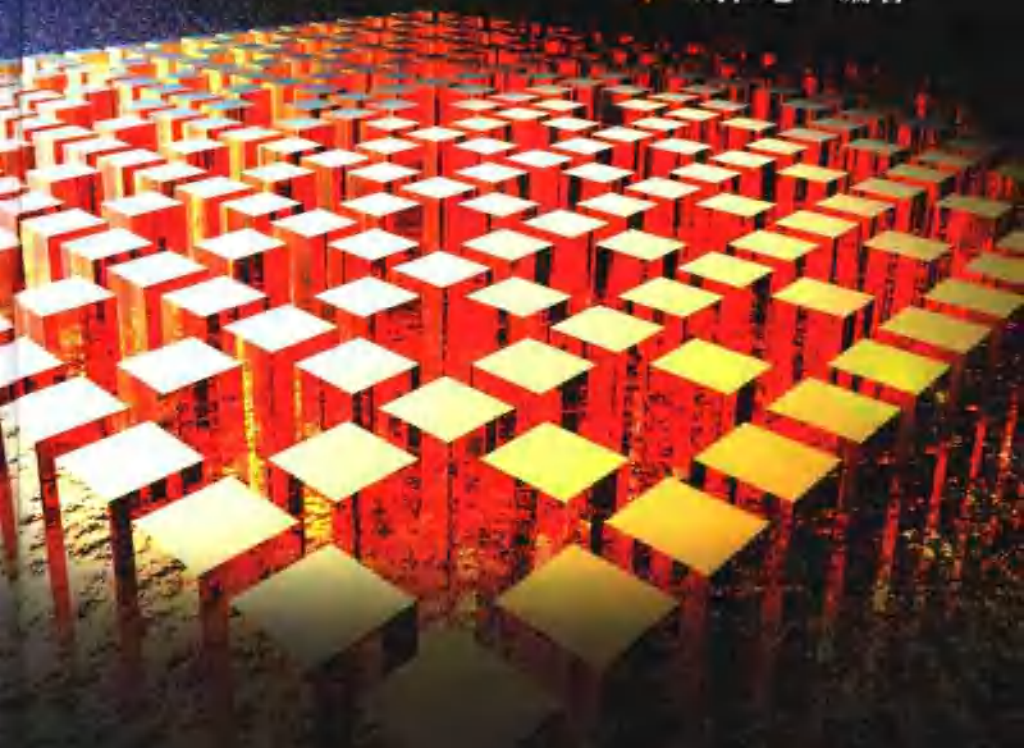


实用电铸技术

◆ 刘仁志 编著



化学工业出版社

国家“九五”科技攻关项目

实用电铸技术

◆ 刘仁志 编著



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

实用电铸技术/刘仁志编著. —北京: 化学工业出版社, 2006. 7

ISBN 7-5025-9136-2

I. 实… II. 刘… III. 电铸-技术 IV. TQ153

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 083290 号

实用电铸技术

刘仁志 编著

责任编辑: 段志兵

文字编辑: 汲永臻

责任校对: 蒋 宇

封面设计: 韩 飞

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 14 $\frac{3}{4}$ 字数 392 千字

2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-9136-2

定 价: 45.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

电铸，作为一种现代加工技术，尽管有着非常重要的用途，但是对许多人来说，却是一种很陌生的技术，不像机械加工技术和电子技术那样家喻户晓。不要说寻常百姓，就是一些非电铸专业的工程技术人员，对电铸也知之甚少。这固然有电铸的应用面相对较窄的原因，但更重要的原因是我国对电铸技术的应用相对落后于世界先进水平，以至于想要找一本电铸方面的专著都很困难，只能从有些电镀或模具制造专业的专著中的相关章节得到有关电铸技术的信息。

但是，随着我国国际加工中心地位的确立，我国利用电铸技术的步伐正在加快。无论是民用还是军工，也无论是平常的装饰品还是高科技的电子产品，都少不了电铸加工技术的应用。可以说从儿童玩具到航天器都离不开电铸技术。因此，很多从事电铸技术工作的人员，包括工程技术人员和现场操作人员以及管理者，都希望有一本综合性的可资参考的电铸专业的专著。正是基于这种考虑，本人才冒昧承担了这本专著的编写工作，以期作为引玉之砖，推动更多的同行关注电铸技术的普及与进步。

考虑到读者不一定是电铸专业人员，本书除了重点介绍电铸工艺以外，还以专门的篇幅对电极过程和电化学工艺、电子计算机辅助设计（CAD/CAM）做了介绍，对一些基本的电化学工艺参数做了比较详细的说明，以方便读者在读到电铸工艺的相关内容时有一个明确的概念。为加深对电铸技术的了解，书中还举了一些电铸技术的应用实例，力求比较全面地向专业和非专业人员介绍电铸技

术，使读者能开卷有益。

需要说明的是，由于是国内第一本电铸专业的书籍，难免有不当和疏漏之处，敬请读者不吝赐教。

刘仁志
2006年6月

特别提示：尊敬的读者，如果您准备对本书的内容进行试验或实践，请在使用化学药品时严格遵守相关操作规程。如果付诸生产，请务必遵守清洁生产 and 环境保护的相关法规。如果是非专业人士，则请在专业人员的指导下进行操作。特此敬告。

欢迎选购相关专业图书

电镀技术

- | | |
|---------------------------|-------------|
| 1 刷镀技术 | 大 32 开/28 元 |
| 2 电镀实践 600 例 | 大 32 开/30 元 |
| 3 实用电镀技术 (腐蚀与防护全书) | 大 32 开/25 元 |
| 4 难镀基材的化学镀镍技术 | 大 32 开/28 元 |
| 5 电镀技术 (工人岗位培训实用技术读本) | 大 32 开/37 元 |
| 6 电镀工程 | 大 32 开/40 元 |
| 7 电镀溶液与镀层性能测试 (实用电镀技术丛书) | 大 32 开/19 元 |
| 8 电镀溶液分析技术 (实用电镀技术丛书) | 大 32 开/35 元 |
| 9 化学镀实用技术 (实用电镀技术丛书) | 大 32 开/38 元 |
| 10 防护装饰性电镀 (实用电镀技术丛书) | 大 32 开/38 元 |
| 11 电镀清洁生产工艺 (实用电镀技术丛书) | 大 32 开/35 元 |
| 12 电镀工艺与设备 | 16 开/54 元 |
| 13 电镀工安全技术 (工人安全技术培训系列读本) | 大 32 开/15 元 |
| 14 电镀废弃物与材料的回收利用 | 大 32 开/24 元 |
| 15 电镀废水处理技术及工程实例 | 16 开/35 元 |
| 16 现代表面镀覆技术问答 | 大 32 开/29 元 |
| 17 特种电镀技术 | 大 32 开/22 元 |
| 18 镀锌 (表面处理清洁生产丛书) | 大 32 开/15 元 |
| 19 镀覆前处理 (表面处理清洁生产丛书) | 大 32 开/20 元 |
| 20 镀铬修复及应用实例 | 大 32 开/29 元 |
| 21 非金属电镀与清饰——技术与实践 | 大 32 开/33 元 |
| 22 涂镀三废处理工艺与设备 | 16 开/38 元 |
| 23 实用装饰性镀层和涂层 | 大 32 开/ |
| 24 现代电镀 (原著第四版) | 16 开/ |
| 25 镀铁铜镍及合金修复技术 | 大 32 开/20 元 |
| 26 镀镍技术 | 大 32 开/ |

其他表面技术

- | | |
|-------------------|-----------|
| 1 纳米表面工程 (徐滨士 主编) | 16 开/65 元 |
|-------------------|-----------|

2	铝合金阳极氧化与表面处理技术	16 开/45 元
3	不锈钢表面处理技术	大 32 开/32 元
4	汽车防锈技术	16 开/45 元
5	喷丸清理技术	16 开/38 元
6	粘接表面处理技术 (胶黏剂译丛)	16 开/50 元
7	材料表面强化技术	16 开/55 元
8	玻璃表面处理技术	16 开/76.00 元
9	工业清管技术	16 开/36 元

模具专业部分图书

1	Pro/ENGINEER Wildfire 塑料模具设计入门与实践 (附光盘)	50.00 元
2	Pro/ENGINEER 塑料模具设计入门与实践 (附光盘)	45.00 元
3	Pro/ENGINEER 塑料模具数控加工入门与实践 (附光盘)	58.00 元
4	UG 注塑模具设计与制造 (附光盘)	48.00 元
5	复杂·精密·高效·长寿命——注塑模具典型结构图例	50.00 元
6	模具 CAD/CAM (刘建超)	20.00 元
7	模具工程 (二版)	78.00 元
8	模具技术基础 (杨永平)	29.00 元
9	模具设计与制造实训教程 (李学锋)	29.00 元
10	模具识图与制图	35.00 元
11	模具制造技术 (翟德梅)	25.00 元
12	模具制造手册	40.00 元
13	数字化模具制造技术	26.00 元
14	塑料成型模具 (付宏生)	23.00 元
15	塑料模具设计与制造	88.00 元
16	塑料注射模具设计技巧与实例	56.00 元
17	现代模具设计 (刘洁)	32.00 元
18	现代模具制造技术	38.00 元
19	橡胶模具实用手册 (二版)	58.00 元
20	职业技能鉴定培训读本 (中级工) —— 模具工	20.00 元
21	注射模具 130 例	58.00 元

- | | | |
|----|---------------|---------|
| 22 | 注射模具制造工程 | 50.00 元 |
| 23 | 注塑成型及模具设计实用技术 | 35.00 元 |

化学工业出版社出版机械、电气、化学、化工、环境、安全、生物、医药、材料工程、腐蚀和表面技术等专业科技图书。如要出版新著，请与编辑联系。如要以上图书的内容简介和详细目录，或要更多的科技图书信息，请登录 www.cip.com.cn。选购图书之前，请与邮购联系或者从我们的网站上核实图书信息。

地址：(100029) 北京市朝阳区惠新里 3 号 化学工业出版社

邮购：010 64982530, 64918013, 64982630 (传真) (发行部邮购科)

编辑：010-64982532, 64982556 (机械电气出版分社金属材料编辑部)

Email: dzb@cip.com.cn llh3227@sina.com

目 录

第 1 章 电沉积技术与电铸	1
1.1 电沉积技术的历史	1
1.1.1 电与电沉积技术	1
1.1.2 电沉积技术的历史	2
1.2 电沉积技术概论	4
1.2.1 电沉积技术的原理	4
1.2.2 阴极电极过程	9
1.2.3 阳极电极过程	31
1.2.4 研究电沉积过程的方法	34
1.2.5 电沉积过程的直接观测	42
1.3 影响电沉积过程的因素	47
1.3.1 搅拌的影响	47
1.3.2 电源因素的影响	51
1.3.3 温度的影响	56
1.3.4 几何因素的影响	59
1.3.5 添加剂的影响	66
1.3.6 阳极过程的影响	69
1.3.7 超声波和其他物理场的影响	73
1.4 电沉积技术的应用	76
1.4.1 电镀技术	77
1.4.2 电冶金技术	83
1.4.3 电铸技术	87
参考文献	88

第2章 电铸技术总论	89
2.1 电铸技术概要	89
2.2 电铸技术的特点与流程	91
2.2.1 电铸技术的特点	91
2.2.2 电铸工艺的流程	92
2.2.3 电铸原型的选定或制作	93
2.2.4 电铸前处理	93
2.2.5 电铸	94
2.2.6 电铸后处理	98
2.2.7 电铸加工需要的资源	101
2.2.8 环境保护与生产安全	109
2.3 电铸技术的应用	113
2.3.1 模具制造	113
2.3.2 特殊产品加工	114
2.3.3 专用型材制造	115
2.3.4 纳米材料的制造	115
2.3.5 其他领域的应用	116
2.4 电铸技术的现状与展望	118
2.4.1 电铸技术现状	118
2.4.2 电铸技术展望	120
参考文献	123
第3章 电铸原型	124
3.1 电铸原型的作用与分类	124
3.1.1 电铸原型及材料选择	124
3.1.2 金属原型	126
3.1.3 非金属原型	128
3.1.4 一次性原型	128
3.1.5 反复使用性原型	130
3.2 原型用料选用的原则与设计的要求	131

3.2.1	原型材料选用的原则	131
3.2.2	原型设计的要求	133
3.3	原型的制造	135
3.3.1	人工加工原型	135
3.3.2	由成品复制原型	137
3.3.3	机械加工制作原型	142
	参考文献	146
第4章	CAD/CAM 与快速成型技术	147
4.1	CAD/CAM 技术概要	147
4.1.1	CAD/CAM 的发展历史	147
4.1.2	常用 CAD/CAM 软件的功能	148
4.1.3	CAD/CAM 系统的软硬件平台	150
4.2	快速原型成型技术概要	153
4.2.1	快速成型技术的历史与发展	153
4.2.2	快速成型技术的原理	154
4.2.3	快速成型系统的分类	156
4.2.4	快速成型技术的应用	164
4.3	快速成型与加工技术	167
4.3.1	如何用三维 CAD 设计建立快速加工产品的 数据模型	167
4.3.2	三维模型数据的处理及输出	168
4.4	快速成型与快速模具技术	172
4.4.1	真空注塑及低压灌注	173
4.4.2	快速非金属注塑模具	173
4.4.3	电铸模	174
	参考文献	174
第5章	电铸原型的表面处理	175
5.1	金属原型的表面处理	175
5.1.1	前处理流程	175

5.1.2	除油	176
5.1.3	弱浸蚀	181
5.1.4	脱模剂处理	182
5.2	非金属原型的表面处理	183
5.2.1	非金属原型的表面金属化	183
5.2.2	物理方法	183
5.3	表面金属化的化学方法	189
5.3.1	表面金属化流程	190
5.3.2	预处理和除油	190
5.3.3	敏化	191
5.3.4	活化	195
5.3.5	化学镀和化学镀铜	198
5.3.6	化学镀镍	206
5.3.7	其他化学镀工艺	211
	参考文献	214
第6章	铜电铸	215
6.1	铜电铸简介	215
6.1.1	铜的物理和化学性质	215
6.1.2	铜的电沉积液及其分类	216
6.1.3	铜电铸的特点	217
6.2	铜电铸工艺	219
6.2.1	铜电铸液的性能	219
6.2.2	铜电铸工艺流程	220
6.2.3	各种铜电铸液及操作要点	221
6.3	铜电铸的阳极	228
6.3.1	硫酸盐镀铜的阳极	228
6.3.2	氨基磺酸盐镀铜的阳极	229
6.3.3	焦磷酸盐镀铜的阳极	229
6.4	铜电铸模腔化学镀镍	230

6.4.1 化学镀镍在模具制造中的应用	230
6.4.2 铜电铸模腔化学镀镍	232
参考文献	236
第7章 镍电铸	238
7.1 镍电铸综述	238
7.1.1 镍的物理和化学性质	238
7.1.2 镍电解液及其分类	240
7.1.3 镍电铸特点	242
7.2 镍电铸工艺	243
7.2.1 镍电铸液的物理化学性能	243
7.2.2 镍电铸的工艺流程	246
7.2.3 各种镍电铸液及操作要点	247
7.3 镍电铸的阳极	251
7.3.1 阳极的选择与使用	251
7.3.2 阳极篮的功能	253
7.4 影响镍电铸内应力的因素	254
7.4.1 有机添加剂的影响	255
7.4.2 pH 值的影响	256
7.4.3 电流密度和温度的影响	256
7.4.4 镍液成分的影响	257
7.4.5 杂质对内应力的影响	257
7.5 模腔内镀铬	259
7.5.1 关于镀铬	259
7.5.2 镀铬工艺	260
7.5.3 电铸模腔的镀铬	263
参考文献	264
第8章 铁电铸	266
8.1 铁电铸简介	266
8.1.1 铁的物理化学性质	266

8.1.2	铁电铸的历史	267
8.1.3	铁的电沉积及其分类	268
8.2	铁电铸工艺	269
8.2.1	硫酸盐镀液	269
8.2.2	氯化物镀液	270
8.2.3	氟硼酸盐镀铁	273
8.2.4	氨基磺酸盐镀铁	274
8.3	铁电铸的阳极	278
8.3.1	铁电铸阳极材料	278
8.3.2	铁电铸阳极的管理	280
	参考文献	281
第9章	合金与稀贵金属电铸	282
9.1	合金与稀贵金属电铸简介	282
9.1.1	合金电铸概况	282
9.1.2	稀贵金属电铸简介	283
9.2	合金电铸工艺	285
9.2.1	合金电镀的原理	285
9.2.2	铜系合金	290
9.2.3	镍系合金	297
9.2.4	钴系合金	304
9.2.5	其他合金	307
9.3	稀贵金属电铸工艺	313
9.3.1	铂电铸	313
9.3.2	银电铸	315
9.3.3	金电铸	323
9.3.4	其他稀贵金属电镀	327
	参考文献	337
第10章	电铸应用举例	338
10.1	ABS 塑料制品模具的电铸	338

10.1.1	ABS 塑料及其制品	338
10.1.2	ABS 塑料制品电铸模加工工艺	339
10.1.3	ABS 塑料模电铸的后处理	345
10.2	软聚氯乙烯玩具模电铸	346
10.2.1	玩具模原型的制作	346
10.2.2	玩具模原型的表面金属化	347
10.3	滚塑成型模具的电铸	349
10.3.1	关于滚塑成型	349
10.3.2	电铸滚塑模的优点	350
10.3.3	滚塑模的电铸	351
10.4	光碟模具的高速电铸	361
10.4.1	光碟碟片制造与电铸	361
10.4.2	提高光碟模具电铸加工速度的途径	364
10.4.3	光碟模具高速电铸装置	365
10.4.4	适合光碟模具高速电铸装置的工艺	366
10.5	微型电铸	367
10.5.1	显微制造与微型电铸	367
10.5.2	微型电铸技术	368
10.5.3	微型电铸的应用	371
	参考文献	372
第 11 章	电铸液的维护、分析和电铸件的质量检测	373
11.1	表面金属化溶液的维护和分析	373
11.1.1	表面金属化前处理液	373
11.1.2	化学镀液	376
11.2	电铸液的维护和分析	382
11.2.1	铜电铸液	382
11.2.2	镍电铸液	386
11.2.3	铁电铸液	391
11.2.4	其他电铸液	394

11.3 电铸质量检测	404
11.3.1 电铸原型的检测	404
11.3.2 电铸制品的检测	406
参考文献	410
第12章 电铸技术与环境	411
12.1 环境与可持续发展	411
12.1.1 只有一个地球	411
12.1.2 关于环境管理体系	414
12.2 电铸工艺对环境的影响及治理	415
12.2.1 电铸工艺对环境的影响	415
12.2.2 电铸废弃物的治理与零排放系统	418
12.3 电铸资源的可再利用	421
12.3.1 原型的再利用	421
12.3.2 清洗水中金属的回收利用	423
12.3.3 水的再利用	424
12.4 法律和法规——全球性战略	427
12.4.1 《WEEE指令》和《RoHS指令》	427
12.4.2 美国和世界其他国家的环境法规	428
12.4.3 全球性战略	430
参考文献	430
附录1	431
附录2	437
附录3	443
附录4	447

第1章 电沉积技术与电铸

1.1 电沉积技术的历史

1.1.1 电与电沉积技术

电铸是电沉积技术的三大应用领域之一，并且可以说是电沉积技术的其他两个应用领域即电镀和电冶金的综合。因此，要真正掌握电铸技术，不能不了解电沉积技术，包括电镀和电解冶金技术。

电沉积在有些专业书籍里被称为电结晶，是指以电为能量，从含有某种金属离子的溶液中获得这种金属离子的金属态结晶沉积物的过程。在我们现代人看来，现在需要用电的器件和装置可以说是多如牛毛，没有必要凡是讲到使用电能的技术，就都要先讲一通电的来历。但是，我们将要讨论的电沉积过程和电化学工艺，与电能的关系与其他用电过程有着明显的不同。因为电能的开发和利用，与电解过程和电化学有着紧密的联系。早期电源正是化学电源，而化学电源实际上就是电化学的重要应用成果。因此，如果要探求电沉积过程的历史，就需要多少先了解一些有关电的开发史。

事实上，人类对电的认识并不是从18世纪才开始的。公元前6世纪，希腊哲学家就曾经描写过用布摩擦过的琥珀能够吸引毛发的现象。我国古籍中也有“琥珀拾芥”的记载。到18世纪，人们才发现电有两种，称为“正电”和“负电”，并且确立了两个带有同号电的物体互相排斥，带有异号电的物体互相吸引的规律，即“同性相斥，异性相吸”。开始寻求出有关电学方面的一些初步规律。