.16	称量法测定银合金电镀层 厚度	503			
22.3.17	金相法 (仲裁法) 测量镀层 厚度	504			
22.3.18	选择镀层厚度测定方法的 依据	505			
22.4	镀层结合强度的测定	506			
22.4.1	常用检验镀层结合强度的试验 方法	506			
22.4.2	电镀现场测定结合力简易试验 方法	506			
22.4.3	摩擦试验法测量镀层结合 强度	507			
22.4.4	切割试验法测量镀层结合 强度	507			
22.4.5	形变试验法测量镀层结合 强度	507			
22.4.6	剥离试验法测量镀层结合 强度	508			
22.4.7	热振试验法测量镀层结合 强度	508			
22.4.8	热循环试验法测定塑料电镀件的 镀层结合强度	508			
22.4.9	阴极试验法测量镀层结合 强度	508			
22.4.10	塑料基体上金属剥层剥离强度 定量测定	509			
22.4.11	塑料基体镀层拉脱强度定量 测定	509			
22.4.12	镀层弯曲试验法测量镀层结合 强度	510			
22.4.13	奥拉金属镀层结合强度 测定法	510			
22.4.14	工字梁金属镀层结合强度 测定法	510			
22.4.15	锥形头金属镀层结合强度 测定法	510			
22.4.16	环形剪切金属镀层结合强度 测定法	511			
22.4.17	T 形金属镀层结合强度 测定法	512			
22.4.18	方格结合力试验法	512			
22.5	镀层耐蚀性的测定	512			
22.5.1	户外曝晒试验法	512			
22.5.2	人工加速腐蚀试验法	514			
22.5.3	盐雾试验法	514			
22.5.4	腐蚀膏 (CORR) 试验法	515			
22.5.5	周期浸润腐蚀试验法	516			
22.5.6	电解腐蚀 (EC) 试验法	516			
22.5.7	湿热试验法	517			
22.5.8	阴极性镀层经耐蚀性试验后的 等级评定及腐蚀率计算	518			
22.5.9	阳极性镀层经耐蚀性试验后的				

电镀试样外观腐蚀等级评级	519	22.8.7 耐磨性的测定	529
22.6 镀层孔隙率的测定	519	22.8.8 焊接性的测定	530
22.6.1 贴滤纸法	519	22.8.9 表面接触电阻的测定	531
22.6.2 电图像法	521	22.8.10 薄层电阻的测定	532
22.6.3 涂膏法	521	22.9 镀层成分的测定	533
22.6.4 浸渍法	522	22.9.1 化学溶解法测定镀层成分	533
22.6.5 二氧化硫试验法	522	22.9.2 试纸法测定镀层成分	533
22.6.6 硝酸试验法	523	22.9.3 仪器分析法测定镀层成分	534
22.7 镀层脆性的测定	523	第23章 电镀环保与污染控制	536
22.7.1 弯曲法	523	23.1 电镀废水处理	536
22.7.2 缠绕法	523	23.1.1 电镀废水的种类	536
22.7.3 金属杯突试验法	524	23.1.2 治理电镀废水的原则	536
22.7.4 静压挠曲试验法	524	23.1.3 工业废水最高允许排放的质量	
22.7.5 延迟破坏试验法	525	浓度	536
22.8 镀层性能的测定	525	23.1.4 电镀废水的处理工艺	536
22.8.1 弯曲阴极法测定镀层内应力	526	23.2 电镀废气处理	540
22.8.2 刚性平带法测定镀层内应力	526	23.2.1 电镀废气的来源	540
22.8.3 应力仪法测定镀层内应力	526	23.2.2 常见酸雾的净化方法	541
22.8.4 电阻应变仪测量法测定镀层内		23.2.3 网格式净化器铬酸雾净化法	541
应力	527	23.2.4 含硫酸电镀废气的净化处理	542
22.8.5 镀层硬度的测定	528	23.2.5 含盐酸电镀废气的净化处理	542
22.8.6 延展性的测定	528	23.2.6 含尘气体的处理	542
第5篇 化学镀和热浸镀技术			
第24章 化学镀基本知识	545	25.1.8 以硫酸镍和氯化镍为主盐的酸性	
24.1 化学镀的特点	545	化学镀镍	554
24.2 化学镀的基本原理	546	25.1.9 中温酸性化学镀镍	555
24.3 化学镀的应用	548	25.1.10 以氨基硼烷为还原剂的化学	
24.3.1 化学镀的常用材料及应用		镀镍	555
范围	548	25.1.11 以硼氢化钠为还原剂的化学	
24.3.2 化学合金镀层的特点及应用	548	镀镍	556
24.3.3 化学复合镀层的特点及应用	548	25.1.12 以胍为还原剂的化学镀镍	556
第25章 化学镀单金属	549	25.1.13 低温化学镀镍	557
25.1 化学镀镍	549	25.1.14 光亮化学镀镍	557
25.1.1 化学镀镍层的结构与性能	549	25.1.15 无铵型化学镀镍	557
25.1.2 典型化学镀镍预处理工艺	549	25.1.16 室温非水体系化学镀镍	557
25.1.3 化学镀镍典型工艺	550	25.1.17 高稳定性长寿命的化学镀镍	558
25.1.4 碱性化学镀镍	552	25.1.18 铝直接化学镀镍	559
25.1.5 氨碱性化学镀镍	553	25.1.19 铝直接化学镀镍、磷、硼	559
25.1.6 低温碱性化学镀镍	553	25.1.20 铝合金表面化学镀镍	560
25.1.7 以硫酸镍为主盐的酸性化学		25.1.21 压铸铝合金直接化学镀镍	560
镀镍	554	25.1.22 含硅、铜、镁的铝合金表面化学	
		镀镍	561

25.1.23	镁合金化学镀镍	561	25.2.12	硅橡胶化学镀铜	581
25.1.24	镁合金无氰镀铜化学镀镍	562	25.2.13	聚酯膜无靶化学镀铜	581
25.1.25	钛合金化学镀镍	563	25.2.14	镁及镁合金表面化学镀铜	582
25.1.26	钛合金化学镀厚镍	564	25.2.15	青铜树脂工艺品化学镀铜	584
25.1.27	铜及铜合金化学镀镍	565	25.2.16	稀土镍基贮氢合金粉化学 镀铜	585
25.1.28	钼化学镀镍	566	25.2.17	硬质合金钢制件表面化学 镀铜	585
25.1.29	ABS塑料化学镀镍	566	25.2.18	化学镀铜工艺的常见问题与 对策	586
25.1.30	陶瓷化学镀镍	567	25.3	化学镀锡	587
25.1.31	氧化铝陶瓷表面化学镀镍	567	25.3.1	利用歧化反应化学镀锡	587
25.1.32	硅化学镀镍	568	25.3.2	烷基磺酸化学镀锡	588
25.1.33	粉体化学镀镍	568	25.3.3	低温化学镀锡	589
25.1.34	聚合物粉末化学镀镍	569	25.3.4	以 $TiCl_3$ 为还原剂的化学镀锡	590
25.1.35	金刚石粉末化学镀镍	569	25.3.5	半光亮无铅化学镀锡	591
25.1.36	聚丙烯纤维化学镀镍	570	25.3.6	铜及铜合金化学镀锡	591
25.1.37	光纤维化学镀镍	570	25.3.7	锡的连续自催化沉积化学镀	593
25.1.38	石墨纤维化学镀镍	570	25.4	化学镀银	593
25.1.39	碳纤维化学镀镍	570	25.4.1	化学置换镀银	593
25.1.40	添加镱的化学镀镍	572	25.4.2	微碱性化学镀银	594
25.1.41	铁基粉末冶金制品化学镀镍	572	25.4.3	有机纤维化学镀银	595
25.1.42	用于食品机械工业的化学 镀镍	573	25.4.4	凹凸棒土纳米纤维表面化学 镀银	595
25.1.43	适合于轻金属的化学镀镍	573	25.4.5	非金属材料表面自组装化学 镀银	596
25.1.44	一般炊具化学镀镍	574	25.4.6	玻璃化学镀银	596
25.1.45	铸铁炊具化学镀镍	574	25.5	化学镀铝	597
25.1.46	化学镀镍制备封闭蜂窝材料	575	25.6	化学镀金	598
25.2	化学镀铜	576	25.6.1	硼氢化钾化学镀金和二甲基胺 硼烷 (DMAB) 化学镀金	598
25.2.1	化学镀铜溶液	576	25.6.2	在镍层上化学镀金	598
25.2.2	化学镀铜层的性质	577	25.6.3	硫代硫酸盐与硫脲镀金	598
25.2.3	以酒石酸钾钠为络合剂的化学 镀铜	578	25.6.4	次磷酸化学镀金	599
25.2.4	以乙二胺四乙酸 (EDTA) 为 络合剂的化学镀铜	578	25.7	化学镀铂族金属	599
25.2.5	双络合或多络合剂的化学 镀铜	578	25.7.1	以次磷酸盐为还原剂的化学 镀钯	599
25.2.6	以次磷酸盐为还原剂的化学 镀铜	579	25.7.2	以亚磷酸盐为还原剂的化学 镀钯	600
25.2.7	以 DMAB 为还原剂的化学 镀铜	579	25.7.3	以胍为还原剂的化学镀钯	600
25.2.8	以四丁基氢硼化铵为还原剂的 化学镀铜	579	25.7.4	以三甲胺为还原剂的化学 镀钯	601
25.2.9	以胍为还原剂的化学镀铜	580	25.7.5	以甲醛为还原剂的化学镀钯	601
25.2.10	SiC 陶瓷颗粒表面化学镀铜	580			
25.2.11	硅片化学镀铜	581			

25.7.6	化学镀铂	601	27.2.1	复合化学镀 Ni-P/SiC	617	
25.7.7	化学镀铍	601	27.2.2	复合化学镀 Ni-P/Al ₂ O ₃	617	
25.7.8	化学镀钨	602	27.2.3	复合化学镀 Ni-P/Si ₃ N ₄	617	
第26章 化学镀合金			603	27.3	自润滑复合化学镀	618
26.1	化学镀镍基合金	603	27.3.1	复合化学镀 Ni-P/(CF) _n	618	
26.1.1	化学镀 Ni-Fe-P 合金	603	27.3.2	复合化学镀 Ni-Cu-P/PTFE	618	
26.1.2	化学镀 Ni-Cu-P 合金	603	27.3.3	复合化学镀 Ni-P/CaF ₂	618	
26.1.3	化学镀 Ni-Co-P 合金	604	27.3.4	复合化学镀 Ni-Cu-P/Al ₂ O ₃	619	
26.1.4	化学镀 Ni-Sn-P 合金	604	27.4	其他复合化学镀	619	
26.1.5	化学镀 Ni-Mo-P 合金	605	27.4.1	复合化学镀 Ni-P/TiN	619	
26.1.6	化学镀 Ni-W-P 合金	605	27.4.2	制备磁电复合材料的化学镀	619	
26.1.7	化学镀 Ni-Cr-P 合金	606	第28章 化学镀车间设计与设备			
26.1.8	化学镀 Ni-Zn-P 合金	606	28.1	化学镀车间设计与设备基础知识	620	
26.1.9	化学镀 Ni-Re-P 合金	606	28.1.1	化学镀车间设计的特点	620	
26.1.10	化学镀 Ni-Pd-P 合金	607	28.1.2	化学镀槽液 pH 值的自动控制	620	
26.1.11	化学镀 Ni-P-B 合金	607	28.1.3	液位的自动控制	621	
26.1.12	化学镀 Ni-Fe-B 合金	607	28.1.4	溶液温度的自动控制	621	
26.1.13	化学镀 Ni-Sn-B 合金	608	28.1.5	溶液成分的自动检测与控制	621	
26.1.14	化学镀 Ni-Co-B 合金	608	28.2	镀液加热设备	622	
26.1.15	化学镀 Ni-Mo-B 和 Ni-W-B 合金	609	28.2.1	镀液升温及保温热量的计算	622	
26.2	化学镀钴基合金	609	28.2.2	镀液的加热	623	
26.2.1	化学镀 Co-Ni-P 合金	609	28.3	循环过滤系统	625	
26.2.2	化学镀 Co-Fe-P 合金	610	28.3.1	化学镀用泵	625	
26.2.3	化学镀 Co-Zn-P 合金	610	28.3.2	过滤器	625	
26.2.4	化学镀 Co-W-P 合金	610	28.3.3	循环过滤系统搅拌	625	
26.2.5	化学镀 Co-Mo-P、Co-Cu-P 和 Co-Re-P 合金	611	28.4	化学镀镍槽	626	
26.3	化学镀铁基合金	611	28.4.1	化学镀镍槽的设计	626	
26.3.1	化学镀 Fe-P 合金	611	28.4.2	化学镀槽的材料	626	
26.3.2	化学镀 Fe-Sn-B 合金	612	28.4.3	聚丙烯化学镀槽	627	
26.3.3	化学镀 Fe-Ni-P-B 合金	612	28.4.4	不锈钢化学镀槽	628	
26.3.4	化学镀 Fe-W-Mo-B 合金	612	28.4.5	双槽操作	628	
26.4	化学镀锡基合金	612	第29章 化学镀环保与污染控制			
26.4.1	化学镀 Sn-Pb 合金	612	29.1	化学镀废水来源及特性	630	
26.4.2	化学镀 Sn-Bi 合金	612	29.1.1	预处理废水	630	
26.4.3	化学镀 Sn-In 和 Sn-Sb 合金	613	29.1.2	镀层漂洗水	630	
26.5	化学镀 Cr-P 合金	614	29.1.3	化学镀后处理废液	630	
26.6	化学镀 Ag-W 合金	614	29.1.4	槽液	631	
26.7	化学镀贵金属与硼合金	614	29.1.5	化学镀废水及有害物质的排放 标准	631	
第27章 复合化学镀			616	29.2	废水处理方法及选择	632
27.1	复合化学镀的基本知识	616	29.2.1	化学法处理废水	632	
27.2	耐磨复合化学镀	617	29.2.2	物理法处理废水	633	
			29.2.3	生物法处理废水	633	