

轻松掌握

电镀技术

QINGSONG ZHANGWO DIANDU JISHU

刘仁志◎编著

彩色电镀

无氰镀金

镀锡铅

电镀

无氰碱性亮铜

无氰光亮镀银

镀锌



金盾出版社

轻松掌握电镀技术

刘仁志 编 著

金盾出版社

内 容 提 要

本书针对电镀技术初学者和爱好者,深入浅出地全面介绍了电镀技术与工艺。主要内容包
括:电镀技术基础,电镀场所和设备,电镀前处理,防护性电镀,装饰性电镀,功能性电镀,
合金电镀和复合镀,化学镀,阳极氧化和转化膜,非金属电镀,电镀层的退除,电镀检测与试
验,电镀质量与标准,电镀安全与环境保护等。

本书适合与电镀相关的技术人员使用,也可作为现代制造技术中电镀类的普及读物,适合
具有初中及以上文化程度的读者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

轻松掌握电镀技术/刘仁志编著. —北京:金盾出版社,2014.2
ISBN 978 - 7 - 5082 - 9077-5

I. ①轻… II. ①刘… III. ①电镀—基本知识 IV. ①TQ153

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 307481 号

金盾出版社出版、总发行

北京太平路 5 号(地铁万寿路站往南)

邮政编码:100036 电话:68214039 83219215

传真:68276683 网址:www.jdcbs.cn

封面印刷:北京精美彩色印刷有限公司

正文印刷:北京万友印刷有限公司

装订:北京万友印刷有限公司

各地新华书店经销

开本:705×1000 1/16 印张:21.75 字数:500 千字

2014 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

印数:1~4 000 册 定价:55.00 元

(凡购买金盾出版社的图书,如有缺页、
倒页、脱页者,本社发行部负责调换)

前 言

电镀技术是至今仍然残留有中世纪炼金术式神秘性的少数现代技术之一。说它神秘，不仅是因为它不像车、铣、刨、磨等机械加工和水、电、木工那样人尽皆知，而且是因为它仍然是将制件从装有五颜六色水的、传统的盆盆罐罐中取出，就会带有亮闪闪、金灿灿的镀层，化腐朽为神奇，与炼金术有异曲同工的效果。说它现代，是因为现代工业即使发展到了所谓“后工业化时代”，信息技术占了主导地位，我们仍然离不开电镀技术，不能没有电镀技术，这也是我们仍然需要学习电镀技术的原因。

编写这本《轻松掌握电镀技术》，不是说学问可以轻松获得。任何再肤浅的技术，也都需要下工夫才能学到。我们所说的轻松，是指“准入”的条件很轻松，不需要什么大学本科之类，只要是上过初中的读者，就可以轻松读下去，逐步深入，引入胜景，一门新的技术就在掌握之中了。

首先，电镀技术本身不需要复杂的高等数学计算，所涉及的技术理论只要认真阅读和思考也都很容易理解。至于电镀工艺，则基本上是规范化的文件，有许多共性，而所需要的化学知识从我们的生活常识入手，在初中化学知识基础上，也不难重新掌握。加上对新的知识的好奇和对技能的追求，更增添了学习新知识的信心和能力，这样一来，学习也就真的成了一件轻松的事情。

当然，完全掌握一门技术，需要实践经验的积累。实践出真知，这是千真万确的真理。因此，准备从事这项工作的读者，应通过书本的学习获得基础知识后，在工作实践中去观察和体会，一定会有更多的收获。即使是不做这项技术的实践者，通过容易入门却又深入浅出的读物了解电化学制造技术，提高对机械、电子产品的全面认识，也是有益的，对现代产品制造技术的掌握，多了一份认知能力和信心。

开卷有益，就让读者开始轻松的阅读之旅吧。

作 者

本书责任编辑联系卡

亲爱的读者朋友们：

非常感谢您关注我们的图书，并希望通过愉快的阅读学习让您了解和掌握一门专业技术。您在读书的过程中无论有任何难解的问题，都可以通过电子邮件或电话与我联系，我将竭尽全力帮助您解决难题。

E-mail: jdcbs_lxw@163.com

电话：010-66886188 转 6719

真诚希望能够通过书使我们成为朋友！

金盾出版社工业交通图书出版中心李编辑

目 录

1 电镀技术基础	1
1.1 概述	1
1.1.1 从镀铬米说起	1
1.1.2 电镀的防腐蚀作用	2
1.1.3 我国的电镀产业	2
1.1.4 现代电镀漫谈	3
1.2 电镀化学基础	8
1.2.1 盐和离子、电解质、原子	8
1.2.2 醋和酸	10
1.2.3 碱	13
1.2.4 重要的化学概念	14
1.3 电化学基础	17
1.3.1 电解定律	17
1.3.2 电镀过程及其相关计算	19
1.3.3 电极电位及其计算	21
1.4 电镀工艺基础	22
1.4.1 电镀的原理	22
1.4.2 电镀工艺与流程	22
1.4.3 电镀工艺参数	23
2 电镀场所和设备	26
2.1 从事电镀加工的条件	26
2.1.1 资质和许可证	26
2.1.2 场地的环境影响评价和环境保护措施	26
2.1.3 电镀场所的基本设施	28
2.2 电镀的设备	30
2.2.1 整流电源	30
2.2.2 电镀槽	31
2.2.3 辅助设备	32
2.3 电镀的原材料	34
2.3.1 电镀液	34
2.3.2 电镀阳极	35
2.3.3 电镀添加剂	36

3 电镀前处理	39
3.1 电镀前处理工艺	39
3.1.1 电镀前处理工艺流程	39
3.1.2 电镀前检验	39
3.1.3 除油	39
3.1.4 除锈	44
3.1.5 活化和水洗	47
3.2 机械前处理与抛光	49
3.2.1 打磨与喷砂	49
3.2.2 研磨与抛光	53
3.2.3 化学和电化学抛光	55
4 防护性电镀	59
4.1 电镀层的防护作用	59
4.1.1 电镀层的机械保护作用	59
4.1.2 电镀层的电化学保护作用	59
4.2 防护性电镀工艺	61
4.2.1 锌与镀锌	61
4.2.2 镀锌工艺	63
4.2.3 镉与镀镉	70
4.2.4 氰化物镀镉	73
4.3 镀锌与镀镉的电镀后处理	79
4.3.1 镀锌的后处理	79
4.3.2 镀镉的后处理	81
4.3.3 其他后处理方法	84
5 装饰性电镀	87
5.1 装饰性镀铬	87
5.1.1 铬与镀铬概述	87
5.1.2 镀铬技术与工艺	88
5.1.3 三价铬镀铬	95
5.1.4 装饰性代铬镀层	97
5.2 防护装饰性电镀	98
5.2.1 多层电镀	98
5.2.2 多层电镀工艺的重要底镀层——镀铜	100
5.2.3 镀铜工艺	101
5.2.4 多层镀镍工艺	110
5.3 其他装饰性镀层	116
5.3.1 仿金电镀	116

5.3.2	彩色电镀	118
5.3.3	金属和镀层表面着色	119
6	功能性电镀	131
6.1	镀金	131
6.1.1	金的性质及应用	131
6.1.2	氰化物镀金工艺	132
6.1.3	无氰镀金工艺	135
6.2	镀银	139
6.2.1	银的性质与应用	139
6.2.2	氰化物镀银工艺	140
6.2.3	无氰镀银	143
6.3	纳米电镀	148
6.3.1	纳米与纳米材料技术	148
6.3.2	电镀法制取纳米材料	148
6.3.3	模板电化学制备——维纳米材料	149
6.3.4	纳米复合电镀技术	150
7	合金电镀和复合镀	152
7.1	常用合金电镀	152
7.1.1	合金电镀概况	152
7.1.2	合金电镀工艺	155
7.2	其他合金电镀工艺	166
7.2.1	银合金电镀工艺	166
7.2.2	金合金电镀工艺	169
7.2.3	锡系合金电镀工艺	171
7.3	复合电镀	173
7.3.1	复合电镀及其应用	173
7.3.2	复合电镀工艺	176
7.3.3	化学复合镀	180
8	化学镀	183
8.1	化学镀概述	183
8.1.1	化学镀简介	183
8.1.2	化学镀铜原理	183
8.1.3	化学镀镍原理	186
8.1.4	化学镀的应用	188
8.2	化学镀工艺	189
8.2.1	化学镀铜工艺	189
8.2.2	化学镀镍工艺	190

8.2.3 其他化学镀工艺	193
8.3 化学镀合金	198
8.3.1 化学镀镍基合金工艺	198
8.3.2 化学镀钴基合金工艺	199
8.3.3 化学镀铜合金工艺	200
9 阳极氧化与转化膜	201
9.1 铝的阳极氧化	201
9.1.1 铝的特点与应用	201
9.1.2 铝的阳极氧化工艺	202
9.1.3 铝阳极氧化膜的着色与封闭	204
9.2 金属的化学氧化	209
9.2.1 铝及铝合金的化学氧化	209
9.2.2 导电氧化膜工艺	210
9.2.3 镁及镁合金的化学氧化	210
9.3 金属的磷化与氧化	211
9.3.1 金属的磷化	211
9.3.2 典型磷化工艺	212
9.3.3 环保型磷化	213
9.3.4 钢和铜的化学氧化	214
10 非金属电镀	217
10.1 非金属电镀流程与前处理	217
10.1.1 非金属电镀流程	217
10.1.2 非金属电镀前处理	217
10.1.3 非金属表面化学镀	224
10.2 塑料电镀	227
10.2.1 ABS 塑料电镀	227
10.2.2 PP 塑料电镀	238
10.3 玻璃钢电镀	243
10.3.1 玻璃钢的结构与电镀级玻璃钢	243
10.3.2 粗化的原理	243
10.3.3 玻璃钢电镀工艺	244
11 电镀层的退除	251
11.1 退除镀层的方法与原理	251
11.1.1 退除镀层的基本原理	251
11.1.2 退镀准备和资源配置	257
11.1.3 基体材料和镀层的鉴定	261
11.2 单金属镀层退除工艺	264

11.2.1 常用单金属镀层的退除工艺	264
11.2.2 贵单金属镀层的退除工艺	269
11.2.3 其他金属镀层的退除	272
11.3 合金镀层的退除工艺	273
11.3.1 铜锌合金(黄铜)镀层的退除	273
11.3.2 铜锡合金镀层的退除	275
11.3.3 镍基合金镀层的退除	275
11.4 有机膜的退除	279
12 电镀检测与试验	282
12.1 镀层检测与试验	282
12.1.1 镀层外观检测	282
12.1.2 镀层厚度检测	284
12.1.3 镀层性能测试	288
12.2 电镀工艺的检测	295
12.2.1 镀前处理检测	295
12.2.2 电镀工艺的检测	297
12.2.3 镀层的其他性能检测	298
12.3 霍尔槽试验	300
12.3.1 霍尔槽	300
12.3.2 霍尔槽试验方法	302
12.3.3 霍尔槽试验应用举例	303
13 电镀质量与标准	306
13.1 电镀的质量要求与质量标准	306
13.1.1 电镀的质量要求	306
13.1.2 电镀的标准体系	307
13.1.3 常用电镀标准	309
13.2 认识和掌握电镀标记方法	313
13.2.1 正确使用镀层标记的意义	313
13.2.2 现行国家标准电镀层标记方法	313
13.2.3 典型镀覆层的标识示例	315
13.3 电镀过程的质量控制	318
13.3.1 ISO 9000 与新的质量理念	318
13.3.2 镀前预检	319
13.3.3 具体过程的质量控制	319
14 电镀安全与环境保护	321
14.1 电镀与安全	321
14.1.1 电镀生产中的安全知识	321

14.1.2	其他安全事项	322
14.1.3	电镀防护用品的正确使用及保管	323
14.2	电镀与环境污染	324
14.2.1	电镀生产对环境的影响	324
14.2.2	电镀污染物排放标准	325
14.2.3	电镀中的三废及其危害	326
14.3	电镀三废的治理	327
14.3.1	废水的治理	327
14.3.2	废气的治理	328
14.3.3	废渣的治理	330
附录		331
附录 1		331
附录 2		336

1 电镀技术基础

1.1 概 述

1.1.1 从镀铬米说起

如果你随便问一个人，知不知道电镀，答案会是五花八门的。其中有些人可能会说：“你说的是镀克铬米吧？”

确实，很长一个时期，克铬米曾经是电镀的代词。那克铬米是什么呢？

克铬米是铬的英语单词 chromium 的音译。金属铬作为金属制品的装饰性镀层，经久不衰，至今仍在大量使用。特别是在日常生活和各种常见的金属设备、制品中，那明晃晃发出白亮金属光泽的部位，大多数是电镀了光亮铬。

特别是在 20 世纪 50~90 年代，从手表到自行车，从钢笔套到钢制家具，从摩托车到汽车，钢制、铜制金属制品的装饰外观，大部分采用了镀光亮铬的技术，以致人们认为所谓电镀，就是镀铬。

就拿手表来说，早期的手表大都是“半钢”表，即需要电镀铬而成为全光亮的表壳。全钢即不锈钢在当时是较为贵重的材料。当然现在已经没有所谓半钢手表了，而是用塑料表壳电镀铬后，制作低端的或儿童玩具表。但镀铬手表曾经在一个时期很流行，反映出当时的技术和经济状态。即使是一些高档的用铜合金做表壳的手表、挂表，也采用了镀铬作为装饰。当然也有镀金手表(图 1-1)。

还有我们平常很熟悉的自行车，与镀铬更是有不解之缘，如上海的凤凰、永久自行车(图 1-2)，天津的飞鸽自行车，青岛的金鹿自行车等，所有这些自行车的龙头、车圈，全都是镀着闪闪发光的装饰铬。



图 1-1 镀金手表



图 1-2 永久自行车

再说缝纫机(图 1-3)，尽管现在已经淡出了大部分家庭，但在 20 世纪 70~80 年代，是结婚陪嫁的重要物品。在那沉重的钢铸机座上挺立的机头，从手轮到盖板，都

闪着白亮的金属光泽，这也是镀铬。

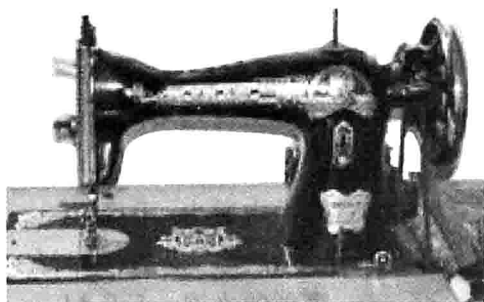


图 1-3 缝纫机

至于镀铬米的伞杆、镀铬米的钢椅、镀铬米的收音机天线等，都是人们生活中常见的镀铬制品。说镀铬与人们的生活有着紧密的联系一点也不过分，人们将镀铬等同于电镀，也就不奇怪了。而为什么铬可以保持持久的光亮而不易生锈，很多人是不知道的。对应该如何保养铬镀层的光亮使之能更加持久，也是不清楚的。对于铬层是怎么样镀到金属表面的，就更知道了。

更重要的是，电镀绝对不仅是一种外观装饰加工工艺，而且是一种重要的和常用的防腐蚀工艺。

1.1.2 电镀的防腐蚀作用

我们对生锈并不陌生，但是生锈有多大的危害就不一定了解了。生锈是金属腐蚀的通俗说法。

腐蚀是自然界中所有物体都要面对的消损破坏现象，不仅消耗资源、污染环境，甚至危及人类的安全和健康。而发生腐蚀最普遍、最严重的是金属材料制品，特别是大量使用的钢铁材料的制品。当然不只是金属会发生腐蚀，动植物、无机物包括人们认为异常坚硬的山石，也会发生腐蚀。对于这类材料的腐蚀，通常用侵蚀一词。而对于有机物则多用腐败一词。

所谓腐蚀，通俗地说是物质氧化的过程，严格地说是构成物质的分子或原子失去电子的过程，是物质从高能状态向低能状态变化的过程，就像水往低处流一样，是一个自发的过程。只要环境中导致物质特别是金属物质氧化的条件，如潮湿（离子移动的环境）、盐类微粒（电解质）、物质界面（电子交换的场所），腐蚀就会发生。而现在这样的环境到处可见，因此腐蚀随时都在发生。

由于腐蚀具有普遍性、隐蔽性、渐进性的特点，虽然可以控制，但是却难以根除，加上腐蚀控制效益的滞后性、间接性，使得大多数人对其视而不见，不以为然。

电镀，正是金属防腐蚀的一种常用的和重要的手段。例如，曾经有人统计，一台解放牌汽车上各种零件镀锌的面积达 10m^2 ，像高压线塔、高速公路护栏、各种日用钢制品，都要用到电镀技术。

我们常用的螺钉，也就是人们所说的紧固件，如果没有电镀层的保护，不仅很快会生锈，而且会影响到被联接件的使用寿命与安全。生锈的紧固件也难以装拆，因此，绝大多数的紧固件是电镀过的。紧固件主要采用的是镀锌，也有因特别需要而镀镍或发黑的，这些电镀后的紧固件有效地延长了使用寿命。

同时，我们还可以看到，电镀技术不只是用于材料的防腐蚀和金属产品的外观装饰，而且还有许多其他的功能，已成为现代制造业不可或缺的重要加工技术。

1.1.3 我国的电镀产业

20 世纪 90 年代，随着改革开放的深入发展，电镀企业布局发生了相应的变化。一

些缺少资金和技术的原乡镇企业在环境保护的压力下开始关闭或转业。同时一批以技术服务和原材料供应为特色的民间电镀原材料企业、设备制造企业得到稳定发展，特别是在江苏南部，许多乡镇企业很早就开始了电镀设备、辅助设备的制造和营销。我国也形成了以广东为代表的电镀业产业集中区域，随后有温州、昆山、重庆、天津、山东、东北等几个电镀相对集中的地区形成了各地的电镀工业园区，一些发达国家和地区也将其电镀产业外迁到中国沿海地区，以分享中国制造的低成本。这个时期我国电镀企业的总数仅两江地区就达近万家（珠江三角洲有 6000 多家、长江三角洲有 2300 多家），电镀加工产值上百亿元人民币，这不包括电子电镀中的印制板制造等产业的产值，如果将印制板和微电子电镀的产值考虑进去，则有上千亿元人民币的产值。

从 20 世纪 90 年代末到 21 世纪以来，世界制造加工业中心已经基本转移到我国，同时，对环境问题的认识已经从地区性发展到全球性的概念。一损俱损的现实使电镀业等所有对环境有影响的工业，无论在什么地区，最终的受害者是全人类，而不止是哪一个国家或地区。于是，清洁生产的法规开始在全球兴起，我国现在也已经进入这个阶段。电镀业正在清洁生产的规范下，进入一个新的发展期。这个时期的电镀企业总数有所减少，但是其加工总量则有所增加。这与环境保护意识的加强和经济总量的增长是一致的。

进入 21 世纪的一个重要特征是全球化，而另一个重要特征则是网络化。现在，应该说几乎所有电镀企业都有了自己的网站或者电子信箱。但是，拥有网站和电子邮箱是一回事，使用网站和电子邮箱又是另一回事。电镀业离真正的网络营销还有相当的距离。即使如此，我们也可喜地看到，一些新的电镀业门户网站已经建立，并开始在电镀业的新生代中产生影响。

可以预言，随着资源节约和可持续发展全球性需要的增长，我国的电镀业还有一个新的发展机遇。重复走老路的发展模式，难以在地球的其他地区重演。越来越多的国家和人们已经认识到不能以牺牲环境和子孙们的资源为代价来谋取发展。跨地区、跨行业、跨国界的联系已经建立，信息的流量在剧增。而要让这些信息流与物流、人流相结合并发挥出最高的效率，那就要充分利用互联网的作用。现在无论是政府还是金融业等领先的企业都在充分利用互联网。很多操作离开互联网就会停止办理，如注册报名、各种查询、订单下达和确认、网上交易等，每时每刻都在发生着。只有掌握新兴工具的使用，才能跟上时代发展的步伐。

1.1.4 现代电镀漫谈

电镀是一种特殊电化学加工方法的简称，作为一种生产工艺，电镀加工与其他机械加工一样，是现代工业中的一个常用工种。只不过因为其特殊的技术要求和对生产场地的特殊要求，人们很少能直接见到电镀加工过程，不像机械加工和常见工业加工那样被人们所熟悉。但是现代制造不能离开电镀技术，市场对电镀技术特别是电镀技术人才的需要一直是一个热点。学习和掌握电镀技术大有用武之地。

1. 以手机为例谈电镀

电镀可以镀出哪些金属呢？我们以现在人们最为常用的手机为例来加以说明。

目前手机的普及程度之快，令世界为之侧目。我国已经成为世界手机拥有量第一的国家，并且其总量还在不断增长。现在，品牌手机、国产手机、山寨手机充斥市场，很多人已经不止拥有一部手机，且更新换代之快，也是其他产品所不可企及的。但是，如果没有现代电镀技术，你也许难以用到一部手机。

我们手中的手机，有些款式用到了炫目的镀铬部件，如装饰条或框、金属商标、天线、屏幕书写笔；也有的镀层是金色，即所谓的白金版、黄金版，不只是指技术的升级，也确实配饰了镀金、镀铂等镀层。特别是一些塑料机壳的增强框，需要用到金属时，一定会有镀层。这既是为了装饰，更是为了防护(图 1-4)。

但手机与电镀的关系，远不止这些外观零件而已。打开手机的后盖，取出电池后，可以看到手机中电池两极的连接片是镀金的，这是为了保证其良好的导电状态。虽然镀银的导电性会更好，但是银镀层在现在的空气环境下极易变色发黑，既影响外观，也难以保证导电良好。只有金镀层才有稳定的不变色性能，虽然导电性没有银好，但对于手机的使用，没有多大影响。再仔细看手机内部，就可以看到手机中的印制板(图 1-5)，即手机的主板。



图 1-4 手机增强框镀铬

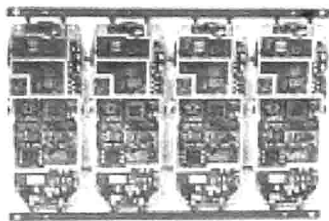


图 1-5 手机中的印制板

制造印制板是一个专门的行业。由于制作中要多次用到电镀技术，因此，印制板电镀成为电子电镀中的一个重要的也是主要的分支。没有印制电路板的电镀，就无法制作手机。因为手机印制板有两个特点：一是小型；二是要求有柔性，即在装配和使用中，允许印制板有变形而不影响性能。如果说其他电子产品没有印制板，还可以用分立元件在基板上一个一个用导线连接成线路(早期电子产品就是这样做的)，那么对于手机来说是无法做到的。手机的空间太小，只能用集成电路技术和超小型印制板。如果没有这种技术，换言之，没有现代电子电镀技术，就没有袖珍手机，而只可能有像砖块一样大的对讲机。

手机对电镀技术的依赖还不止这些。我们知道手机的外壳、按键等都是塑料或橡胶等一次成形、大批生产的配件。还有一些更小的异形配件，都需要精密的模具才能加工完成，包括外壳上的纹理和一些细小的商标、触碰式开关的接点等。这些精细模具的制造，就是应用电镀技术中的另一个重要分支——电铸完成。

电铸是在预先用容易精密设计和制作的原型或称母型、模型上，用电镀的方法进行加厚电铸，然后将母型脱出，获得与母型外形完全一样的型腔模具的加工方法。这一方法是现代塑料制品模具制造大量采用的方法。手机特别得益于这一方法。对于更新换代极快速的产品，利用三维计算机设计技术获的产品外形，可以通过激光自动成

型机快速获得手板(样品样板),对这种样板进行电铸,就可以从而很快获得一个模腔,从而很快就可以投入小批量试产。手机业就正是这样做的,从手机机壳到后盖,从按键(图1-6)到功能框,以及各种小配件,全部都是采用电铸法制造模具,然后大量生产。这也是在现代制造技术的支持下,山寨手机可以迅速跟随正版手机面市的原因。

2. 现代电镀技术的应用

电镀技术发展到今天,已经成为非常重要的现代加工技术,电镀的功能性用途越来越广泛,尤其是在电子工业、通信、军工、航天等领域,大量采用了功



图1-6 电铸模生产的按键

能性电镀技术。电镀不仅仅可以镀出漂亮的金属镀层,还可以镀出各种二元合金、三元合金、四元合金;还可以制作复合镀层、纳米材料;可以在金属材料上电镀,也可以在非金属材料上电镀。这些技术的工业化应用是和电镀添加剂技术、电镀新材料技术在电镀液配方技术中的应用分不开的。

据不完全统计,现在可以获得的各种工业镀层已经达到60多种,单一金属镀层有20多种,几乎包括了所有的常用金属或稀贵金属。合金镀层有40多种,但是正在研究中的合金则达到240多种。合金电镀技术极大地丰富和延伸了冶金学里关于合金的概念。很多从冶金方法难以得到的合金,用电镀的方法却可以获得,并且已经证明电镀是获得纳米级金属材料的重要加工方法之一。除了合金镀层外,还有一些复合镀层也已经在各个工业领域中发挥着作用,如金刚石复合镀层用于钻具已经有很多年的历史了。现在,不仅是金刚石,碳化硅、氧化铝和其他新型硬质微粒也可以作为复合镀层材料而获得以镍、铜、铁等为载体的复合镀层。同时,除了硬质材料可以作为复合镀层材料,自润滑复合镀层也已开发成功,如聚四氟乙烯复合镀层、石墨复合镀层、二硫化钼复合镀等都已经成功地应用于各种机械设备。已经储备或正在研制的非常规用复合镀层就更多了,其中包括生物复合材料镀层、发光复合材料镀层、纳米材料复合镀层等。

对电镀技术的研究开发也不仅仅限于镀液、配方和添加剂。在电源、阳极、自动控制等物理因素的开发方面也有很大进步。

脉冲电源已经普遍用于贵金属电镀,磁场、超声波、激光等都被用来影响电镀过程,以改变电镀层的性能。专用产品的全自动智能生产线也有应用。更加环保的技术和设备也不断有专利出现。镀液成分自动分析添加系统已经开发并有应用实例。光亮剂、阳极材料等的自动补加也早已经有成熟的技术可以应用。

所有这些都证明,电镀技术不仅仅在现代工业产品表面防护和装饰中起着重要的作用,而且在获取或增强产品的功能性方面也发挥着重要的作用。尽管存在的环境保护方面的问题使电镀技术的应用受到某些限制,但要完全取代或淘汰电镀技术至少在当前是不可能的。而今后随着表面技术的进一步发展,相信电镀技术本身能够以更多的环保型技术和产品来改变目前电镀业存在的对环境有所污染的问题。

3. 电镀能获得的镀层及分类

① 电镀能获得的镀层见表 1-1。

表 1-1 电镀能获得的镀层

类别	可获得的镀层		备注
单金属 镀层	铝、锌、镍、铁、镉、锡、铅、铜、铬、银、金、铂、钌、铑、钯、钴、钛、钨、铼、锇、铋、砷、汞等		铝目前要在非水溶液中电镀
合金镀层	铜锌、铜锡、铜锡锌、锡钴、锡镍、镍铁、锌镍、锌铁、锌钴、锡锌、镉钛、锌锰、锌铬、锌钛、镉锡、锌镉、锡铅、镍钴、镍钯、镍磷、铬镍、铁铬镍、铬钼、镍钨、银镉、银锌、银铋、银铅、金钴、金镍、金银、金铜、金锡、金铋、金锡钴、金锡铜、金锡镍、金银锌、金银镉、金银铜、金铜镉银		
复合镀层	载体镀层	复合材料	载体镀层也就是复合镀层的金属基质镀层，复合材料分散在镀液中，通过电镀与载体镀层共沉积，成为复合镀层
	镍	氧化铝、氧化铬、氧化铁、二氧化钛、二氧化锆、二氧化硅、金刚石、碳化硅、碳化钨、碳化钛、氮化钛、氮化硅、聚四氟乙烯、氟化石墨、二硫化钼等	
	铜	氧化铝、二氧化钛、二氧化硅、碳化硅、碳化钛、氮化硼、聚四氟乙烯、氟化石墨、二硫化钼、硫酸钡、硫酸铈等	
	钴	氧化铝、碳化钨、金刚石等	
	铁	氧化铝、氧化铁、碳化硅、碳化钨聚四氟乙烯、二硫化钼等	
	锌	二氧化锆、二氧化硅、二氧化钛、碳化硅、碳化钛等	
	锡	刚玉	
	铬	氧化铝、二氧化铈、二氧化钛、二氧化硅等	
	金	氧化铝、二氧化硅、二氧化钛等	
	银	氧化铝、二氧化钛、碳化硅、二硫化钼	
	镍钴	氧化铝、碳化硅、氮化硼等	