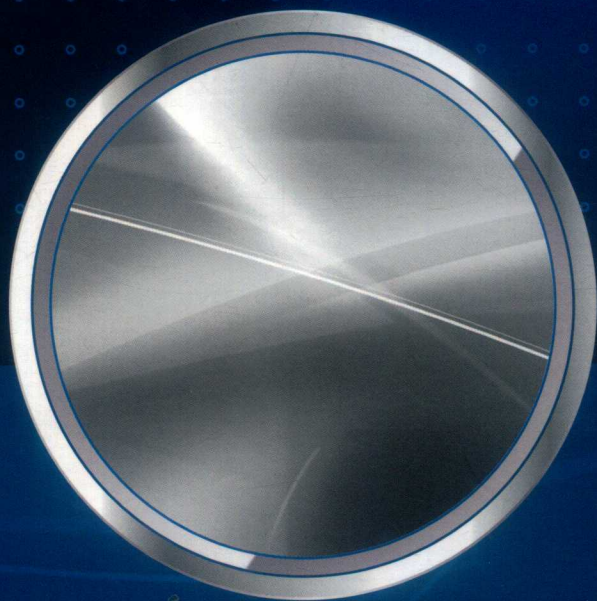


HANDBOOK OF
ELECTROPLATING PROCESS

简明电镀 工艺手册

傅绍燕 编著



化学工业出版社

HANDBOOK OF
ELECTROPLATING PROCESS

简明电镀 工艺手册

傅绍燕 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本手册以电镀工艺及镀层镀液性能测试为主，共分9篇：第1篇电镀基本概念和基础资料（包括镀覆层选择及其厚度系列、镀覆层标识方法），第2篇电镀单金属（前处理、电镀单金属、贵金属等），第3篇电镀合金（电镀防护性合金、装饰性合金、功能性合金、贵金属合金、非晶态合金以及电镀纳米合金等），第4篇特种材料电镀（铝、镁、锌、钛及其合金，不锈钢，粉末冶金件上电镀以及塑料电镀等），第5篇化学镀（化学镀镍、铜、锡、银、金、贵金属，以及化学镀合金等），第6篇特种镀层镀覆工艺（刷镀、脉冲电镀、复合电镀、复合化学镀以及电铸等），第7篇金属转化处理工艺（钢铁的氧化、磷化处理，以及铝、镁、铜、钛及其合金氧化处理等），第8篇镀层及镀液性能测试，第9篇污染治理及职业安全卫生（清洁生产、节能减排、“三废”处理、职业安全卫生等）。

本手册内容全面，重点突出，实用性强，提供大量数据及图表，可供从事与电镀技术领域有关的设计、生产、科研等的工程技术人员、管理人员、院校师生等参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

简明电镀工艺手册/傅绍燕编著. —北京: 化学工业出版社, 2017. 8

ISBN 978-7-122-29967-3

I. ①简… II. ①傅… III. ①电镀-技术手册
IV. ①TQ153-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 141338 号

责任编辑: 赵卫娟 仇志刚
责任校对: 吴 静

装帧设计: 刘丽华

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 装: 三河市航远印刷有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 63 字数 1741 千字 2018 年 3 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: 298.00 元

版权所有 违者必究

前言

电镀是金属表面处理工程的重要组成部分，电镀是对基体金属及非金属等表面进行防护、装饰以及获得某些特殊功能的一种工艺方法，是制造产业链中不可或缺的重要环节，广泛地应用于国民经济各工业部门及国防工业部门。

随着科学技术的进步和发展，对电镀技术提出了更高更新的要求。传统的电镀工艺技术需要不断改进和提高，电镀新工艺、新技术需要不断被研制和开发。而更重要的是要减少或防止对环境的污染，为人类生活创造一个无害的优美环境，这是金属表面处理科学发展的必然趋势。

依据电镀作业生产的实践，结合国内先进、成熟、实用的经验，吸收国外的先进技术，在收集及积累专业资料的基础上，结合 50 多年的从事电镀工作的经验，编写这本《简明电镀工艺手册》。手册力求能科学地反映我国电镀行业现状和发展水平。手册的编写力求完整性、规范性、实用性。完整性，本手册以电镀工艺、镀层镀液性能测试为主，内容较全面，重点突出，简明实用。在章节安排和内容取材上力求全面系统，涉及新的先进的生产工艺、先进技术，也顾及一些传统的、有效的通用电镀技术及生产作业方法。规范性，取材力求标准、规范，资料数据尽量准确可靠，充分应用现行标准、规范。手册突出实用性，根据电镀技术特点，比较全面、系统地对电镀工艺、镀层镀液性能检测的各个环节所涉及的基本问题逐一具体介绍，努力做到层次分明，对一些专门性的技术问题也做提示，并提供大量数据及图表，以供查阅。

电镀生产能耗高、污染重，所以节能、减排、治理污染就显得更为突出。本手册简要地介绍了电镀的清洁生产、节能、减排及污染治理等的要求、所采取的技术措施及处置方法等，以及有关环保的国家标准、法律、法规和政策。

由于电镀的生产特点，所以职业安全卫生也显得更为重要。应贯彻国家制定的职业病防治法，坚持“预防为主，防治结合”的卫生工作方针，落实职业病“前期预防”控制制度，保障劳动者健康。本手册也简要地介绍了电镀生产中的安全卫生隐患、应采取的预防和防范措施。

本手册由范国清、赵松鹤等同志校对。在编写过程中一些工厂提供了信息资料并得到了有关单位的支持和帮助，在此表示感谢！

本手册引用了有关手册、专著、期刊等的许多资料（数据、图表、公式等），在此谨向有关文献的作者和单位表示衷心感谢！

由于手册涉及面较广，编写时间仓促和编著者水平所限，疏漏和不妥之处在所难免，恳请读者批评指正，提出宝贵意见。

编著者

2017 年 9 月

目录

第1篇 电镀基本概念和基础资料

第1章 电镀基本概念	001	2.1.5 钢铁零件防护体系的选择	023
1.1 概述	001	2.1.6 铝及铝合金零件防护层的选择	025
1.2 电极电位	001	2.1.7 镁合金零件防护层的选择	025
1.3 电极的极化	004	2.1.8 铜及铜合金零件防护层的选择	025
1.4 过电位及氢过电位	005	2.1.9 钛合金零件防护层的选择	026
1.4.1 过电位	005	2.1.10 其他金属零件防护层的选择	026
1.4.2 氢过电位	005	2.2 镀覆层厚度系列	027
1.5 析出电位	006	2.2.1 概述	027
1.6 电化当量	007	2.2.2 锌镀层厚度系列及应用范围	028
1.6.1 常用金属及某些元素的电化当量	007	2.2.3 镉镀层厚度系列及应用范围	030
1.6.2 金属合金的电化当量	008	2.2.4 铜镀层厚度系列及应用范围	032
1.7 电镀溶液对镀层的影响	008	2.2.5 锡镀层厚度系列及应用范围	033
1.8 工艺操作条件对镀层的影响	009	2.2.6 镍镀层厚度系列及应用范围	033
1.9 电沉积时析氢对镀层的影响	010	2.2.7 工程用铬镀层厚度系列及应用范围	036
1.10 基体金属对镀层的影响	011	2.2.8 镍+铬和铜+镍+铬电镀层厚度系列	036
1.11 分散能力和覆盖能力	012	2.2.9 塑料上镍+铬电镀层厚度系列	042
1.11.1 概述	012	2.2.10 铅镀层厚度系列及应用范围	043
1.11.2 影响分散能力和覆盖能力的因素	012	2.2.11 铁镀层厚度系列及应用范围	043
1.12 电流效率	014	2.2.12 银镀层厚度系列及应用范围	044
1.13 常用镀种对直流电源纹波系数的要求	015	2.2.13 金镀层厚度系列及应用范围	045
1.14 镀层硬度	015	2.2.14 锌合金铸件防护装饰性镀层的厚度	045
1.15 电镀基本计算	016	2.2.15 化学镀镍-磷合金镀层厚度系列	046
1.15.1 沉积金属质量、镀层厚度及电镀时间的计算	016	2.2.16 铜-锡合金镀层厚度系列	047
1.15.2 阴极电流密度及电流效率的计算	016	第3章 镀覆层标识方法	049
1.15.3 镀层沉积速度的计算	017	3.1 金属镀覆及化学处理标识方法	049
1.15.4 镀层金属沉积时间与阴极电流密度的关系	017	3.1.1 标识的组成部分	049
1.15.5 镀层金属的质量	018	3.1.2 标识方法的排列顺序	049
1.16 电镀零件面积的计算	019	3.1.3 金属镀覆方法及化学处理常用符号	050
第2章 镀覆层选择及其厚度系列	020	3.2 典型镀覆层的标识示例	050
2.1 镀覆层选择	020	3.2.1 金属基体上镍+铬和铜+镍+铬电镀层标识	050
2.1.1 概述	020	3.2.2 塑料上镍+铬电镀层标识	051
2.1.2 镀覆层选择考虑的因素	021	3.2.3 金属基体上装饰性镍、铜+镍电镀层标识	051
2.1.3 根据制品的用途选择金属镀覆层	021	3.2.4 钢铁上锌电镀层、镉电镀层的标识	052
2.1.4 互相接触金属的镀层选择	022	3.2.5 工程用铬电镀层标识	052

3.2.6 工程用镍电镀层标识	053	3.2.8 工程用银和银合金电镀层标识	054
3.2.7 化学镀(自催化)镍-磷合金镀层 标识	053	3.2.9 工程用金和金合金镀层标识	054
		3.2.10 金属基体上锡和锡合金镀层标识	055

第2篇 电镀单金属

第4章 电镀前处理	056	4.11 电化学抛光	106
4.1 镀件镀覆前质量控制的技术要求	056	4.11.1 钢铁件的电化学抛光	106
4.1.1 镀覆前金属零部件的一般要求	056	4.11.2 不锈钢件的电化学抛光	107
4.1.2 镀覆前消除应力的热处理要求	057	4.11.3 铜及铜合金件的电化学抛光	108
4.1.3 镀覆前表面粗糙度的要求	057	4.11.4 铝及铝合金件的电化学抛光	109
4.2 电镀前处理方法	058	4.11.5 镍及镍镀层的电化学抛光	110
4.3 机械前处理	058	第5章 镀锌	111
4.3.1 喷砂	059	5.1 概述	111
4.3.2 滚光	062	5.2 氰化镀锌	111
4.3.3 刷光	064	5.2.1 概述	111
4.3.4 磨光	065	5.2.2 镀液组成及工艺规范	112
4.3.5 抛光	069	5.2.3 镀液中各成分的作用	114
4.3.6 成批光饰	070	5.2.4 工艺规范的影响	115
4.4 除油	075	5.2.5 杂质的影响及处理方法	115
4.4.1 概述	075	5.3 锌酸盐镀锌	116
4.4.2 有机溶剂除油	076	5.3.1 概述	116
4.4.3 化学除油	077	5.3.2 镀液组成及工艺规范	116
4.4.4 碱液除蜡	083	5.3.3 镀液中各成分的作用	119
4.4.5 电化学除油	084	5.3.4 工艺规范的影响	119
4.4.6 超声波清洗除油	085	5.3.5 杂质的影响及处理方法	120
4.4.7 擦拭除油和滚筒除油	086	5.4 氯化钾镀锌	120
4.5 浸蚀	086	5.4.1 氯化钾镀锌的特点	121
4.5.1 概述	086	5.4.2 镀液组成及工艺规范	121
4.5.2 浸蚀常用的酸和缓蚀剂的作用及其 功能	087	5.4.3 镀液中各成分的作用	123
4.6 化学浸蚀	088	5.4.4 工艺规范的影响	125
4.6.1 钢铁零件的化学浸蚀	088	5.4.5 杂质的影响及处理方法	125
4.6.2 不锈钢零件的化学浸蚀	091	5.5 氯化铵镀锌	126
4.6.3 铜及铜合金零件的化学浸蚀	092	5.5.1 概述	126
4.6.4 铝及铝合金零件的化学浸蚀	093	5.5.2 镀液组成及工艺规范	126
4.6.5 锌及锌合金零件的化学浸蚀	095	5.5.3 镀液中各成分的作用	127
4.6.6 镁及镁合金零件的化学浸蚀	095	5.5.4 工艺规范的影响	128
4.6.7 其他金属零件的化学浸蚀	096	5.5.5 杂质的影响及处理方法	128
4.7 电化学浸蚀	097	5.6 硫酸盐镀锌	129
4.8 去接触铜、除浸蚀残渣	099	5.6.1 镀液组成及工艺规范	129
4.9 工序间防锈	100	5.6.2 镀液中各成分的作用	130
4.10 化学抛光	101	5.6.3 工艺规范的影响	130
4.10.1 钢铁件的化学抛光	101	5.7 除氢处理	131
4.10.2 不锈钢件的化学抛光	102	5.8 锌镀层钝化处理	131
4.10.3 铜及铜合金件的化学抛光	103	5.8.1 概述	131
4.10.4 铝及铝合金件的化学抛光	104	5.8.2 锌镀层钝化处理	132
4.10.5 其他金属件的化学抛光	105	5.9 锌镀层铬酸盐钝化	132
		5.9.1 铬酸盐钝化机理	132

5.9.2	高铬酸盐钝化	135	7.3.4	杂质的影响及处理方法	173
5.9.3	低铬酸盐钝化	136	7.4	氟硼酸盐镀锡	174
5.9.4	超低铬酸盐钝化	139	7.4.1	镀液组成及工艺规范	174
5.9.5	军绿色钝化	141	7.4.2	镀液中各成分的作用及溶液维护	174
5.9.6	黑色钝化	143	7.5	碱性镀锡	175
5.9.7	金黄色钝化	144	7.5.1	镀液组成及工艺规范	175
5.10	三价铬钝化	145	7.5.2	镀液中各成分的作用	176
5.10.1	三价铬彩色钝化	145	7.5.3	工艺规范的影响	176
5.10.2	三价铬蓝白色钝化	147	7.5.4	杂质的影响及处理方法	176
5.10.3	三价铬黑色钝化	149	7.6	晶纹镀锡	177
5.11	无铬钝化	151	7.6.1	工艺方法及操作要点	177
5.11.1	钛酸盐钝化	151	7.6.2	镀液组成及工艺过程	177
5.11.2	钼酸盐钝化	152	7.7	锡镀层防变色处理	178
5.11.3	硅酸盐钝化	154	7.8	不合格锡镀层的退除	179
5.11.4	稀土盐钝化处理	154	第8章 镀铜	180	
5.11.5	植酸钝化处理	155	8.1	概述	180
5.11.6	无铬钝化剂	155	8.2	铜镀层的应用	181
5.12	不合格镀锌镀层的退除	156	8.3	预镀及预浸渍处理	181
第6章 镀镉		157	8.4	镀铜种类及镀铜前处理工艺流程	183
6.1	概述	157	8.5	氰化镀铜	184
6.2	氰化镀镉	158	8.5.1	镀液组成及工艺规范	185
6.2.1	镀液中各成分的作用	158	8.5.2	镀液中各成分的作用	186
6.2.2	工艺规范的影响	159	8.5.3	工艺规范的影响	188
6.2.3	杂质的影响及处理方法	160	8.5.4	杂质的影响及处理方法	188
6.3	硫酸盐镀镉	160	8.6	硫酸盐酸性镀铜	189
6.3.1	镀液组成及工艺规范	160	8.6.1	概述	189
6.3.2	镀液中各成分的作用	161	8.6.2	镀液类型、组成及工艺规范	189
6.3.3	工艺规范的影响	161	8.6.3	镀液中各成分的作用	193
6.4	羧基配位化合物镀镉	162	8.6.4	工艺规范的影响	195
6.5	有机多磷酸盐 (HEDP) 镀镉	162	8.6.5	杂质的影响及处理方法	196
6.6	镉镀层的后处理	163	8.6.6	光亮酸性镀铜后的除膜	196
6.6.1	镉镀层的出光	163	8.7	焦磷酸盐镀铜	197
6.6.2	镉镀层的钝化	163	8.7.1	镀液组成及工艺规范	198
6.7	除氢	164	8.7.2	镀液中各成分的作用	200
6.8	不合格镀层的退除	164	8.7.3	工艺规范的影响	202
第7章 镀锡		166	8.7.4	杂质的影响及处理方法	203
7.1	概述	166	8.8	有机多磷酸 (HEDP) 镀铜	203
7.1.1	锡镀层的要求和用途	166	8.8.1	概述	203
7.1.2	镀锡的工艺方法	167	8.8.2	镀液组成及工艺规范	204
7.2	硫酸盐镀锡	167	8.8.3	镀液中各成分的作用	204
7.2.1	镀液组成及工艺规范	168	8.8.4	工艺规范的影响	205
7.2.2	镀液中各成分的作用	169	8.9	柠檬酸盐镀铜	205
7.2.3	工艺规范的影响	170	8.9.1	镀液组成及工艺规范	206
7.2.4	杂质的影响及处理方法	171	8.9.2	镀液中各成分的作用	207
7.3	甲基磺酸盐镀锡	171	8.9.3	工艺规范的影响	207
7.3.1	镀液组成及工艺规范	171	8.10	其他镀铜	208
7.3.2	镀液中各成分的作用	172	8.10.1	草酸盐镀铜	208
7.3.3	工艺规范的影响	173	8.10.2	乙二胺镀铜	209

8.10.3	酒石酸盐镀铜	210	9.12.4	镀液维护和去除杂质	252
8.10.4	商品镀铜溶液	211	9.13	柠檬酸盐镀镍	252
8.11	不合格铜镀层的退除	212	9.13.1	镀液组成及工艺规范	252
第9章	镀镍	214	9.13.2	镀液的控制与维护	253
9.1	概述	214	9.14	氯化物镀镍	253
9.2	镀镍添加剂	215	9.14.1	高氯化物镀镍	253
9.2.1	镀镍添加剂的分类	215	9.14.2	强酸性全氯化物镀镍	254
9.2.2	光亮镀镍添加剂的技术性能要求	217	9.15	氨基磺酸盐镀镍	254
9.2.3	镀镍添加剂中间体	218	9.15.1	镀液组成及工艺规范	255
9.3	普通镀镍	221	9.15.2	镀液的控制与维护	255
9.3.1	镀液组成及工艺规范	221	9.16	深孔零件镀镍	255
9.3.2	镀液中各成分的作用	222	9.16.1	镀液组成及工艺规范	256
9.3.3	工艺规范的影响	223	9.16.2	添加剂的作用及工艺规范的影响	257
9.3.4	杂质的影响及处理方法	224	9.16.3	镀层处理	257
9.4	镀多层镍	225	9.17	不合格镍镀层的退除	258
9.4.1	多层镍的组合形式及耐蚀性	225	第10章	镀铬	260
9.4.2	单层镍和双层镍体系	226	10.1	概述	260
9.4.3	三层镍体系	227	10.2	镀铬工艺的特点	261
9.4.4	四层镍体系	228	10.3	镀铬用阳极	262
9.5	半光亮镀镍	228	10.4	普通镀铬	263
9.5.1	镀液组成及工艺规范	228	10.4.1	概述	263
9.5.2	半光亮镀镍用的添加剂	230	10.4.2	镀液组成及工艺规范	263
9.5.3	镀液的日常维护和管理	231	10.4.3	镀液成分的影响	265
9.6	光亮镀镍	231	10.4.4	工艺规范的影响	267
9.6.1	镀液组成及工艺规范	231	10.4.5	提高铬镀层结合力的措施	269
9.6.2	镀液的日常维护和管理	236	10.4.6	铬镀层的渗氢和除氢	271
9.7	镀高硫镍	237	10.4.7	杂质的影响及处理方法	272
9.7.1	镀液组成及工艺规范	237	10.5	防护-装饰性镀铬	273
9.7.2	镀液的日常维护	239	10.5.1	概述	273
9.8	封闭镀镍	239	10.5.2	一般防护-装饰性镀铬	273
9.8.1	概述	239	10.5.3	高耐蚀性-装饰镀铬	274
9.8.2	镀液组成及工艺规范	240	10.6	镀硬铬	275
9.8.3	镀液的日常维护	242	10.6.1	概述	275
9.9	镀高应力镍	242	10.6.2	镀硬铬的工艺要求	275
9.9.1	概述	242	10.6.3	镀液组成及工艺规范	276
9.9.2	镀液组成及工艺规范	243	10.7	滚镀铬	277
9.9.3	镀高应力镍的质量控制与管理	244	10.8	复合镀铬	279
9.10	镀缎面镍	244	10.8.1	复合镀铬与普通镀铬的比较	279
9.10.1	概述	244	10.8.2	镀液组成及工艺规范	279
9.10.2	镀液组成及工艺规范	245	10.9	自动调节镀铬	280
9.10.3	镀液组成及工艺规范的影响	247	10.10	快速镀铬	281
9.11	镀黑镍	248	10.11	冷镀铬	282
9.11.1	镀液成分及工艺规范	248	10.12	四铬酸盐镀铬	282
9.11.2	镀液的日常维护和管理	249	10.13	双层镀铬	283
9.12	镀枪色镍及其合金	250	10.14	镀乳白铬	284
9.12.1	概述	250	10.15	镀黑铬	285
9.12.2	镀液组成及工艺规范	250	10.15.1	概述	285
9.12.3	镀液成分及工艺规范的影响	252	10.15.2	镀液组成及工艺规范	285

10.15.3 镀液中各成分的作用	287	13.2.3 工艺规范的影响	323
10.15.4 工艺规范的影响	288	13.3 无氰镀银	324
10.15.5 杂质的影响及处理方法	288	13.3.1 硫代硫酸盐镀银	324
10.16 松孔镀铬	288	13.3.2 亚氨基二磺酸铵 (NS) 镀银	325
10.16.1 概述	288	13.3.3 磺基水杨酸镀银	326
10.16.2 松孔镀铬的加工方法	289	13.3.4 烟酸镀银	326
10.16.3 镀液组成及工艺规范	290	13.4 镀银的前处理	327
10.16.4 松孔铬镀层的影响因素	290	13.5 镀银的后处理	328
10.17 三价铬镀铬	292	13.6 银镀层防变色处理	329
10.17.1 概述	292	13.6.1 化学钝化	329
10.17.2 硫酸盐三价铬镀铬	293	13.6.2 电解钝化	330
10.17.3 氯化物三价铬镀铬	295	13.6.3 浸涂有机防变色剂	331
10.17.4 商品添加剂的三价铬镀铬	297	13.6.4 电泳涂覆层	332
10.17.5 三价铬镀铬用的阳极	298	13.6.5 已变色银镀层的处理	332
10.17.6 三价铬镀液中杂质的影响及去除 方法	299	13.7 不合格银镀层的退除	333
10.18 三价铬镀黑铬	300	第 14 章 镀金	334
10.19 低铬酸镀铬	301	14.1 概述	334
10.20 稀土镀铬	303	14.2 氰化镀金	335
10.21 不合格铬镀层的退除	304	14.2.1 镀液组成及工艺规范	335
第 11 章 镀铅	307	14.2.2 镀液成分和工艺规范的影响	338
11.1 概述	307	14.3 柠檬酸盐镀金	338
11.2 氟硼酸盐镀铅	307	14.3.1 镀液组成及工艺规范	339
11.2.1 镀液组成及工艺规范	307	14.3.2 镀液成分和工艺规范的影响	340
11.2.2 镀液中主要成分的作用	308	14.4 亚硫酸盐镀金	341
11.2.3 工艺规范的影响	309	14.4.1 镀液组成及工艺规范	341
11.2.4 杂质的影响及处理方法	309	14.4.2 镀液成分和工艺规范的影响	342
11.3 甲基磺酸盐镀铅	309	14.5 丙尔金镀金	343
11.3.1 镀液组成及工艺规范	310	14.5.1 镀液组成及工艺规范	343
11.3.2 镀液成分及工艺规范的影响	310	14.5.2 镀液维护	344
11.4 其他溶液镀铅	310	14.6 商品添加剂的镀金工艺规范	344
11.5 不合格镀层的退除	311	14.7 不合格金镀层的退除	346
第 12 章 镀铁	312	第 15 章 镀钯、镀铑、镀铂、镀钨	347
12.1 概述	312	15.1 镀钯	347
12.2 氯化物镀铁	312	15.1.1 镀液组成及工艺规范	347
12.2.1 概述	312	15.1.2 溶液成分和工艺规范的影响	348
12.2.2 镀液组成及工艺规范	313	15.1.3 不合格钯镀层的退除	349
12.2.3 镀液成分和工艺规范的影响	314	15.2 镀铑	350
12.2.4 氯化物低温镀铁技术	315	15.2.1 硫酸型镀铑溶液	350
12.3 硫酸盐镀铁	316	15.2.2 磷酸型镀铑溶液	351
12.4 氨基磺酸盐镀铁	317	15.2.3 氨基磺酸型镀铑溶液	352
12.5 氟硼酸盐镀铁	317	15.2.4 不合格铑镀层的退除	352
12.6 不合格镀层的退除	318	15.3 镀铂	353
第 13 章 镀银	319	15.3.1 镀液组成及工艺规范	353
13.1 概述	319	15.3.2 镀液成分和工艺规范的影响	354
13.2 氰化镀银	320	15.3.3 不合格铂镀层的退除	355
13.2.1 镀液组成及工艺规范	320	15.4 镀钨	355
13.2.2 镀液中各成分的作用	322	15.4.1 镀液组成及工艺规范	355
		15.4.2 不合格钨镀层的退除	357

第3篇 电镀合金

第16章 电镀合金概论	358	第18章 电镀装饰性合金	394
16.1 概述	358	18.1 概述	394
16.2 电镀合金的分类及用途	359	18.2 电镀 Cu-Zn 合金	394
16.3 金属共沉积的基本条件	359	18.2.1 概述	394
16.4 实现金属共沉积的措施	359	18.2.2 氰化镀 Cu-Zn 合金	395
16.5 金属共沉积的类型	360	18.2.3 酒石酸盐镀 Cu-Zn 合金	398
16.6 电镀合金的阳极	361	18.2.4 焦磷酸盐镀 Cu-Zn 合金	399
第17章 电镀防护性合金	362	18.2.5 HEDP 镀 Cu-Zn 合金	400
17.1 概述	362	18.2.6 甘油-锌酸盐镀 Cu-Zn 合金	400
17.2 电镀 Zn-Ni 合金	362	18.2.7 镀 Cu-Zn 合金的后处理	401
17.2.1 碱性锌酸盐镀 Zn-Ni 合金	362	18.2.8 不合格 Cu-Zn 合金镀层的退除	402
17.2.2 氯化物镀 Zn-Ni 合金	364	18.3 电镀 Cu-Sn 合金	402
17.2.3 硫酸盐镀 Zn-Ni 合金	366	18.3.1 概述	402
17.2.4 硫酸盐-氯化物镀 Zn-Ni 合金	367	18.3.2 高氰镀 Cu-Sn 合金	403
17.2.5 钹铁硼永磁材料镀 Zn-Ni 合金	367	18.3.3 低氰镀 Cu-Sn 合金	407
17.2.6 Zn-Ni 合金镀层的钝化处理	368	18.3.4 焦磷酸盐镀 Cu-Sn 合金	408
17.2.7 Zn-Ni 合金镀层的除氢处理	370	18.3.5 柠檬酸盐镀 Cu-Sn 合金	410
17.2.8 不合格 Zn-Ni 合金镀层的退除	370	18.3.6 不合格 Cu-Sn 合金镀层的退除	411
17.3 电镀 Zn-Fe 合金	370	18.4 电镀 Ni-Fe 合金	411
17.3.1 镀高铁 Zn-Fe 合金	371	18.4.1 概述	411
17.3.2 镀低铁 Zn-Fe 合金	372	18.4.2 镀液组成及工艺规范	412
17.3.3 低铁 Zn-Fe 合金镀层的钝化处理	374	18.4.3 镀液成分及工艺规范的影响	414
17.4 电镀 Zn-Co 合金	376	18.4.4 不合格 Ni-Fe 合金镀层的退除	415
17.4.1 氯化物镀 Zn-Co 合金	376	18.5 电镀 Sn-Ni 合金	415
17.4.2 碱性锌酸盐镀 Zn-Co 合金	377	18.5.1 概述	415
17.4.3 硫酸盐镀 Zn-Co 合金	378	18.5.2 氟化物镀 Sn-Ni 合金	416
17.4.4 Zn-Co 合金镀层的钝化处理	378	18.5.3 焦磷酸盐镀 Sn-Ni 合金	416
17.5 电镀 Sn-Zn 合金	379	18.5.4 镀黑色光亮 Sn-Ni 合金	417
17.5.1 氰化镀 Sn-Zn 合金	379	18.5.5 其他镀 Sn-Ni 合金	418
17.5.2 柠檬酸盐镀 Sn-Zn 合金	381	18.5.6 不合格 Sn-Ni 合金镀层的退除	419
17.5.3 葡萄糖酸盐镀 Sn-Zn 合金	382	18.6 电镀 Sn-Co 合金	419
17.5.4 焦磷酸盐镀 Sn-Zn 合金	382	18.7 电镀 Cu-Sn-Zn 合金	421
17.5.5 碱性锌酸盐镀 Sn-Zn 合金	383	18.7.1 镀银白色 Cu-Sn-Zn 合金	421
17.5.6 Sn-Zn 合金的钝化处理	383	18.7.2 镀仿金 Cu-Sn-Zn 合金	422
17.5.7 不合格 Sn-Zn 合金镀层的退除	385	18.7.3 仿金镀层的镀后处理	425
17.6 电镀 Zn-Cd 合金	385	第19章 电镀功能性合金	426
17.6.1 氰化镀 Zn-Cd 合金	385	19.1 概述	426
17.6.2 硫酸盐和氨基磺酸盐镀 Zn-Cd 合金	386	19.2 电镀可焊性合金	426
17.7 电镀 Zn-Mn 合金	386	19.2.1 电镀 Sn-Pb 合金	426
17.8 电镀 Zn-Cr 合金	387	19.2.2 电镀 Sn-Ce 合金	430
17.9 电镀 Zn-Ti 合金	389	19.2.3 电镀 Sn-Bi 合金	431
17.10 电镀 Cd-Ti 合金	390	19.2.4 电镀 Sn-Cu 合金	433
17.11 电镀 Zn-Ni-Fe 合金	391	19.2.5 电镀 Sn-Ag 合金	435
17.12 电镀 Zn-Fe-Co 合金	393	19.2.6 电镀 Sn-Zn 合金	436
17.13 电镀 Zn-Co-Mo 合金	393	19.2.7 电镀 Sn-In 合金	436

19.2.8 电镀可焊性三元合金	437	20.4.2 电镀 Pd-Co、Pd-Ag 及 Pd-Fe 合金	467
19.3 电镀耐磨性合金	438	20.5 电镀贵金属三元合金	467
19.3.1 电镀 Cr-Ni 合金	438	20.5.1 电镀 Au-Ag 基三元合金	467
19.3.2 电镀 Cr-Mo 合金	439	20.5.2 电镀 Au-Sn 基三元合金	468
19.3.3 电镀 Ni-P 合金	439	第 21 章 电镀非晶态合金	470
19.3.4 电镀 Ni-W 合金	441	21.1 概述	470
19.4 电镀磁性合金	442	21.1.1 非晶态合金镀层分类	470
19.4.1 电镀 Ni-Co 合金	442	21.1.2 电镀非晶态合金的特性	470
19.4.2 电镀 Ni-Fe 合金	444	21.1.3 电镀非晶态合金的用途	471
19.4.3 电镀 Co-W 合金	445	21.2 电镀镍基非晶态合金	472
19.4.4 电镀 Co-Cr 合金	446	21.2.1 电镀 Ni-P 非晶态合金	472
19.4.5 电镀 Co-P 合金	447	21.2.2 电镀 Ni-W 非晶态合金	473
19.4.6 电镀 Ni-P 合金	447	21.2.3 电镀 Ni-Mo 非晶态合金	474
19.4.7 电镀 Ni-Co-P 合金	448	21.3 电镀铁基非晶态合金	475
19.5 电镀减摩性轴承合金	448	21.3.1 电镀 Fe-W 非晶态合金	475
19.5.1 电镀 Pb-Sn 合金	448	21.3.2 电镀 Fe-Mo 非晶态合金	476
19.5.2 电镀 Pb-In、Cu-In 合金	449	21.3.3 电镀 Fe-P 非晶态合金	477
19.5.3 电镀 Ag-Pb 合金	449	21.3.4 电镀 Fe-Cr 非晶态合金	477
19.5.4 电镀 Pb-Sn-Cu 合金	450	21.4 电镀三元非晶态合金	478
19.6 不锈钢合金镀层	451	21.4.1 电镀 Ni-W-P 非晶态合金	478
19.6.1 电镀 Fe-Cr-Ni 合金	451	21.4.2 电镀 Ni-Co-P、Ni-Cr-P 非晶态合金	479
19.6.2 电镀 Cr-Fe、Fe-Cr 合金	452	21.4.3 电镀 Ni-W-B 非晶态合金	480
第 20 章 电镀贵金属合金	453	21.4.4 电镀 Fe-Ni-Cr 非晶态合金	480
20.1 概述	453	21.4.5 电镀 Cr-Fe-C 非晶态合金	481
20.2 电镀金基合金	453	21.4.6 电镀 Fe-Cr-P、Fe-Cr-P-Co 非晶态合金	481
20.2.1 电镀 Au-Co 合金	454	第 22 章 电镀纳米合金	483
20.2.2 电镀 Au-Ni 合金	455	22.1 概述	483
20.2.3 电镀 Au-Ag 合金	455	22.2 电镀纳米镍基合金	483
20.2.4 电镀 Au-Cu 合金	456	22.2.1 电镀纳米 Co-Ni 合金	483
20.2.5 电镀 Au-Sb 合金	457	22.2.2 电镀纳米 Ni-W 合金	484
20.2.6 电镀 Au-Sn 合金	458	22.2.3 电镀纳米 Ni-Cu 合金	485
20.2.7 不合格金合金镀层的退除	459	22.2.4 电镀纳米 Ni-Mo 合金	485
20.3 电镀银基合金	459	22.2.5 电镀纳米 Ni-P 合金	486
20.3.1 电镀 Ag-Cd 合金	459	22.2.6 电镀纳米 Ni-Fe 合金	486
20.3.2 电镀 Ag-Sb 合金	460	22.3 电镀纳米 Zn-Fe 合金	486
20.3.3 电镀 Ag-Pb 合金	461	22.4 电镀纳米 Fe-Ni 合金	487
20.3.4 电镀 Ag-Sn 合金	462	22.5 电镀纳米三元合金	487
20.3.5 电镀 Ag-Cu 合金	463	22.6 电镀纳米复合镀层	488
20.3.6 电镀 Ag-Ni 和 Ag-Co 合金	463	22.6.1 电镀纳米镍复合镀层	488
20.3.7 不合格银合金镀层的退除	464	22.6.2 电镀纳米镍合金复合镀层	489
20.4 电镀钯基合金	465	22.7 电镀纳米镍镀层	490
20.4.1 电镀 Pd-Ni 合金	465		

第 4 篇 特种材料电镀

第 23 章 铝及铝合金的电镀	492	23.1.2 铝及铝合金电镀的难点	493
23.1 概述	492	23.1.3 电镀工艺流程	493
23.1.1 铝及铝合金电镀的用途	492	23.2 镀前处理	493

23.2.1	除油	493	25.7.3	中性预镀镍	526
23.2.2	浸蚀	495	25.7.4	化学预镀镍	527
23.2.3	重金属盐活化	496	25.8	后续电镀	528
23.3	中间处理	497	25.9	不合格镀层的退除	528
23.3.1	浸锌	497	第26章	钛合金的电镀	530
23.3.2	浸重金属	499	26.1	概述	530
23.3.3	电镀薄锌层	500	26.2	钛合金电镀工艺流程	530
23.3.4	化学镀镍	501	26.3	化学除油和化学浸蚀	530
23.3.5	阳极氧化处理	501	26.3.1	化学除油	530
23.4	铝合金一步法镀铜	502	26.3.2	化学浸蚀	531
23.5	电镀	502	26.4	电化学浸蚀	531
23.6	铝及铝合金件不合格镀层的退除	503	26.5	浸镍	532
第24章	镁及镁合金的电镀	504	26.6	浸锌和预镀锌	533
24.1	概述	504	26.7	钛合金的电镀	533
24.1.1	镁合金的特性	504	26.8	镀后热处理	534
24.1.2	镁合金电镀的难点	504	第27章	不锈钢的电镀	536
24.2	电镀工艺流程	505	27.1	概述	536
24.3	镀前处理	505	27.2	不锈钢电镀工艺流程	536
24.3.1	除油	505	27.3	前处理	536
24.3.2	酸性浸蚀	506	27.4	活化和预镀	538
24.3.3	活化	506	27.4.1	浸渍活化	538
24.4	中间处理	507	27.4.2	阴极活化和阳极活化	539
24.4.1	浸锌	507	27.4.3	活化与预镀同槽处理	539
24.4.2	氰化预镀铜和中性预镀镍	508	27.4.4	阳极活化与预镀镍同槽处理	540
24.4.3	焦磷酸盐预镀铜	509	27.4.5	活化与预镀镍分槽处理	540
24.4.4	预镀锌	509	27.4.6	镀锌-退锌活化	541
24.4.5	浸锌后化学镀镍	510	27.5	电镀	541
24.4.6	直接化学镀镍	511	27.6	不合格镀层的退除	541
24.5	后续电镀工艺	512	第28章	粉末冶金件的电镀	542
24.5.1	镁合金的防护-装饰性电镀	512	28.1	概述	542
24.5.2	镁合金的保护性电镀	514	28.2	粉末冶金件的电镀工艺方法	542
24.6	镁合金件不合格镀层的退除	514	28.3	封孔处理的工艺方法	542
第25章	锌合金压铸件的电镀	516	28.3.1	封孔法的电镀工艺流程	542
25.1	概述	516	28.3.2	封孔方法	542
25.2	锌合金压铸件的电镀工艺流程	517	28.3.3	镀前处理	544
25.3	机械前处理	517	28.3.4	后续电镀	545
25.3.1	磨光	517	28.4	中间镀层工艺方法	545
25.3.2	抛光	518	28.4.1	中间镀层法的电镀工艺流程	545
25.3.3	喷砂	519	28.4.2	镀前处理	545
25.4	除油	519	28.4.3	中间镀层	545
25.4.1	预除油	519	28.5	粉末冶金件直接电镀	546
25.4.2	化学除油	520	28.5.1	电镀工艺流程	546
25.4.3	电化学除油	521	28.5.2	镀前处理	546
25.5	弱浸蚀	522	28.5.3	阳极黑色氧化	546
25.6	中和、活化处理	522	28.5.4	粉末冶金件直接氧化发黑	546
25.7	预镀	523	第29章	塑料电镀	548
25.7.1	预镀铜	523	29.1	概述	548
25.7.2	预镀光亮黄铜	525	29.1.1	塑料电镀的特点	548

29.1.2 电镀塑料材料的选择	549	29.7.9 电镀	562
29.2 塑料电镀件的设计要求	549	29.7.10 ABS塑料直接电镀工艺	562
29.3 塑料电镀件的成型工艺的要求	549	29.8 其他塑料的电镀	563
29.4 各种塑料的热变形温度	550	29.8.1 热塑性聚丙烯 (PP) 塑料的电镀	563
29.5 塑料镀前处理可选用的有机溶剂	550	29.8.2 聚四氟乙烯 (PTFE) 的电镀	564
29.6 塑料电镀的工艺流程	551	29.8.3 聚酰胺 (尼龙) 的电镀	565
29.7 ABS塑料的电镀	551	29.8.4 酚醛 (PF) 塑料的电镀	565
29.7.1 消除内应力	551	29.8.5 环氧塑料及环氧玻璃钢的电镀	566
29.7.2 除油	552	29.8.6 聚氯乙烯 (PVC) 的电镀	566
29.7.3 粗化	553	29.8.7 聚乙烯 (PE) 的电镀	567
29.7.4 中和或还原	556	29.8.8 聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA) 的 电镀	568
29.7.5 敏化	556	29.8.9 聚砜 (PSF) 的电镀	568
29.7.6 活化	556	29.9 不合格镀层的退除	569
29.7.7 还原和解胶	559		
29.7.8 化学镀	560		

第5篇 化学镀

第30章 化学镀镍	570	30.9.9 化学镀 Ni-P-B 合金	595
30.1 概述	570	30.9.10 化学镀 Ni-W-B 合金	595
30.2 化学镍镀层的性能	571	第31章 化学镀铜和镀锡	597
30.3 化学镀 Ni-P 合金	573	31.1 化学镀铜	597
30.3.1 化学镀 Ni-P 合金的基本原理	573	31.1.1 概述	597
30.3.2 化学镀 Ni-P 合金的分类	574	31.1.2 化学镀铜基本原理	597
30.3.3 镀液组成及工艺规范	575	31.1.3 非甲醛化学镀铜溶液的种类	599
30.3.4 镀液组分及工艺规范的影响	579	31.1.4 化学镀铜的溶液组成及工艺规范	599
30.3.5 脉冲化学镀 Ni-P 合金	582	31.1.5 各组分的作用和工艺规范的影响	602
30.4 化学镀 Ni-B 合金	583	31.1.6 化学铜镀层的后处理	604
30.4.1 概述	583	31.1.7 不合格化学铜镀层的退除	605
30.4.2 硼氢化钠镀 Ni-B 合金溶液	583	31.2 化学镀锡	606
30.4.3 氨基硼烷镀 Ni-B 合金溶液	584	31.2.1 概述	606
30.5 联氨 (胂) 作为还原剂的化学镀镍	586	31.2.2 浸镀锡 (置换法)	606
30.6 化学镀镍工艺	587	31.2.3 化学镀锡 (还原法)	608
30.6.1 高催化活性金属的化学镀镍	587	第32章 化学镀银和镀金	610
30.6.2 有催化活性金属的化学镀镍	587	32.1 化学镀银	610
30.6.3 非催化活性金属的化学镀镍	588	32.1.1 概述	610
30.6.4 有催化毒性金属的化学镀镍	588	32.1.2 化学镀银溶液的组成和种类	610
30.7 化学镀镍的后处理	588	32.1.3 甲醛化学镀银	611
30.8 不合格化学镀镍层的退除	590	32.1.4 酒石酸盐化学镀银	612
30.9 化学镀镍基多元合金	590	32.1.5 葡萄糖化学镀银	612
30.9.1 化学镀 Ni-W-P 合金	590	32.1.6 胂盐化学镀银	613
30.9.2 化学镀 Ni-Co-P 合金	591	32.1.7 喷淋 (镀) 化学镀银	613
30.9.3 化学镀 Ni-Cu-P 合金	592	32.1.8 浸镀银 (置换法)	614
30.9.4 化学镀 Ni-Mo-P 合金	593	32.2 化学镀金	615
30.9.5 化学镀 Ni-Sn-P 合金	593	32.2.1 概述	615
30.9.6 化学镀 Ni-Fe-P 合金	594	32.2.2 化学镀金溶液的组成	615
30.9.7 化学镀 Ni-Cr-P 合金	594	32.2.3 硼氢化物化学镀金	615
30.9.8 化学镀 Ni-Re-P 合金	595	32.2.4 次磷酸盐化学镀金	616

32.2.5	胼盐化学镀金	617	33.1.5	不合格化学钌镀层的退除	624
32.2.6	二甲基氨基硼烷化学镀金	617	33.2	化学镀铑	624
32.2.7	置换法浸镀金	618	33.3	化学镀铂	625
32.2.8	无氰化学镀金	618	33.4	化学镀钴及钴合金	625
32.2.9	化学镀镍/置换镀金工艺	620	33.4.1	概述	625
第33章	化学镀钌、铑、铂和钴	622	33.4.2	次磷酸盐化学镀钴	626
33.1	化学镀钌	622	33.4.3	硼氢化钠化学镀钴	626
33.1.1	概述	622	33.4.4	二甲基氨基硼烷化学镀钴	627
33.1.2	次磷酸盐化学镀钌	622	33.4.5	胼盐化学镀钴	627
33.1.3	胼液化学镀钌	623	33.4.6	化学镀钴基三元合金	628
33.1.4	硼烷化学镀钌	624			

第6篇 特种镀层镀覆工艺

第34章	刷镀	630	34.13.2	刷镀溶液用量的估算	650
34.1	概述	630	34.13.3	刷镀的电量、厚度、时间等的计算	650
34.1.1	刷镀作业系统装置	630	第35章	复合电镀和化学复合镀	652
34.1.2	刷镀工艺特点和适用范围	630	35.1	概述	652
34.2	镀笔(阳极)	632	35.1.1	复合镀常用的固体微粒	652
34.2.1	镀笔的结构形式	632	35.1.2	复合镀层的类型和应用	654
34.2.2	阳极形状和材料	633	35.2	复合电镀的共沉积过程	654
34.2.3	阳极包裹材料	634	35.3	复合电镀的工艺方法	655
34.3	刷镀电源	635	35.4	防护与装饰性复合镀层	656
34.4	刷镀的镀层选择	637	35.4.1	镍封镀层	656
34.5	刷镀的溶液种类	637	35.4.2	缎面镍镀层	657
34.6	刷镀的预处理	638	35.4.3	锌(锌合金)耐腐蚀复合镀层	658
34.6.1	电化学除油(电净)	638	35.5	耐磨性复合镀层	659
34.6.2	活化	639	35.5.1	镍基耐磨复合镀层	660
34.7	刷镀单金属	640	35.5.2	铬基耐磨复合镀层	661
34.7.1	刷镀镍	641	35.5.3	钴基耐磨复合镀层	662
34.7.2	刷镀铜	642	35.5.4	铜基耐磨复合镀层	663
34.7.3	刷镀铁	643	35.6	自润滑复合镀层	663
34.7.4	刷镀锡	643	35.6.1	镍基自润滑复合镀层	664
34.7.5	刷镀其他金属	644	35.6.2	铜基自润滑复合镀层	665
34.8	刷镀合金	645	35.6.3	其他自润滑复合镀层	665
34.9	刷镀耐磨复合镀层	646	35.7	用于电接触材料的复合镀层	666
34.10	工艺规范及操作条件	647	35.7.1	铜基电接触材料的复合镀层	666
34.10.1	镀液温度和工件温度	647	35.7.2	银基电接触材料的复合镀层	667
34.10.2	刷镀电压	647	35.7.3	金基电接触材料的复合镀层	667
34.10.3	阴阳极相对运动	647	35.8	高温耐磨与抗氧化的复合镀层	668
34.10.4	被镀表面润湿状态	648	35.9	化学复合镀	669
34.10.5	耗电系数	648	35.9.1	化学镀耐磨复合镀层	669
34.11	刷镀层的安全厚度	648	35.9.2	化学镀自润滑复合镀层	670
34.12	刷镀工艺流程	648	35.9.3	化学镀其他复合镀层	671
34.12.1	单一镀层的刷镀工艺流程	648	35.10	不合格复合镀层的退除	672
34.12.2	复合镀层的刷镀工艺流程	649	第36章	脉冲电镀	674
34.13	刷镀的有关计算	650	36.1	概述	674
34.13.1	阴阳极相对运动速度的计算	650	36.1.1	脉冲电镀的基本原理	674

36.1.2 脉冲电镀的特点	675	36.5.4 脉冲电镀其他二元合金	685
36.2 脉冲参数的选择	675	36.6 脉冲电镀耐磨复合镀镍	686
36.3 脉冲电镀电源	676	第 37 章 电铸	688
36.4 脉冲电镀单金属	678	37.1 概述	688
36.4.1 脉冲镀锌	678	37.2 电铸的基本要求	688
36.4.2 脉冲镀镍	678	37.3 电铸用的芯模	689
36.4.3 周期换向脉冲镀铜	679	37.3.1 芯模的类型和材料	689
36.4.4 脉冲镀铬	679	37.3.2 电铸前芯模的预处理	691
36.4.5 脉冲镀银	680	37.4 电铸工艺	693
36.4.6 脉冲镀金	681	37.5 常用的电铸层材料	694
36.4.7 脉冲镀钯和镀铂	682	37.5.1 电铸铜	694
36.4.8 不对称交流低温镀铁	683	37.5.2 电铸镍	696
36.5 脉冲电镀合金	683	37.5.3 电铸铁	699
36.5.1 脉冲电镀 Zn-Ni 合金	683	37.5.4 电铸 Ni-Co 合金	700
36.5.2 脉冲电镀铜基合金	684	37.5.5 电铸 Ni-Fe 合金	700
36.5.3 脉冲电镀镍基合金	684	37.5.6 电铸 Ni-Mn 合金	701

第 7 篇 金属转化处理工艺

第 38 章 钢铁的氧化处理	702	39.9 钢铁磷化工艺流程	726
38.1 概述	702	39.10 不合格磷化膜的退除	728
38.2 钢铁碱性化学氧化	702	第 40 章 铝和铝合金的氧化处理	730
38.2.1 钢铁碱性化学氧化的成膜机理	702	40.1 概述	730
38.2.2 化学氧化的溶液组成及工艺规范	703	40.2 铝和铝合金的化学氧化	730
38.2.3 溶液组成及工艺规范的影响	704	40.2.1 概述	730
38.2.4 碱性化学氧化的后处理	705	40.2.2 碱性化学氧化处理	730
38.3 钢铁酸性化学氧化	705	40.2.3 酸性化学氧化处理	731
38.3.1 钢铁酸性化学氧化的成膜机理	705	40.2.4 化学氧化后处理	733
38.3.2 酸性化学氧化的溶液组成及工艺规范	706	40.3 铝和铝合金的阳极氧化	734
38.3.3 酸性化学氧化的工艺流程	707	40.3.1 概述	734
38.4 不锈钢的化学氧化	707	40.3.2 阳极氧化的一般原理	734
38.4.1 不锈钢的黑色化学氧化	707	40.3.3 铝阳极氧化膜的组成和结构	736
38.4.2 不锈钢的彩色化学氧化	708	40.3.4 硫酸阳极氧化	737
38.4.3 不锈钢的钝化处理	709	40.3.5 硬质阳极氧化	741
38.4.4 不锈钢化学氧化的工艺流程	709	40.3.6 铬酸阳极氧化	744
38.5 不合格氧化膜的退除	710	40.3.7 草酸阳极氧化	745
第 39 章 钢铁的磷化处理	711	40.3.8 磷酸阳极氧化	747
39.1 概述	711	40.3.9 瓷质阳极氧化	748
39.1.1 磷化处理的分类	711	40.3.10 微弧氧化	750
39.1.2 磷化膜的用途	713	40.4 阳极氧化膜的着色	753
39.2 钢铁磷化的成膜机理	714	40.4.1 概述	753
39.3 高温磷化处理	715	40.4.2 化学浸渍着色	755
39.4 中温磷化处理	716	40.4.3 电解整体着色	759
39.5 低温、常温磷化处理	718	40.4.4 电解着色	760
39.6 黑色磷化处理	722	40.5 阳极氧化膜的封闭处理	764
39.7 磷化液成分及工艺规范的影响	723	40.5.1 高温水合封孔(闭)	765
39.8 钢铁其他磷化处理	724	40.5.2 水解盐封闭	766
		40.5.3 重铬酸盐封闭	766

40.5.4 常温封闭	767	42.2 铜和铜合金的化学氧化	776
40.6 不合格氧化膜的退除	768	42.2.1 过硫酸钾氧化	776
第41章 镁合金的氧化处理	769	42.2.2 氨水氧化	777
41.1 概述	769	42.2.3 高锰酸钾氧化	778
41.2 镁合金的化学氧化	769	42.2.4 硫化钾氧化	779
41.2.1 化学氧化的工艺规范	769	42.3 铜和铜合金的阳极氧化	779
41.2.2 局部化学氧化	771	42.4 铜和铜合金的化学钝化	780
41.2.3 氧化膜填充处理	771	42.5 铜和铜合金的化学着色	781
41.2.4 镁合金三价铬及无铬转化膜处理	771	42.6 不合格氧化膜及钝化膜的退除	785
41.3 镁合金的阳极氧化	773	第43章 钛和钛合金的氧化处理	786
41.3.1 阳极氧化的工艺规范	773	43.1 概述	786
41.3.2 工艺操作和维护	774	43.2 钛和钛合金的化学氧化	786
41.4 镁合金微弧氧化	774	43.3 钛和钛合金的阳极氧化	787
41.5 不合格氧化膜的退除	775	43.4 钛和钛合金的微弧氧化	787
第42章 铜和铜合金的氧化处理	776	43.5 钛和钛合金的着色	788
42.1 概述	776		

第8篇 镀层及镀液性能测试

第44章 镀层性能测试	789	44.6.4 电图像测定法	818
44.1 概述	789	44.7 镀层硬度检测	818
44.2 外观检测	789	44.7.1 锉刀硬度测定法	818
44.2.1 检测方法和结果表示	789	44.7.2 显微硬度测定法	819
44.2.2 表面缺陷、覆盖完整性和色泽检测	790	44.8 镀层耐磨性能试验	821
44.3 光泽性检测	791	44.9 镀层内应力的测试	823
44.4 镀层厚度的测定	793	44.9.1 弯曲阴极法	823
44.4.1 磁性测厚仪测定法	793	44.9.2 刚性平带法	824
44.4.2 涡流测厚仪测定法	795	44.9.3 螺旋收缩仪法	824
44.4.3 分光束显微测定法	796	44.9.4 电阻应变仪测量法	825
44.4.4 X射线光谱测定法	797	44.9.5 电磁测定法	825
44.4.5 β 射线反向散射法	799	44.10 脆性的测试	825
44.4.6 化学溶解法	800	44.10.1 杯突测定法	826
44.4.7 阳极溶解库仑法	801	44.10.2 静压挠曲法	827
44.4.8 金相显微镜法	806	44.11 韧性的测试	828
44.4.9 扫描电子显微镜法	807	44.12 延展性的测试	828
44.4.10 轮廓仪法	808	44.12.1 剥离镀层(镀层箔)的测试方法	829
44.4.11 干涉显微镜法	809	44.12.2 连着基体的镀层测试方法	830
44.4.12 计时液流法和计时点滴法	809	44.12.3 镀层延展性测试方法的选择	831
44.4.13 镀层厚度测定方法的选择	809	44.13 氢脆的测定	832
44.5 镀层结合强度的测定	810	44.13.1 延迟破坏试验	832
44.5.1 镀层结合强度的定性检测方法	811	44.13.2 缓慢弯曲试验	833
44.5.2 镀层结合强度的定量检测方法	813	44.13.3 挤压试验	834
44.5.3 适用于测定各种金属镀层结合强度的 试验方法	813	44.13.4 应力环试验	834
44.6 镀层孔隙率的测定	814	44.14 镀层表面粗糙度的测定	835
44.6.1 贴滤纸测定法	814	44.14.1 样板对照法	835
44.6.2 浸渍测定法	816	44.14.2 轮廓仪测量法	835
44.6.3 气体测定法	817	44.14.3 非接触式检测法	835
		44.14.4 印模检测法	836

44.15	镀层钎焊性的测试	836	45.6.2	铬酸盐转化膜中六价铬的测定	872
44.15.1	流布面积法	836	45.6.3	铬酸盐转化膜中单位面积上六价铬含量的测定	873
44.15.2	润湿时间法	836	45.6.4	铬酸盐转化膜中单位面积上总铬量的测定	873
44.15.3	蒸汽考验法	836	45.6.5	有色铬酸盐转化膜附着力试验	873
44.15.4	焊料润湿覆盖法	836	45.6.6	铬酸盐转化膜单位面积上膜层质量的测定	873
44.15.5	槽焊法	837	45.6.7	铬酸盐转化膜的耐腐蚀性试验	874
44.15.6	球焊法	837	45.7	耐蚀性试验	875
44.15.7	钎焊性的检测仪器	837	45.7.1	钢铁的氧化膜、磷化膜耐蚀性的测定	875
44.16	金属镀层表面接触电阻的测定	839	45.7.2	铝合金氧化膜耐蚀性的测定	875
44.16.1	电桥法	839	45.7.3	镁合金氧化膜耐蚀性的测定	876
44.16.2	伏安法	839	第46章	镀液性能测试	877
44.16.3	印制板金属化孔镀层电阻的测定	839	46.1	概述	877
44.17	镀层耐蚀性试验	840	46.2	pH值的测定	877
44.17.1	概述	840	46.2.1	pH试纸测定	877
44.17.2	大气腐蚀试验	840	46.2.2	pH计测定	877
44.17.3	储存条件下的腐蚀试验	843	46.3	电导率的测定	879
44.17.4	天然海水腐蚀试验	844	46.4	电流效率的测定	881
44.17.5	人工加速腐蚀试验——盐雾试验	845	46.5	镀液分散能力的测定	882
44.17.6	腐蚀膏腐蚀试验(CORR试验)	849	46.5.1	远近阴极测定法	882
44.17.7	盐溶液周浸腐蚀试验	850	46.5.2	弯曲阴极测定法	883
44.17.8	二氧化硫腐蚀试验	853	46.5.3	霍尔槽测定法	883
44.17.9	硫化氢腐蚀试验	855	46.6	镀液覆盖能力的测定	884
44.17.10	电解腐蚀试验(EC试验)	857	46.6.1	直角阴极测定法	884
44.17.11	湿热试验	858	46.6.2	平行阴极测定法	884
44.17.12	金属镀层经腐蚀试验后耐蚀性的评定	861	46.6.3	管形内壁测定法	885
第45章	转化膜性能测试	864	46.6.4	凹穴测定法	885
45.1	概述	864	46.7	整平能力的测定	886
45.2	外观检测	864	46.7.1	假正弦波测定法	886
45.3	厚度的测定	866	46.7.2	V形沟槽测定法	886
45.3.1	铝合金件阳极氧化膜厚度的测量	866	46.7.3	粗糙度测定法	887
45.3.2	磷化膜质量的测量	867	46.8	极化曲线的测试	887
45.4	耐磨性试验	868	46.8.1	概述	887
45.4.1	耐磨耗试验法	868	46.8.2	恒电流测定法	887
45.4.2	落砂试验法	868	46.8.3	恒电位测定法	888
45.4.3	喷磨试验法	869	46.8.4	电化学分析仪测定法	889
45.5	铝及铝合金阳极氧化膜其他性能试验	869	46.9	表面张力的测定	890
45.5.1	阳极氧化膜封孔质量的评定	869	46.9.1	最大气泡压力法	890
45.5.2	铝及铝合金阳极氧化膜连续性的测定	870	46.9.2	液滴测定法	891
45.5.3	铝及铝合金阳极氧化膜绝缘性的测定	871	46.10	霍尔槽试验	891
45.5.4	铝及铝合金阳极氧化膜耐晒度的试验	871	46.10.1	概述	891
45.5.5	铝及铝合金阳极氧化膜耐紫外光性能的测定	872	46.10.2	霍尔槽结构及试验装置	892
45.6	锌、镉镀层上铬酸盐转化膜试验方法	872	46.10.3	霍尔槽阴极上的电流分布	892
45.6.1	无色铬酸盐转化膜的测定	872	46.10.4	霍尔槽试验方法	894
			46.10.5	改进型霍尔槽	895