

初级职业技术教育培训教材

电镀 基础知识

初级职业技术教育培训教材编审委员会主编



上海科学技术出版社

初级职业技术教育培训教材

电 镀 基 础 知 识

初级职业技术教育培训教材编审委员会主编

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书是一本全面论述电镀原理和电镀工艺的基础教材。全书具体介绍了镀铜、镀镍、镀铬、镀锌、合金电镀、塑料电镀的原理和方法,并对电镀废水处理和镀层质量检验也作了较详细的阐述。本书内容充实,文字深入浅出,所介绍的各种电镀工艺简便、实用,对当前工业生产有实际意义。本书可作为具有初中文化程度的电镀工技术培训教材,尤其适用于乡镇企业电镀工人和军地两用人才的短期培训,对于其他工种的工人业余自学电镀知识也有很大的参考价值。

初级职业技术教育培训教材编审委员会

主	任	沈锡灿				
副	主	任	姜耀中	魏延堂	杨基昌	彭连富
			徐福生	李新立	李瑞祥	周禹
委	员		陈家芳	谢锦莲	龚刚	贺季海
			徐荣生	周仁才	李彬伟	李远
			钱华飞	张德烈	施聘贤	韩强忠
本书编写者		陈天麟				
本书审稿者		毛国强	叶耀辉			

前 言

从根本上说,科技的进步,经济的振兴,乃至整个社会的进步,都取决于劳动者素质的提高和大量合格人才的培养。进一步加强职业技术教育,培养大批合格的技术工人,迅速提高劳动者素质,努力发展生产力,已成为国家经济建设中的当务之急。

为了适应经济建设发展的需要,方便大批初级技术工人的培训,由上海市劳动局、上海市农机局、上海市经委教育处、上海市成人教委办公室、上海市军民共建共育领导小组办公室、上海警备区政治部、海军上海基地政治部和上海科学技术出版社等有关单位和部门组成教材编审委员会,组织编写了一套初级职业技术教育培训教材,计有:文书工作必读、机械工人基础知识、车工基础知识、钳工基础知识、电工基础知识、维修电工基础知识、电工操作技能、电子工人基础知识、电镀基础知识、油漆施工常识、化工基础知识、服装裁剪、服装缝纫、羊毛衫编织、电视机修理、收录机修理、电冰箱修理、汽车驾驶、汽车修理、汽车构造、汽车电器、柴油机修理等。

这套培训教材是本着改革的精神,贯彻落实先培训后就业,先培训后上岗的原则,以部颁初级技术等级标准为依据。并考虑了上岗必须具备的技术基础要求进行编写的。在内容上遵循理论联系实际的原则,力求由浅入深,讲究实用,着眼于打基础。

这套教材适用于培养具有初中文化程度的技术工人,尤

其适用于乡镇企业工人和军地两用人才的短期培训。

由于组织编写初级职业技术教育培训教材缺乏经验，加上撰写时间仓促，书中难免有错漏之处，敬请使用者提出批评和改进意见。

初级职业技术教育培训教材编审委员会

一九八八年十一月

绪 言

电镀是利用电化学的方法对金属和非金属制品进行表面加工的一种工艺，其实质是给金属和非金属制品穿上一件金属的“外衣”。这层金属“外衣”就叫做电镀层。但是，这件“外衣”并不是固定不变的，它随着制品的使用地点、条件以及承担的任务不同而改变。根据制品的使用要求，利用电化学的方法可以给金属或非金属制品穿上各种不同性能的金属“外衣”。这些金属“外衣”主要有如下面的作用：

- (1) 改善(提高)金属表面的抗腐蚀性能。
- (2) 改善金属和非金属制品表面的机械性能。
- (3) 赋予制品表面以特殊的物理性能。
- (4) 对制品表面施以装饰性外观。

金属镀层的应用在近代已经遍及国民经济的各个生产和科技领域，例如，机器制造业、无线电通讯业、精密仪器业、国防工业(兵器、飞机、火箭、宇宙航行)、交通运输业，以及轻工业系统等。据不完全统计，当前在全国正式投入生产的单一金属和合金镀层已达三十余种。

金属镀层的分类方法不是固定不变的。可以按照镀层的应用范围来分类；也可以按照镀层与基体金属间的电化学关系来分类。

各种镀层的应用范围与它的物理、化学性质有关。就镀层的使用目的来看，可以把金属镀层分为下述几种：

1. 防护性镀层

该镀层主要用于防止金属制品或组合件锈蚀，故应根据制品材料、使用环境及工作条件的具体情况，选用不同的金属镀层。如黑色金属制品在一般大气条件下可以用镀锌层来保护，在海洋性气候条件下可以用镀镉层保护。当要求镀层薄而抗腐蚀能力强时，可以选用镉锡合金来代替单一的锌或镉镀层，特别对一些紧固件的防护，采用这种镀层是较理想的。另外，对某些由铜合金制造的海洋仪器，使用银镉合金镀层则更适合些。对于接触有机酸的黑色金属制品（如食品容器），则应选用镀锡层，它不仅防锈力强，且产生的腐蚀产物对人体无害。

2. 防护-装饰性镀层

它要求镀层不但能防止制品腐蚀，而且应能赋予制品某种经久不变的光泽外观。这类镀层的使用量很大，且多为多层镀覆即首先在基体上镀上“底”层，而后再镀“表”层，有时甚至还有“中间”层。其所以如此，是因为很难找到一个单一的金属镀层能同时满足防护-装饰的双重要求。某些金属镀层虽然防腐能力强，但它在使用条件下不能经久保持光泽，而且经久质软，易磨损；另一些金属镀层虽然防腐能力较差，但它能赋予制品外表悦目的光泽，且不易磨损，在使用条件下这种光泽外观可以经久不变，因此，人们在长期生产实践中发现并利用了它们彼此的长处，对其进行一定的搭配使用，这就弥补了各自的缺陷，从而得到了既抗蚀又光泽耐磨的多层防护-装饰性镀层。如我们常见的小汽车、自行车、钟表等产品上的外露光泽镀层均属此类。国内生产中常用铜锡合金做底层，它的防腐能力较强但易氧化变色；为此在其上再镀一层光亮铬，具有经久不变的银蓝光泽，且耐磨。此外，采用镀锌铜合金-铬、镀铜-镍-铬等多层的不少，某些贵重制品也常使用金或铑

镀层来防护-装饰外观。

3. 耐磨和减摩镀层

前者是借提高制品表面硬度以增加它的抗磨损能力，在工业上多采用镀硬铬。如一些大型直轴和曲颈、印花辊的辊面、发动机的汽缸和活塞环、冲压模具的内腔等；后者多用于滑动接触面，在这些接触面上镀上能起固体润滑剂作用的韧性金属(减摩合金)就可以减少滑动摩擦。这种镀层多用在轴瓦或轴套上，计有锡、铅锡合金、银铅合金、铟铅合金以及铅锡铋三元合金等。

4. 热加工用镀层

不少机械零件为了改善它的表面物理性能，常常需要进行热处理。但对一个部件来讲，某些部位不允许改变它原来的性能，那就要把它局部保护起来。如防止局部渗碳要镀以铜，防止局部渗氮要镀以锡。另外，有些无线电零件在组装时要进行钎焊，为此目的要镀以锡、铜或银。

5. 导电性镀层

在无线电及通讯技术中大量使用能提高基体表面导电性能的镀层。一般有镀铜、镀银，同时要求耐磨的常镀以银铋合金、银金合金和金钴合金等；另外，在高频波导生产中大都采用镜面光泽的镀银层。

6. 磁性镀层

在录音机及电子计算机等设备中，录音带、磁环线、磁鼓等储存系统均使用磁性材料，目前多采取电镀法来满足这方面的要求。当电镀工艺参数改变时，镀层的磁性参数可以调整。常用的电沉积磁性合金有镍铁、镍钴、镍钴磷等。

7. 高温抗氧化镀层

不少尖端技术需使用高熔点的金属材料制造特殊用途的

零件,但这些零件在高温下容易氧化(高温腐蚀)而损坏。如转子发动机内腔就需要用镀铬来防护,喷气发动机转子叶片也采用铬合金镀层。在更特殊场合,甚至采用铂铑合金镀层做高温抗氧化层。

8. 修复性镀层

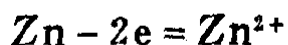
一些重要的机械零部件磨损以后可以采用电镀法予以修复。如汽车拖拉机的曲轴、挑轮轴、齿轮和花键、纺机的压辊、深井泵轴等都可进行电镀修复。用于修复性的镀层有铜、铁、铬等。

9. 其它镀层

为了增加钢丝和橡胶热压时的粘合性,可给钢丝镀以黄铜(铜锌合金)。为了抵抗硫酸和铬酸的腐蚀而镀以铅。为了增加反光能力而镀以铬、银、高锡青铜等。

从防止金属腐蚀的角度来看,尤其对钢铁制品而言,应特别注意镀层金属与基体金属间的电化学关系,这对正确选择镀层是十分重要的。将任何一种金属镀到钢铁制品表面时,根据镀层和基体间的电化学关系,可以把金属镀层分做两大类:阳极性镀层与阴极性镀层。前者如铁上镀锌;后者如铁上镀锡。

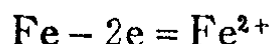
就铁上镀锌而言,由于锌的标准电位比较负,当镀层有缺陷(针孔、划伤等等)露出基体时,如有水汽凝结于该处,则铁、锌电偶就形成了图 1-a 所示之腐蚀电池。此时锌作为阳极而溶解:



而铁作为阴极, H^+ 在其上放电而逸出氢气,铁并不遭受腐蚀。因此,我们把这种情况下的锌镀层叫“阳极镀层”。阳极镀层在致密无孔时对基体起机械保护作用,当镀层破损时它

对基体起电化学保护作用。从防止黑色金属腐蚀的角度看，应尽可能选用“阳极镀层”。

若把锡镀在钢铁制品上，当镀层有缺陷时，如图 1-b 所示。在铁锡电偶中，锡的标准电位比铁正，它是阴极，因而腐蚀电池的作用将导致铁阳极溶解：



氢气在做为阴极的锡上析出。这样一来，镀层尚存而镀层下面的基体却逐渐被腐蚀坏了。因此，阴极镀层只有当它完整无缺时（无针孔）才对基体有机械保护作用；一旦镀层被损伤后，它不但保护不了基体，反而起了加速其腐蚀的作用。

金属的电位随着介质的不同而发生变化，因而镀层究竟属“阳极镀层”还是“阴极镀层”，需要视它所处的介质环境而定。锌对铁而言，在一般条件下是典型“阳极镀层”，但在 70~80℃ 的热水中，它的电位却变得比铁正了，因而成了“阴极镀层”。再如，锡对铁而言，在一般条件下是“阴极镀层”，但在有机酸中却成了“阳极镀层”。

值得注意的是，并非所有电位比基体金属电位负的金属都可以做为防护性镀层，有时尽管它是“阳极镀层”，但若其本身在所处的介质中不安定，则它将迅速被介质所破坏，因而失去了对基体的保护作用。锌在大气中是黑色金属很好的防护性镀层，它既是“阳极镀层”，又能本身形成碱或碳酸锌 $[\text{ZnCO}_3 \cdot 3\text{Zn}(\text{OH})_2]$ 保护膜，因而很安定；但是在海水中，锌对铁而言虽仍是“阳极镀层”，但由于它在氯化物溶液中不安定，会很快被破坏，从而失去了保护作用，因此，海洋仪器都不用锌镀层防护。

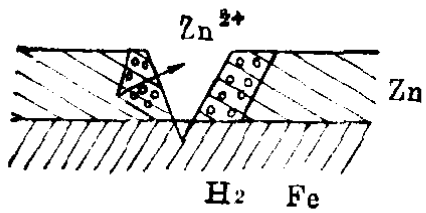


图 1-a

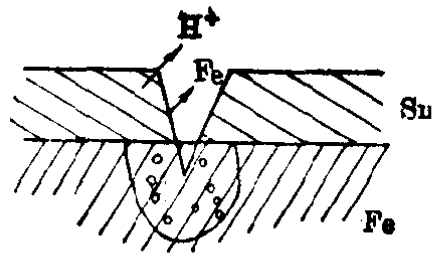


图 1-b

习 题

1. 电镀的目的是什么?
2. 什么叫阴极性镀层和阳极性镀层?举例说明?
3. 在海洋性气候条件下使用的防护镀层采用什么金属镀层比较好?接触食品的金属应镀什么镀层?
4. 为什么防护-装饰镀层都采用多层复镀?

目 录

绪 言	1
第一章 电镀基本原理	1
第一节 电化学基本知识	1
第二节 阴极上镀层的分布	16
第三节 电镀的工艺过程	25
第二章 金属制品的镀前处理	27
第一节 机械处理	28
第二节 除油	33
第三节 浸蚀	40
第三章 镀铜	47
第一节 氰化镀铜	48
第二节 焦磷酸盐镀铜	54
第三节 酸性镀铜	62
第四节 不良铜镀层的退除	69
第四章 镀镍	71
第一节 普通镀镍	72
第二节 光亮镀镍	77
第三节 多层光亮镀镍	84
第四节 不良镀层的退除	86
第五章 镀铬	88
第一节 防护-装饰性镀铬	89
第二节 耐磨性镀铬	93

第三节	其他镀铬	95
第四节	不良镀层的退除	96
第六章	镀锌	98
第一节	氰化物镀锌	98
第二节	无铵氰化物镀锌	102
第三节	铵盐镀锌	105
第四节	碱性锌酸盐镀锌	109
第五节	镀后处理	112
第七章	合金电镀	116
第一节	电镀铜锡合金	116
第二节	电镀铜锌合金	121
第三节	不良镀层的退除	123
第八章	塑料电镀	126
第一节	塑料电镀	126
第二节	不良镀层的退除	136
第九章	电镀废水处理	138
第一节	镀铬废水的处理	140
第二节	含氰废水的处理	143
第三节	含镍废水的处理	144
第四节	电镀混合废水的处理	146
第十章	镀层质量的检查	148
第一节	外观检查	148
第二节	镀层质量要求	149
第十一章	安全技术	154

第一章 电镀基本原理

第一节 电化学基本知识

一、电镀溶液导电机理

(一) 两类导电体

电镀是将直流电流通过电镀溶液而在阴极(即镀件)上镀出金属的过程。显然,电镀溶液必须是导电的。从图 1-1 可以看出,从整流器至两个电极间的导电体是金属导线,阴极与阳极之间的导电体是电镀溶液。金属与电镀溶液是具有两类不同性质的导电体。我们通常把导电体,按它们导电的性质和导电时伴随发生的现象,分为二类:

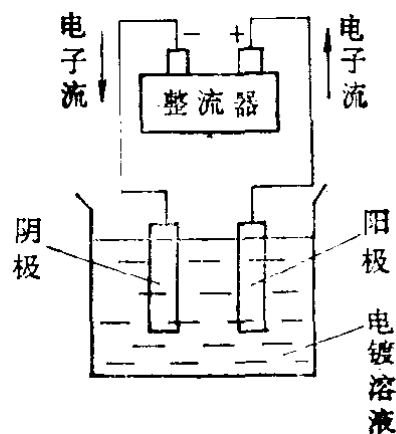


图 1-1

1. 第一类导电体。这类导电体的导电是凭借物质中自由电子的运动。电流在此类导电体中通过时,导电体本身并不发生任何化学变化,也无显著的物质迁移。属于这类导电体的物质包括所有的金属、合金以及少数其它物质,如石墨、二氧化铅等。

2. 第二类导电体。属于这类导电体的是电解质的熔融态或溶液。此类导电体的导电是凭借阴、阳离子的运动。在

导电过程中, 溶液的浓度发生变化, 也就是产生了物质的迁移, 同时在两极上发生物质的氧化反应或还原反应。

(二) 电镀溶液导电机理

电镀溶液是第二类导电体。为了进一步了解电镀溶液的导电机理, 现论述离子的迁移和电极反应。

1. 离子的迁移

不论那一类电镀溶液都是由电解质配成的。除了主盐必须是电解质外, 其它的附加料多数也是电解质。这些电解质溶于水后, 离解成水化阳离子和水化阴离子。例如: 镀镍溶液中的主盐硫酸镍在水中离解为水化的镍离子和水化的硫酸根离子, 可用如下的简化反应方程式表示:



当把二根金属电极插入硫酸镍溶液, 并在两极上施加直

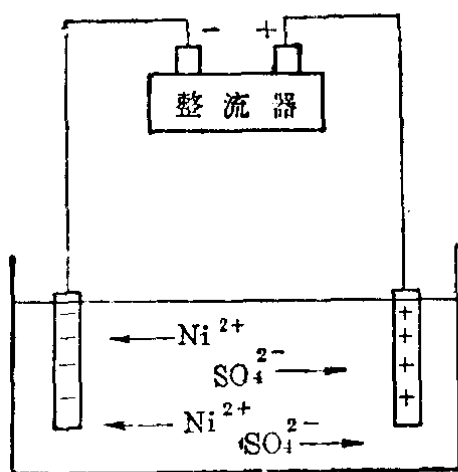


图 1-2

流电压时, 如图 1-2 所示。与电流正端相接的那个电极就带有正电荷(阳极); 与电源负端相接的那个电极就带有负电荷(阴极)。根据异性电荷相吸、同性电荷相斥的原则, 溶液中的镍离子 Ni^{2+} 就往阴极移动, 硫酸根离子 SO_4^{2-} 就往阳极移动。这种阴阳离子在外电

场作用下有秩序的定向运动构成了电解质溶液导电机理之一。当没有外电场时, 这些离子也在溶液中运动, 但这是无秩序的运动; 当有外电场作用时, 离子虽然基体上还是无秩序运动, 但向某一方向移动却显得突出, 这就是阴离子向阳极的移动和阳离子向阴极的移动。

离子在电场作用下的定向运动叫做离子的迁移(电迁移),离子的迁移速度与离子的本性、所带的电荷以及外界电压、溶液浓度、温度等均有关系,表 1-1 列出了一些离子的绝对速度。从表中可以看出, H^+ 与 OH^- 为离子中迁移速度最快的二个,这也就说明了强酸性与强碱性溶液为什么是导电性最好的电解液。所以,酸性镀铜液、镀铬液,碱性镀锡液、氰化镀锌液是电镀溶液中导电性较好的镀液。

表 1-1 离子的绝对速度(厘米/秒)(电位梯度为 1 伏/厘米)

阳 离 子		阴 离 子	
H^+	0.00326	OH^-	0.0018
K^+	0.000668	SO_4^-	0.000703
Ag^+	0.00056	Cl^-	0.000681
Cu^{++}	0.000476	NO_3^-	0.000631
Na^+	0.000451	CH_3COO^-	0.000356

从表 1-1 的数据来看,离子迁移速度极为缓慢。事实上,溶液中的离子,除了电场的作用而迁移外,还有其他形式的运动,如扩散、对流等来补充迁移的不足。

金属导电体的导电程度通常以电阻(R)表示,但是电解质导电体的导电程度则常用电导(L)表示。电导是电阻的倒数,所以,根据欧姆定律:

$$R = \frac{V}{I}$$

式中 R ——电阻;
 V ——电压;
 I ——电流。