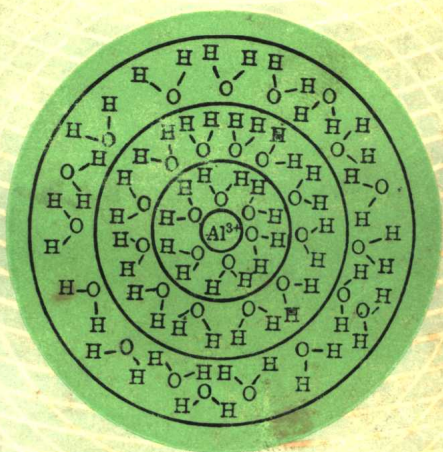


电 镀 技 术 基 础

青工自学读物



DIAN DU JISHU JI CHU



陈其忠 姚应心 编

内 容 提 要

本书共十七章，其中第一至十一章为化学、电化学、络合物、镀前和镀后处理等电镀基本知识及原理；第十二、十三、十四章着重介绍合金电镀、非金属材料电镀和复合电镀的特点及其加工方法；第十五章介绍镀液和镀层性能的测试方法；第十六章叙述电镀三废处理的常用方法；第十七章简要叙述电镀的新工艺、新技术。书后的附录，包含常用化学资料、常用电镀工艺、常用络合物及其常数、电镀技术的习题和解答等。

本书可供具有中学文化程度的电镀工人或电镀工艺人员自学之用，也可作为电镀技工学校、电镀培训班师生的参考书。

青工自学读物

电镀技术基础

陈其忠 姚应心 编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 江苏泗阳印刷厂印刷

开本787×1092 1/32 印张13.75 字数305,000

1984年12月第1版 1984年12月第1次印刷

印数：1—29,000

统一书号：15119·2351 定价：1.70元

序

电镀不仅能满足很多种类工业产品的防护或装饰要求，而且具有各种特殊功能的镀层还能满足电子工业和尖端技术等特殊的需要。可以毫不夸张地说，各行各业都迫切需要电镀技术来为它们服务。粗略地估计一下，全国直接从事电镀生产职工，目前约有几十万人。显然，这是一支对于许多行业都有着重要影响的队伍。

现今我们的电镀工业是薄弱的一环，电镀技术水平还远远不能适应生产的发展。矛盾集中表现在技术力量的不足。很明显，提高广大电镀工作者的科学技术水平是当务之急。除了大专院校积极培养技术人员之外，为广大电镀工人创造一些学习条件，出版一些便于工人同志们自学的电镀科技书刊，也是提高电镀职工素质的有效方法之一。两位作者在电镀工人培训讲义的基础上写成本书，是值得欢迎的。

统观全书，在编写上有独到的特点。首先，它并不是热衷于介绍一些具体的电镀配方，而是把注意力集中于电镀技术中经常碰到的一些重要的理论性概念性问题。这正是为提高电镀工人科技水平所迫切需要解决的。其次，它以很容易接受的方式和通俗易懂的语言来阐述比较复杂的概念，这就便于只具有中等文化程度的许多读者掌握电镀的基础理论知识。同时，它还结合一些实例，对生产中经常碰到的工艺问题进行剖析。这不但有助于初学者的深入理解，而且还可作为生产工艺上的参考。

11-10-12

总之，这是一本广大电镀工人殷切期待着的书。至于它能否很好地满足大家的要求，还有待于读者鉴定。但无论如何，这是一个好的开端，希望今后能有更多的这种类型书刊出版。

天津大学 郭鹤桐

编者的话

本书是在对电镀工人办了几期培训班后，在讲义的基础上经过较大的补充和整理后写成的。

电镀具有装饰金属制品，提高其抗蚀能力、耐磨性能等功效；根据产品要求，还能赋予它的基体原来不具备的多种特殊功能。塑料电镀问世以后，使非金属零件穿上了金光闪闪或色彩缤纷的盛装，进一步扩展了电镀的应用范围。可以说，上至人造卫星，下至日用五金，都有电镀的功绩。

近年来，我国的电镀工业又有了新的发展，技术工人队伍发生了新老交替的变化，新成员的比例增加。在这样的情况下，为了提高电镀产品质量和推广电镀新技术、发展电镀新品种，务需通过多种途径迅速提高职工的技术素质。然而不管哪条途径，共同的问题是需要合适的学习资料。编写适合青工学习的参考书，颇有为难所在。原因是电镀生产的操作虽然并不复杂，但它属于应用电化学范畴，而且涉及的知识面甚宽，要想入门必须懂得一些必要的化学、电学和电化学知识，还必须了解络合物等常识，而这些知识本身又是自成体系的专门化学科，若要单课攻克确非轻而易举之事。有感于此，我们在上海市徐汇区科学技术协会举办的电镀训练班讲课的基础上，特编写此书。目的是试图让读者以较少的时间，通过自学或在教师指导下，掌握上述各科一定的理论知识和电镀技术基础。

为便于青工借助本书自学入门，本书的编写既不同于一

般电镀工艺，又不同于专业教程，全书紧扣生产实际，以电镀工艺顺序为主线，深入浅出地阐明有关概念和原理，将理论性问题寓于其中，并举例剖析，以便读者理论联系实际。书后附电镀知识问答等资料，供读者查考。

本书共分十七章，其中第一至六章和第十、十一、十三、十四、十七章由陈其忠同志编写；第七、八、九、十二、十五、十六章由姚应心同志编写，并负责全书的统稿。

承蒙天津大学郭鹤桐教授在百忙中审阅了本书初稿，提了不少宝贵的意见，并热心地为本书撰写了序言，对此深表谢意。

对于书中错误或欠妥之处，敬请读者和同行批评指正。

目 录

序	1
编者的话	1
一、引子	1
二、话说电镀生产	4
(一)什么是电镀	4
(二)琳琅满目的电镀产品——镀层的分类	5
(三)电镀生产——流水线作业	7
三、电镀生产的原材料	10
(一)材料的分类	10
(二)酸、碱、盐	13
(三)添加剂	19
(四)表面活性剂是什么东西	24
(五)原材料的选择与使用	30
四、电镀生产的“龙头”——镀前处理	37
(一)从“会诊”想起	37
(二)零件镀前为什么要预处理	39
(三)金属零件镀前处理的步骤	41
(四)整平粗糙表面	41
(五)零件装饰前的“沐浴”	43
(六)一步法去油除锈	52
五、电镀溶液	56
(一)各种镀液显神通	56
(二)何谓溶液	57
(三)镀液组成及其对镀层的影响	59

(四) 镀液的配制和物质的溶解	63
(五) 溶液浓度的表示方法	66
(六) 电镀规范对镀层质量的影响	74
(七) 溶液的酸碱性	76
(八) 缓冲剂的缓冲作用	81
(九) 镀液的合理选择	83
六、 电镀与络合物	86
(一) 浊液为什么一下子变清了	86
(二) 络合物的定义	88
(三) 络合物的组成与结构	89
(四) 配位原子与配位数	90
(五) 络离子所带的电荷与它的命名法	92
(六) 电镀溶液中的“蟹”	93
(七) 络合物稳定性的标志	97
(八) 络合物在电镀中的贡献	98
(九) 镀液中一些常用络合物的形成过程	101
(十) 络合剂的选择与使用中应注意的问题	106
七、 电镀与电的关系	110
(一) 两类不同导体的结合	110
(二) 欧姆定律在电镀中的应用	111
(三) 电镀的基本计算	118
(四) 电镀中的双极性现象	123
(五) 间歇性电镀和变极性电镀	126
八、 电沉积和电化学	131
(一) 一对孪生兄弟——电压和电流	131
(二) 电极电位的奥妙	132
(三) 电极的极化	140
九、 电流和镀层在零件表面的分布	157
(一) 几何形状对电流在零件表面上分布的影响	158
(二) 电化学因素对镀液分散能力的影响	161

(三)其他因素对分散能力的影响	166
(四)均匀镀层的获得	167
十、镀液中杂质的影响及去除	168
(一)镀液中杂质的来源	168
(二)镀铜液杂质的影响和去除	169
(三)镀镍液杂质的影响和净化方法	173
(四)废铬酸液的复苏	176
(五)杂质对镀锌液的危害与消除	182
十一、电镀生产的“龙尾”——镀层的后处理	186
(一)镀层后处理的重要性	186
(二)镀层后处理的要求	187
(三)镀锌层的后处理	188
(四)银镀层的变色与防止	199
(五)镀亮铜后与镀镍前的处理	204
(六)其他镀层的后处理	207
(七)不良镀层的退除	211
十二、合金电镀	216
(一)合金电镀和合金镀层的特点、分类及其应用	216
(二)合金电镀的一般规律	218
(三)电镀合金时常见的几种极化曲线	225
(四)影响合金镀层组成的因素	227
(五)合金电镀的阳极	232
(六)解剖一只麻雀——镀黄铜	233
(七)不是黄金胜似黄金的仿金镀层	240
(八)镍-铁合金的奥妙	244
(九)电镀锌、镍、铁三元合金	249
十三、非金属电镀	255
(一)非金属电镀金属层的优点	255
(二)非金属材料为什么能电镀	256
(三)塑料的种类和可镀塑料的选择	257
(四)影响塑料电镀的因素	259

(五)塑料化学镀工艺	262
(六)非金属电镀的应用	268
十四、复合电镀浅说	271
(一)复合电镀的含义与特征	271
(二)复合镀层的获得	272
(三)复合镀层的沉积机理	273
(四)复合镀层的用途	277
十五、镀液和镀层性能的测试	280
(一)镀液性能的测试	280
(二)镀层性能的测试	292
(三)梯形槽试验	319
十六、电镀三废的治理	327
(一)各类有毒物质对人体的危害	327
(二)各类废水的最高允许排放浓度	323
(三)各类废水的处理	329
(四)镀贵金属的废水处理	367
(五)电镀废气的处理	369
十七 电镀的新工艺、新技术和发展趋势	374
(一)自动化和生产组织形式的发展	374
(二)新技术、新工艺的开发和应用	375
(三)功能性电镀的研究	380
(四)局部电镀和化学镀	380
附录	384
1. 常用镀层的特性及应用范围	384
2. 一些电镀常用药品的名称、分子式及分子量	390
3. 一些金属离子的常用络合剂	395
4. 络离子的不稳定常数	396
5. 常用电镀工艺规范	402
6. 电镀基本知识问答	421
主要参考文献	429

一、引 子

现在，你是电镀工作者了。电镀这个工作很有意义。在许多领域里，电镀以它特有的出色本领，为人们作出了卓越贡献。生活、工作和生产，各方面都有它的功绩，几乎人人都领略过电镀的成果。这样说，并不言过其实，夸大其词。只是因为世界上事情，往往习以为常之后，也就不以为然了。其实，环顾一下四周，或者稍事思索，不难数点出一大串电镀器件来，为它“评功摆好”。

从小小的缝衣针开始，以至衣食住行，何处不见电镀？衣服上的金属钮子、腰间的皮带环扣、金属餐具等等，如果没有电镀，就会被铁锈、铜绿沾污得令人厌恶。自行车这一方便、经济的代步工具，要不是电镀把它打扮得光亮闪闪，恐怕不会这样惹人喜爱，且要不了多久，将会轮圈烂穿、钢丝条辐锈断，那就令人烦恼了。随着电子工业的发展，拥有收音机、录音机、电视机的家庭越来越普遍了，工作之余，听听音乐，看看节目，可以驱除疲劳，陶冶情操。但别忘了，是电镀为这些视听工具增添了造型上的优美，否则它们哪有如此富丽堂皇。

说到文化娱乐，不妨把视线移到舞台上寻找一下电镀的“行踪”。有的演员，依照角色的需要，服饰珠光宝气。这里大可不必动用真金去制作道具，现代电镀技术可以以假乱真，电镀仿金产品在舞台应用起来，效果确有不是真金胜似金的妙处，完全能够满足要求的舞台效果。再有，戏曲演员操刀舞剑，刀光剑影强烈地烘托出演员的高超武功，渲染了艺术效

果。如果不是刀剑上有光亮镀层,而是斑斑锈迹,艺术效果就大为逊色了。

器具上的光亮镀层,并不只有好看的作用。例如,外科医生用的手术器械,有许多也是经过电镀的,这样可以避免生锈,从而保障了手术安全,是医疗工作上的需要。

电镀的装饰和防护功能,在生产上的应用也极为广泛。以解放牌载重汽车为例,每一辆车子零部件的受镀面积有10平方米左右,除了好看以外,其中大量的的是为了防止外露金属结构和紧固件锈蚀。金属锈蚀为害非浅。根据美国国家标准局(NBC)和BOL实验室最近发表的调查资料,美国在1975年的腐蚀损失,约为700亿美元。在工业发达国家中,腐蚀造成的直接经济损失,约占每年国民经济总产值的1~4%;每年因腐蚀而变为废铁的数量,约是钢铁年产量的10~20%;钢铁制造的设备,每年约有30%因腐蚀而报废。腐蚀不仅浪费大量金属材料,更严重的是关键零部件或关键机构腐蚀之后,会导致整机失灵,甚至酿成严重事故,例如飞机失事、轮船海损、战场军事设备失效,造成的生命财产损失无法估量。由此可见,作为防腐蚀手段之一的电镀,它的作用显然很为重要。

电镀更有奇妙的重要功用,这是所谓功能电镀。象防护-装饰镀层、焊接镀层、导电镀层、磁性镀层、减摩镀层、耐磨镀层等等,在电子设备、精密仪表、电子计算机以及其他尖端技术领域中,应用很为广泛,而且起着重要作用。

凡此种种,还只是列举了电镀功绩的点滴,但已足见电镀在日常生活和国民经济中显著地位。所以,我们作为电镀工作者,应该有自豪感,热爱自己的工作,努力学习掌握电镀技术。

电镀是一门综合性的应用科学,技术性很强。在生产中,镀层的形成过程看不见,摸不着,从蓝色的溶液中,可镀出玫瑰红的铜镀层;从深绿色的溶液中,可镀出光亮的镍镀层;镀层有的光亮致密,有的虽然疏间无光,但却别具风雅,再或金光灿灿、色彩缤纷。真是奥妙无穷,变幻多端。但是,电镀也是有规律性的,经过学习和钻研掌握以后,优质的电镀层就由你的双手生产出来。如果不去学习钻研,停留在似是而非的一知半解程度上,那么出了电镀故障,真叫你“丈二和尚摸不着头脑”了。

你要当一名既善操作又懂原理的电镀技工,请阅读本书,也许对你有所帮助的。

二、话说电镀生产

(一) 什么是电镀

在金属制件表面上获得金属镀层有很多方法，最早的鍍金，后来的热浸镀，近百年来发展起来的电镀、化学镀、真空镀膜、离子镀、热喷镀等。电镀是应用得最广的金属涂覆工艺。

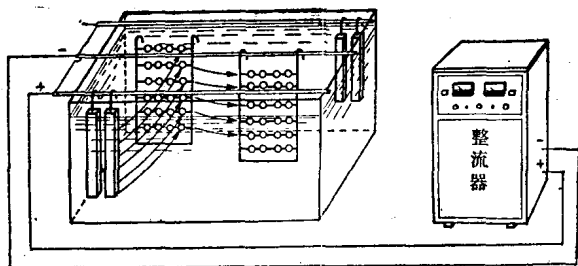


图 2-1 电镀生产模型

什么是电镀？电镀就是借助外界直流电的作用，在电镀溶液中使黑色金属、轻金属（如铝、铝合金、锌合金）或非金属穿上五光十色、绚丽多彩、性能各异的金属外衣的过程。

如图 2-1 所示那样，整流器以直流电供给镀槽，镀槽中含有电镀某金属的离子溶液，镀槽的两旁放有该金属的阳极（或不溶性阳极），镀槽中间设置一阴极；直流电从整流器的正极流出，通过导线与阳极棒接通，电流再从阳极流出，通过电镀溶液、流进被镀零件，由挂具把电流汇流到阴极棒，然后电流经导线回到整流器的负极。

根据产品对镀层的要求和镀液本身的工艺性能，对被镀

零件施以一定的电流密度,并通电一定时间,便能得到一定厚度的电镀层。

(二) 琳琅满目的电镀产品——镀层的分类

这是镀锌彩色钝化产品,那是镀锌白色钝化产品,锌镀层的主要功能是防护;这些自行车、缝纫机、钟表、电风扇等日用品所用的镀层,属多层镀覆产品,表面上镀的是铬,俗称克罗米,功能是防护装饰;那些镀金、镀银器件,电子工业上应用最为广泛;这银白色的产品不是镀银层,而是铅-锡镀层,主要用于焊接;这是对微波、长波显示具有优良屏蔽性能的新型材料——化纤镀金属导电布……如果你进入电镀样品陈列室,展现在眼前的电镀“家族”,竟是如此光彩夺目、群星璀璨的大千世界。

电镀“家族”名目繁多,目前工业生产中能镀覆的金属和合金有三十多种。虽然如此,但归纳一下,也不难理出它的“家谱”宗支。

1. 按镀层的作用分

(1) 防护性镀层 是指应用于大气或其他环境下防止基体金属腐蚀的镀层。例如铁制品镀锌、镀镉或镉-钛合金等。

(2) 防护装饰性镀层 是指应用于大气条件下,使基体金属既防腐蚀又具有美观的镀层。例如铁制品上镀铜/镀镍/镀铬等多层镀覆体系。

(3) 修复性镀层 是指应用于已经被磨损的零件(如轴承、轧棍等)局部或整体加厚修复的镀层。例如镀硬铬、镀铁或镀铜等。

(4) 特殊要求镀层 是指应用于某些特殊要求的制品表

面上的镀层。常见的有以下十种:

- ① 耐磨镀层,如镀硬铬、镀铁;
- ② 减摩镀层,如镀锡、钴-锡合金及银-锡合金、铅-锡合金等;
- ③ 反光镀层,如镀银、镀装饰铬等;
- ④ 防反光镀层,如镀黑镍、黑铬等;
- ⑤ 导电镀层,如镀银、金、金-钴合金等;
- ⑥ 导磁镀层,如镀镍、镀镍-铁合金、镍-钴-磷合金等;
- ⑦ 热加工镀层,如防渗碳镀铜等;
- ⑧ 抗氧化镀层,如镀铬、镀铂-铑合金等;
- ⑨ 耐酸镀层,如镀铅等;
- ⑩ 焊接镀层,如镀锡、铅-锡合金等。

2. 按镀层与基体金属的电位分

(1) 阳极性镀层 是指在一定条件下,镀层的电位负于基体金属的电位的一种镀层。例如,大气条件下使用的铁制品表面的镀锌层;海洋条件下使用的铁制品表面的镀镉层;有机酸环境下使用的铁制品表面的镀锡层等等。

这类镀层覆盖在金属制品表面,既有隔离介质的机械保护,又有电化学保护作用,所以多数作为防护性镀层。

(2) 阴极性镀层 是指在一定条件下,镀层电位正于基体金属电位的一种镀层。例如,在大气条件下使用的铁制品表面镀铜、镍、铬或金、银、锡、铅-锡、铜-锡合金等镀层。

这类镀层覆盖在金属的表面,仅起隔离介质的机械性保护,防护作用较差,只有使得镀层足够厚、镀层的孔隙率尽量减少时,才有较好的防护作用。

常用镀层的特性及应用范围见附录1。

(三) 电镀生产——流水线作业

现代化的电镀厂或电镀车间如图 2-2 所示。当你一走进作业车间,举目便望到穿梭似的生产流水线,行车按照指定的程序自动地上、下、前、后来回行驶。操作工人已经扔掉了过去手工作坊生产的“七斤半”^{*}。控制室内,电视跟踪着自动行车的运行,穿着洁净工作服的操作者,注视着控制台上的指示灯,时而又注视一下电视屏幕上所显示的流水线作业。被镀毛坯零件装上挂具,经过自动线作业的各工序之后,便得到合格的镀层。

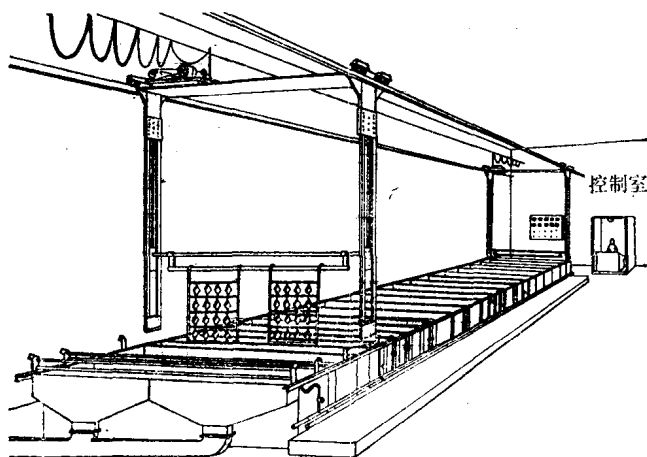


图 2-2 电镀生产流水线

你们不禁要问,毛坯零件要经过哪些工序方能得到合格镀层呢?电镀生产工艺过程,无论是自动线作业,还是手工方

^{*} “七斤半”是指电镀工人所戴的劳动保护用品橡皮围裙、长统耐酸鞋和橡皮手套的总重量。