

81.351
237

中华人民共和国机械工业部统编

机械工人技术培训教材

电 镀 工 工 艺 学

(中 级 本)

科学出版社

本书是机械工业部统编机械工人技术培训教材之一。它是根据原一机部《工人技术等级标准》和教学大纲编写的。主要内容包括：金属的腐蚀、电镀层的选择、电镀基础、镀前处理、常用镀种、电镀合金、钢铁的氧化和磷化处理、铝件阳极氧化、塑料电镀、镀层质量的检验、电镀的“三废”治理、电镀设备和工夹具、电镀液的化学分析、安全技术和生产技术管理等。其中以叙述电镀基础理论知识、常用电镀工艺和镀层质量的检验为主。

本书可作四至六级电镀工人技术理论培训教材，也可供从事电镀工作的技术人员参考使用。

本书由欧阳鑫、寿伯春、朱金南、杨一之等同志编写，经郑纯涛同志审查。

中华人民共和国机械工业部统编
机械工人技术培训教材
电 镀 工 工 艺 学
(中 级 本)

责任编辑：张静韵

*

科学普及出版社出版（北京海淀区白石桥路32号）
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
人民卫生出版社印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米 1/16 印张：19³/₄ 字数：467 千字

1984年10月第1版 1984年10月第1次印刷

印数：1—2.85元

统一书号：1505 号：0830

对广大工人进行比较系统的技术培训教育，是智力开发方面的一件大事，是一项战略性的任务。有计划地展开这项工作，教材是关键。有了教材才能统一培训目标，统一教学内容，才能逐步建立起比较正规的工人技术教育制度。

教材既是关键，编写教材就是一件功德无量的事。在教材行将出版之际，谨向为编写这套教材付出辛勤劳动的同志们致以敬意！

机械工业部第一副部长

杨 铨

一九八二年五月

前 言

为了更好地落实中共中央、国务院《关于加强职工教育工作的决定》，对工人特别是青壮年工人进行系统的技术理论培训，以适应四化建设的需要，现确定按初级、中级、高级三个培训阶段，逐步地建立工人培训体系，使工人培训走向制度化、正规化的轨道，以期进一步改善和提高机械工人队伍的素质。我们组织了四川省、江苏省、上海市机械厅（局）和第一汽车厂、太原重型机器厂、沈阳鼓风机厂、湘潭电机厂，编写了三十个通用工种的初级、中级的工人技术培训教学计划、教学大纲及其教材，作为这些工种工人技术理论培训的统一教学内容。

编写教学计划、教学大纲及其教材的依据，是原一机部颁发的《工人技术等级标准》和当前机械工人队伍的构成、文化状况及培训的重点。初级技术理论以二、三级工“应知”部分为依据，是建立在初中文化基础上的。它的任务是为在职的初级工人提供必备的基础技术知识，指导他们正确地使用设备、工夹具、量具，按图纸和工艺要求进行正常生产。中级以四、五、六级工“应知”部分为依据，并开设相应的高中文化课，在学完了初级技术理论并具有一定实践经验的工人中进行。它的任务是加强基础理论教学，使学员在设备、工夹具、量具、结构原理、工艺理论、解决实际问题 and 从事技术革新的能力上有所提高（高级以七、八级工“应知”部分为依据，这次未编）。编写的教材计有：车工、铣工、刨工、磨工、齿轮工、镗工、钳工、工具钳工、修理钳工、造型工、化铁工、热处理工、锻工、模锻工、木模工、内外线电工、维修电工、电机修理工、电焊工、气焊工、起重工、煤气工、工业化学分析工、热工仪表工、锅炉工、电镀工、油漆工、冲压工、天车工、铆工等工艺学教材和热加工的六门基础理论教材：数学、化学、金属材料及其加工工艺、机械制图、机械基础、电工基础。

在编写过程中，注意了工人培训的特点，坚持了“少而精”的原则。既要理论联系实际，学以致用，又要有理论的高度和深度；既要少而精，又要注意知识的科学性、系统性、完整性；既要短期速成，又要循序渐进。在教学计划中对每个工种的培养目标，各门课程的授课目的，都提出了明确的要求，贯彻了以技术培训为主的原则。文化课和技术基础课的安排，从专业需要出发，适当地考虑到今后发展和提高的要求，相近工种的基础课尽量统一。

这套教材的出版，得到了有关省、市机械厅（局）、企业、学校、研究单位和科学普及出版社的大力支持，在此特致以衷心的感谢。

编写在职工人培训的统一教材，是建国三十年来第一次。由于时间仓促，加上编写经验不足，教材中还难免存在不少缺点和错误，我们恳切地希望同志们在试行中提出批评和指正，以便进一步修改、完善。

机械工业部工人技术培训教材编审领导小组

一九八二年五月

目 录

第一章 金属的腐蚀	1
第一节 腐蚀的分类	1
第二节 防止金属腐蚀的方法	3
第二章 电镀层的选择	5
第一节 电镀的作用及对电镀层的要求	5
第二节 各种镀层的性质及用途	7
第三章 电镀基础	11
第一节 电化学概念	11
第二节 金属的电沉积过程	15
第三节 电解液性质对电沉积层结构的影响	16
第四节 影响镀层质量的因素	18
第五节 阳极对镀层的影响	21
第六节 其它因素对镀层的影响	22
第七节 镀层在阴极表面的分布	24
第四章 镀前处理	29
第一节 概述	29
第二节 机械方法	29
第三节 电解抛光和化学抛光	36
第四节 除油	43
第五节 化学除锈	48
第五章 镀锌	56
第一节 概述	56
第二节 氰化物镀锌	56
第三节 碱性锌酸盐镀锌	59
第四节 氨三乙酸-氯化铵镀锌	64
第五节 酸性硫酸盐镀锌	67
第六节 驱氢处理	68
第七节 钝化处理	68
第六章 镀锡	74
第一节 概述	74
第二节 氰化镀锡	74
第三节 羧络合物镀锡	76
第四节 硫酸盐镀锡简介	78
第五节 其它	78
第七章 镀铜	80
第一节 概述	80
第二节 氰化物镀铜	80

第三节	焦磷酸盐镀铜	83
第四节	硫酸盐镀铜	88
第五节	其它镀铜工艺	92
第六节	铜镀层的镀后处理	93
第七节	其它镀铜方法	94
第八章	镀镍	97
第一节	概述	97
第二节	普通镀镍	97
第三节	光亮镀镍	102
第四节	多层镀镍	104
第五节	其它镀镍方法	106
第九章	镀铬	108
第一节	概论	108
第二节	镀铬过程的电极反应	109
第三节	影响镀铬层质量的诸因素	112
第四节	镀铬工艺	115
第五节	其它镀铬工艺	118
第十章	镀银	122
第一节	概述	122
第二节	氰化物镀银	122
第三节	硫代硫酸盐镀银	125
第四节	亚胺基二磷酸盐镀银	127
第五节	防止银层变色的方法	129
第十一章	镀锡	134
第一节	概述	134
第二节	碱性电解液镀锡	134
第三节	酸性电解液镀锡	136
第十二章	电镀合金	139
第一节	概论	139
第二节	合金电沉积的基本条件	139
第三节	电镀铜锡合金	144
第十三章	钢铁的氧化和磷化处理	152
第一节	钢铁的氧化	152
第二节	钢铁的磷化	156
第十四章	铝件阳极氧化	163
第一节	概述	163
第二节	阳极氧化膜的特性和用途	163
第三节	硫酸阳极氧化工艺规范	165
第四节	其它阳极氧化工艺	171
第五节	氧化膜的装饰染色工艺	173
第六节	氧化膜的封闭	177
第七节	不良膜层的退除	179

第八节	化学氧化工艺规范简介	179
第十五章	塑料电镀	181
第一节	概述	181
第二节	ABS塑料电镀	181
第十六章	镀层质量的检验	194
第一节	概述	194
第二节	外观检查	194
第三节	电镀层厚度的测量	197
第四节	孔隙率的测定	209
第五节	结合强度试验	212
第六节	脆性的测定	213
第七节	镀层显微硬度的测定	214
第八节	氢脆性的测试	214
第九节	化学保护层耐蚀性试验	215
第十节	塑料电镀层的质量检验	217
第十一节	镀层钎焊性的测试	218
第十二节	耐腐蚀性能的测定	218
第十七章	电镀的“三废”治理	224
第一节	概述	224
第二节	含铬废水的处理	225
第三节	含氟废水的处理	231
第四节	重金属的处理方法	232
第五节	含尘气体的处理	233
第六节	有害气体的处理	239
第十八章	电镀设备和工夹具	240
第一节	概述	240
第二节	电镀设备	240
第三节	动力设备	248
第四节	电镀自动线	251
第五节	电镀夹具(挂具)	257
第十九章	电解液的化学分析	258
第一节	化学分析的重要性	258
第二节	化学分析的概念	258
第三节	重量分析法	258
第四节	容量分析法	260
第五节	酸碱滴定法	262
第六节	氧化还原滴定法	263
第七节	沉淀滴定法	266
第八节	络合滴定法	268
第九节	比色分析法	269
第二十章	安全技术	272
第一节	概述	272

第二节	工厂安全用电	272
第三节	常用化学材料	273
第四节	操作中的安全技术知识	277
第五节	化学材料的保管	279
第六节	防护用品的正确使用及保管	281
第二十一章	生产技术管理	283
第一节	概述	283
第二节	电镀生产中的全面质量管理	284
附录 1	常用电镀槽的材料	293
附录 2	电镀常用化学材料	295
附录 3	金属镀层及化学处理表示方法 (GB1238-76)	303

第一章 金属的腐蚀

金属和周围介质（例如湿气、电解液等）之间发生化学或电化学反应，因此而造成金属的损坏，叫做金属腐蚀（又叫做金属生锈、金属锈蚀）。常见的钢铁工件的生锈就是一种金属腐蚀。其实质是金属被氧化而发生质变，成为非金属的物质。

第一节 腐蚀的分类

一、按反应的类型分类

1. 化学腐蚀 金属在介质的化学作用下而不伴有电流通过的破坏，叫做化学腐蚀。化学腐蚀包括气体腐蚀，即金属表面在完全没有湿气冷凝情况下的腐蚀，如钢的高温氧化。化学腐蚀还包括非电解液中的腐蚀，即无显著导电性和侵蚀性的有机物对金属的腐蚀。如钢铁在高温下，在含硫石油中的腐蚀。

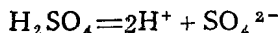
化学腐蚀过程使金属表面生成一些化合物，如氧化物、硫化物、氯化物等，金属因此而遭受破坏。

化学腐蚀常见的形式是氧化，在金属表面生成一层氧化膜，随着氧不断通过氧化膜而扩散，使氧化膜增厚而加剧腐蚀。但也有某些金属（如铬和铝等），由于能生成薄而致密的氧化膜，故能阻止氧化继续向金属内部发展。

高温能加快腐蚀，这是由于金属在高温条件下，加快了化学反应、扩散和蒸发等速度。所以由此产生的腐蚀产物一般都是较厚的表面膜，腐蚀损耗也就更为严重。

2. 电化学腐蚀 当金属和电解液接触时，由于微电池或大电池作用而发生的腐蚀叫做电化学腐蚀。它比单纯的化学腐蚀更为普遍。金属在大气、土壤、海水以及各种电解液中发生的腐蚀都属于这种类型。

由两种以上电位不同的金属组合在一起和电解液接触形成的电池叫做大电池。如图1-1所示，当锌板和铜板浸入硫酸溶液中时，由于铜的电位高于锌的电位，因此铜板为阴极，锌板为阳极，电子流便从锌板流向铜板，同时在溶液中存在着因硫酸电离而产生的氢离子：



氢离子在铜板上得到电子后还原成氢气逸出：



在锌板上，锌原子失去电子变成锌离子而进入溶液：

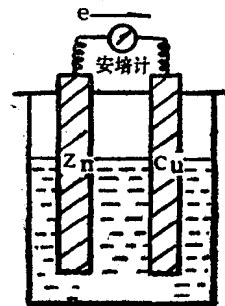


图 1-1 电化学腐蚀过程简图

以上就是大电池的腐蚀机理。图1-2更形象地表示了铁在大电池作用下的腐蚀过程。由微小阴极和微小阳极组成的电池叫做微电池。如碳钢中的 Fe_2C 是微阴极， Fe 是微阳

极。碳钢表面有电解液时，微阴极 Fe_2C 和微阳极 Fe 之间会产生微电池作用，微阴极上析出氢气，微阳极 Fe 变成铁离子而被腐蚀。如图1-3所示。

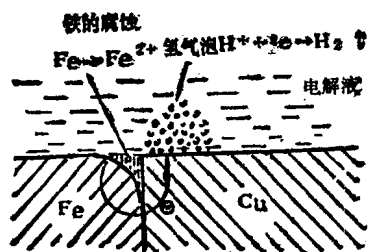


图 1-2 大电池示意图

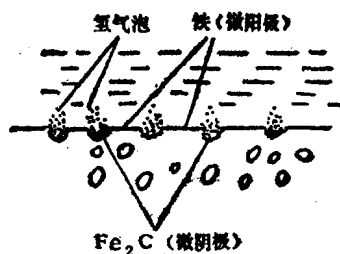


图 1-3 微电池示意图

实际上，单一金属和合金组织一般都是不均匀的。当它们与电解液接触时，不均一的晶体或组织的电位有所不同，就能形成上面所述的大电池或微电池而产生腐蚀。形成电解液的条件并不困难，因为在大气中，总是含有水分。这些水分中会溶有 SO_2 和 CO_2 等杂质，形成 H_2SO_4 和 H_2CO_3 电解液，并覆盖到金属表面。所以在贮存或使用过程中，也不可避免地要产生金属或合金的电化学腐蚀现象。

二、按破坏的形式分类

1. 全面腐蚀 在整个金属表面上发生的腐蚀叫做全面腐蚀。它可以是均匀的或者是不均匀的腐蚀。

2. 局部腐蚀 在金属的某个部位或其中的某个组成上发生的腐蚀作用叫局部腐蚀。这类腐蚀作用表现为在金属上出现斑点腐蚀、溃疡腐蚀、剥离腐蚀、晶间腐蚀、组织选择性腐蚀等。它对金属结构、设备和机器等破坏较大。

3. 应力腐蚀断裂 在应力作用下发生的腐蚀叫做应力腐蚀。严重时会使金属断裂。断裂可以沿晶界发展，也可能穿过晶粒。这类腐蚀又可分为在静负荷条件下的腐蚀断裂和在动负荷条件下的腐蚀疲劳。

三、按环境的条件分类

1. 大气腐蚀 金属在潮湿空气中发生的腐蚀叫做大气腐蚀。

2. 土壤腐蚀 各种埋在地下的水、石油、煤气等输送管道及地下建筑物所发生的腐蚀叫做土壤腐蚀。

3. 电解液中的腐蚀 金属在一切导电介质中发生的腐蚀叫做电解液中的腐蚀。如与海水接触的船舶外壳的腐蚀，化工设备及管道的腐蚀都属于这类腐蚀。

4. 接触腐蚀 两种电极电位不同的金属互相接触时发生的腐蚀叫做接触腐蚀。

5. 应力腐蚀 在具有内应力或者外加负荷的条件下所发生的腐蚀叫做应力腐蚀。

6. 其它条件下的腐蚀 如生物腐蚀、杂散电流的腐蚀、摩擦腐蚀、熔融介质中的腐蚀、液态金属中的腐蚀以及放射线条件下的腐蚀等。

第二节 防止金属腐蚀的方法

金属腐蚀与金属的组成、加工特性及表面状态、结构特点、腐蚀介质的性质等许多因素有关。为了保护金属,尽可能减轻腐蚀对金属的破坏,在满足工艺条件的前提下,除了尽可能选用耐腐蚀的金属材料外,还可以对金属进行合理的热处理、表面加工以及设计合理的金属结构件等。

当金属材料已确定时,防止腐蚀的方法一般有以下三种:涂覆表面保护层、电化学保护和腐蚀介质的处理。

一、涂覆表面保护层

在需要保护的金属表面上覆盖一层有足够耐蚀性的金属、非金属或化学保护层,将金属与周围介质隔离,从而减小腐蚀作用,以达到保护的目的。

1. 金属保护层 其涂覆方法有电镀、热浸镀、热渗镀、真空蒸发镀、热喷镀、化学镀和包镀等。其中用得较多的是热镀法和电镀法。

采用热镀法涂覆的金属有锌和锡等。如铁皮、钢丝和管子等常采用热镀锌保护层。这种镀层的特点是比较厚且不均匀。

电镀法涂覆的金属有锌、锡、铜、镍、铬、银和各种合金等。它可以赋予金属制品以美观、耐蚀、耐磨等各种特性。是目前最普遍使用的方法。

2. 涂覆非金属保护层 有油漆、塑料、橡胶、沥青、混凝土、搪瓷和玻璃等。其中油漆保护具有施工方便的特点,对大气耐蚀性良好,但不耐高温;搪瓷保护在化学工业和日用品上应用很广,但涂覆工序较复杂。

3. 化学保护层 是在金属表面用化学方法形成的一层耐蚀的氧化物或复盐的薄膜。常用的方法有化学氧化、阳极氧化、磷化、钝化处理等。其中化学氧化和磷化适用于钢铁制品的保护,而阳极氧化适用于铝及铝合金制品的保护。

4. 暂时保护层 一般采用油封和可剥性塑料等。它适用于金属工件的包装和封存。

二、电 化 学 保 护

电化学保护是用直流电将被保护的金属进行极化,从而使腐蚀减缓或停止的保护方法。这类保护方法有外电源阴极保护法、保护器保护法和阳极保护法等。

利用直流电对被保护金属进行阴极极化的方法叫做外电源阴极保护法。这种方法常用于在土壤、海水及河水中的金属设备的保护,如石油管道和船舶外壳等。

利用直流电对被保护金属进行阳极极化的方法叫做阳极保护法。常用于化肥生产设备。

利用牺牲阳极对被保护金属进行阴极极化的方法叫做保护器保护法(又叫牺牲阳极保护法)。此方法是将被保护金属与另一电极电位较负的金属紧密接触,把电极电位较负的金属(一般为锌合金和铝镁合金)作为牺牲阳极不断被腐蚀掉,从而达到保护金属的目的。

三、腐蚀介质的处理

这种方法的实质是在周围介质中除去对金属有腐蚀作用的介质或者加入抑制腐蚀作用的缓蚀剂，从而降低或消除周围介质对金属的腐蚀作用。这种方法仅适用于腐蚀介质具有较小体积的场合。如采用 Na_2SO_3 或联胺(NH_2NH_2)等除氧剂除去锅炉用水中溶解的氧，可以降低氧对锅炉内壁的腐蚀作用。

在周围介质中添加少量的缓蚀剂能显著地降低腐蚀的速度。缓蚀剂能抑制腐蚀电池的阴极化过程或阳极化过程的速度，从而起到保护金属的目的。缓蚀剂可分为无机缓蚀剂、有机缓蚀剂和气相缓蚀剂等三类。

1.无机缓蚀剂 它有阳极缓蚀剂和阴极缓蚀剂之分。阳极缓蚀剂(如铬酸盐、硝酸盐、苛性钠、硅酸钠等)能抑制阳极化过程。如金属在加工过程中需停放时，可把金属置于含有铬酸盐、硝酸盐、苛性钠或硅酸钠的溶液中，能减缓金属的腐蚀速度。阴极缓蚀剂(如锌盐和钠盐等)则能抑制阴极化过程。如锌盐或钠盐是组成防锈油的原料。

2.有机缓蚀剂 有机缓蚀剂(如乌洛托品、酪丁等)具有特殊的吸附能力。它吸附在阴极表面上，可以提高阴极析氢过电位；它吸附在阳极表面上，可以阻滞阳极化过程的速度，从而降低腐蚀速度。如钢铁金属进行强浸蚀时，在盐酸中加入乌洛托品与苯胺的缩合物以及甲醛和苯胺的缩合物，或在硫酸中加入酪丁，均可以减缓钢铁金属的腐蚀。

3.气相缓蚀剂 气相缓蚀剂(如亚硝酸二环乙胺等胺盐类)是易挥发的有机缓蚀剂，它们在常温下具有较大的蒸气压，挥发出来的有机物分子能吸附在金属表面上，从而起到保护金属的作用。如用浸了气相缓蚀剂的包装纸包装金属制品以达到保护的目的。

第二章 电镀层的选择

第一节 电镀的作用及对电镀层的要求

一、电镀的作用

电镀是获得金属镀层方法中应用最广泛的一种方法。电镀层的主要作用如下:

- (1) 提高金属工件在使用环境中的抗蚀性能。
- (2) 装饰工件的外表, 使其光亮美观。
- (3) 提高工件的工作性能。例如提高表面硬度和耐磨性, 增加金属的反光和防反光能力。提高导电性、导磁性、耐热性、钎焊性, 防止热处理时的渗碳和渗氮, 修复磨损零件以及赋予其它特殊性能。

二、对电镀层的要求

不同的产品, 虽对镀层的要求不同, 但也有以下共同之点。

- (1) 镀层与基体, 镀层与镀层之间都必须有良好的结合力。在经受冲击、碰撞、振动、弯曲时, 镀层应能牢固附着且不脱落。
- (2) 在工件的主要工作面上, 镀层厚度均匀、细致、连续。
- (3) 镀层应有一定的厚度和尽可能少的孔隙 (从镀层表面渗透到基体金属的不可见针孔) 及肉眼可见的针孔, 更不允许有斑点。
- (4) 镀层的光亮度、硬度及耐蚀性等应符合规定的指标。

三、镀层种类和厚度的选择

镀层种类和厚度的选择取决于以下几个主要因素。

(一) 工件所处的工作环境

工件所处的工作环境是以大气中含有的工业气体、燃料废气、灰尘和盐分等腐蚀介质的多少及相对湿度的大小来分, 一般可分为三类。

第一类: 腐蚀性比较严重的工作环境。大气中含有上述的腐蚀介质较多及相对湿度较大的环境。如工业城市、沿海地区和湿热地带等。

第二类: 腐蚀性中等的工作环境。大气中含有少量的腐蚀介质且湿度中等的环境。如内陆城市和一般室内环境。

第三类: 腐蚀性轻微的工作环境。大气中含有的腐蚀介质很少, 且气候较干燥的环境。如干热带地区和密封良好的设备内部构件。

根据工件所处的不同工作环境, 对镀层进行选择。例如在含有工业性杂质的大气中,

镀锌层的保护性能优于镉镀层；在不含工业性杂质的潮湿大气或海洋性大气中，镉镀层的保护性能比镀锌层稍好。

同一种镀层处在不同的工作环境，对镀层有不同的厚度要求。例如基体金属为碳钢的电工结构件镀锌，对镀层最小厚度的要求，处在第一类环境条件下为18微米（室外为24微米），处在第二类环境条件下为12微米；处在第三类环境条件下只为6微米。

（二）被镀金属工件材料的性质

金属工件的材料不同，防护的形式也有所不同。从防腐蚀的要求来看，有些金属在腐蚀性轻微的条件下，可以不加保护层而应用。在比较严重的工作环境下，有些金属要求一定形式的防护，而有些金属则不能使用。

碳钢、铸铁和低合金钢制造的工件，在大气中容易腐蚀，一般都应涂覆防护性镀层或进行化学氧化。在有些条件下，如在工艺流程中停放及油中工作的工件等，则可可不加防护镀层，而采用油封防锈。

铜及其合金制造的工件，可根据它们的耐蚀性和使用条件的不同，采用光亮酸洗、钝化和电镀（如镀锡、镀银等）。

铝及其合金制造的工件，可采用氧化或磷铬化处理。

锌合金制造的工件，可采取钝化、磷化和电镀保护。

贵金属（金、铂等）、多数不锈钢、轧制的磁性材料及镍铜合金等，一般都不需要涂覆保护层。

（三）电镀层的性质和用途

为了使各种工件达到不同的技术要求，应根据镀层的性质和用途，选择适宜的覆盖镀层。各种镀层的性质和用途将在本章第二节中详述。这里只就镀层金属的电化学性质来讨论如何选择镀层金属。

在有腐蚀介质的环境下，两种互相接触的金属，会因其电极电位的不同而发生接触腐蚀：即作为阳极的金属加速腐蚀。在基体金属镀上金属镀层时，由于镀层本身的缺陷（如针孔、裂纹和局部无镀层等），会使镀层与基体金属界面间形成接触腐蚀偶，当它们的电极电位不同时，就产生接触腐蚀。因此选择电镀层时，必须考虑镀层与基体金属的电化次序应尽量接近，一般要求两种金属的电位差不超过500毫伏。当两种金属电极电位相差很小时，可允许在一般环境条件下使用。两种金属电极电位相差较大时，只允许在有空调的干燥室内、干热地区、设备密封良好的条件下使用。若需在一般环境条件下使用，可另选一种与这两种材料的接触腐蚀较轻微的金属作镀层或中间垫片，以降低原来的基体金属和镀层金属之间的接触腐蚀。如以黄铜为材料的工件用作铸铝的嵌装件时，可在嵌装件上镀锌或镀镉，以减轻黄铜与铸铝间的接触腐蚀。

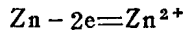
金属镀层对基体金属的防护作用，与它们的电化学电位密切相关。由于它们之间的电化学电位不同，这就使镀层对基体金属的保护作用有所不同。在选择镀层时也需要考虑这一因素。

同一镀层处在不同的介质条件下，由于它的电化学电位有所不同。因此在相同的基体金属上的同一镀层，在一种介质中为阳极性镀层，而在另一介质中却是阴极性镀层。例如，铁制品的镉镀层，在海洋条件下为阳极性镀层，而处在工业大气条件下却为阴极性镀层；再如，铁制品的锌镀层，一般为阳极性镀层，但在70~80℃的热水中，却为阴极性

镀层。因此，确定镀层为阳极性镀层还是阴极性镀层，应由该镀层在所处介质条件下的电位与基体金属的电位之差来决定。

1. 阳极性镀层 是指在一定的条件下，镀层的电位比基体金属的电位为负的镀层。例如：大气条件下的铁制品表面镀锌；海洋条件下的铁制品表面镀镉；有机酸环境下的铁制品表面镀锡等。

以铁制品上镀锌为例，当锌镀层有针孔、划伤等缺陷而露出基体时，该处存在的水汽（含有二氧化碳等酸性氧化物）成为电解液与铁、锌电偶形成如图2-1(a)所示的腐蚀电池。由于锌的标准电位比基体金属铁为负，此时锌作为阳极而溶解，即



而铁作为阴极，氢离子在阴极上获得电子并放出氢气，铁不被腐蚀。这类镀层的特点是，当发生电化学腐蚀时，处于阳极的镀层不断损耗而基体金属得到保护，从而起到电化学保护作用，故称为阳极性镀层。

阳极性镀层只有在致密无孔时，才对基体起机械保护作用；而当镀层破损时，它对基体起电化学保护作用，因此作为防护性镀层甚为理想。但不是所有电位比基体金属为负的金属都能作防护性镀层用，还必须注意它在介质中的化学稳定性是否良好。例如，铁制品上的锌镀层在海水中会因很快地被腐蚀而失去保护作用。

2. 阴极性镀层 是指一定条件下，镀层的电位较基体金属为正的镀层。例如：铁制品上镀锡；大气条件下，铁制品表面镀铜、镍、铬或金、银等。

以铁制品上镀锡为例，当镀层有缺陷而使基体金属外露时，则铁锡电偶形成如图2-1(b)所示的腐蚀电池。

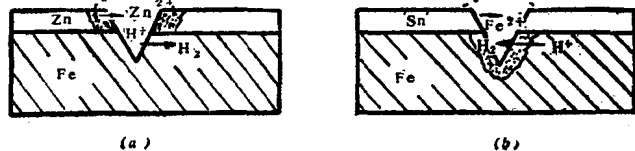
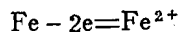


图 2-1
(a) 阳极镀层；(b) 阴极镀层。

因铁的标准电位比锡负，故铁作为阳极发生溶解，即



而锡镀层作为阴极，氢离子在阴极上获得电子并放出氢气，这就造成基体金属优先被腐蚀。腐蚀一般从孔隙下开始，接着很快就在镀层下蔓延开来，造成镀层起皮脱落。因此，阴极镀层只有在它完整无缺时，才对基体金属起保护作用，否则镀层不但不能保护基体金属，反而加快腐蚀作用。

(四) 工件的结构、形状和尺寸公差

对镀层厚度的选择，应考虑到工件的结构、形状和尺寸公差等因素。在零件的主要表面（指产品装配后容易受到腐蚀、摩擦或者是工作的表面），镀层厚度应达到国家标准的要求，而在电镀不易沉积的孔内部、深凹处等非主要表面，可以允许低于国家标准。对于带螺纹（主要指外螺纹）的组合结构件，在选择镀层厚度时应考虑公差配合，原则上规定选用腐蚀为中等的工作条件下的镀层厚度值。

第二节 各种镀层的性质及用途

用作金属保护层的电镀层，有单金属镀层和合金镀层两类。它们的共同特点都是具有

一定的物理性质和相对的化学稳定性（抗蚀性）。目前生产上常用的镀层有锌、镉、铜、镍、铬、金、银、铅、铁及其合金多达几十种。对这些镀层可以按其性质和用途的不同进行分类。

1. 防护性镀层 用于在腐蚀介质条件下防止金属工件的腐蚀。如黑色金属工件在一般大气条件下进行镀锌，在海洋气候条件下进行镀镉，在更高耐蚀要求下进行镀镉锡、镉镍合金等。此外对接触食品（易分解出有机酸）的铁皮进行镀锡等，都属于防护性镀层。

2. 防护-装饰性镀层 用于在腐蚀介质的条件下，使金属工件既有防护作用又有经久不变有光泽的镀层。这类镀层广泛地应用于日用品及机械电器产品。它一般采用双层或多层电镀层。这是因为单层电镀层难于满足防护-装饰的双重要求，而采用耐蚀性和结合力较好的一层或多层金属电镀层作底层，再在其上电镀一层光泽经久不变的金属镀层，从而形成双层（如铁工件上镀铜锡合金后镀铬）或多层镀层（如铁工件上镀铜镍铬合金）。但也并非单层镀层绝对满足不了防护和装饰的双重要求，如某些贵重工件进行镀金或镀铬，也能达到防护-装饰性的目的，只是成本较高不常使用而已，另外铜锌合金镀层也常用在工件上作单层防护-装饰性镀层。

3. 其它特殊要求的镀层 其镀层有以下几种。

(1) 耐磨和减磨镀层。是用于提高工件滑动接触面上耐磨性的电镀层。常用的有镀硬铬，它是通过提高金属工件的硬度以增加它的耐磨性来实现的。如各种机件的轴、印花辊的辊面、发动机的气缸和活塞环、冲压模具的内腔以及量具等镀上硬铬后，就能很有效地提高使用寿命。

用于减少工件表面上滑动摩擦的减磨镀层，常用的是带有韧性的金属或合金镀层。这类镀层有锡或含有铅、锡、银等的合金（铅锡合金、锡镍合金、钴锡合金、银铅合金、银锡合金等）。如多层滑动轴承上镀锡、锡铅和铜锡（青铜）合金，钟表零件上镀锡镍合金等。

(2) 反光镀层和防反光镀层。前者一般镀以银、装饰铬或高锡青铜等，如在以ABS塑料或铁皮为材料的反光罩上镀装饰铬，就具有良好的反光效果；后者如镀黑镍、黑铬等，主要用于光学器械上。

(3) 导电性镀层。对有些金属工件，为了提高它的表面导电性能，常镀以铜、银、金等，同时要求耐磨的镀以银镍、银金、金钴合金等。如在一般电器零件上镀铜或镀银，高频波导生产中镀银等。

(4) 导磁镀层。是用于提高有些金属工件的磁性要求的镀层。如录音机及电子计算机等设备中的录音带、磁环线、记忆鼓等贮存系统，一般镀以镍铁、镍钴、镍钴磷等合金镀层，就可以满足这方面的要求，而且改变其电镀工艺参数，还能调整金属工件所要求的不同的磁性系数。

(5) 热加工镀层。用于钢件局部不能进行热处理（如防渗碳和防渗氮）的屏蔽。如防渗碳镀铜、防渗氮镀锡等。另外还有使金属工件易钎焊的镀锡、铜、银、铅锡合金等。

(6) 抗高温氧化镀层。用于保护金属工件在高温下的腐蚀。如转子发动机内腔的镀铬，喷气发动机转子叶片的铬合金镀层。

(7) 修复性镀层。用于重要的机械部件的修复。常用的是镀硬铬、镀铁或镀铜等。如机床的主轴，汽车和拖拉机的曲轴、桃轮轴、齿轮和花键，纺织压辊，深井泵轴等。

除了以上的镀层外，还有促进基体金属与橡胶结合的黄铜镀层（铜锌合金）和为了抵抗硫酸、铬酸的腐蚀的铅镀层等。

常用的电镀层的作用及其应用范围，见表2-1。

常用电镀层的作用及其应用范围

表 2-1

镀层类别	作用 和 应 用 范 围	备 注
锌 镀 层	在大气条件下对钢铁工件为阳极性镀层，其防护能力强。经铬酸盐钝化后的镀层，对基体的防护能力增强并改善外观。 锌镀层被广泛地应用于钢铁工件的防护，也用于与铝合金、镁合金接触的铜件的防护	锌镀层价廉，在其上再涂上适宜的有机涂料，可提高防护性能
镉 镀 层	在海洋和高温大气的环境中，对钢铁工件为阳极性镀层，其镀层防护能力强，氢脆程度比锌镀层小得多，且不易变暗或产生腐蚀产物。 仅在航空、航海、精密零件、螺纹紧固和配合滑动部分、汽车弹簧片间（可抗微动腐蚀）应用	一般产品应尽量用锌镀层代替
锡 镀 层	对钢铁工件为阴极性镀层，只有无孔时，才对基体金属起机械保护作用。能耐有机酸的腐蚀，钎焊性好，对渗氮有屏蔽作用。镀层在大气中有较高的化学稳定性。 广泛地应用于与硫及硫化物接触或与有机酸接触的钢铁工件、需钎焊的零件、防渗氮部位。也用于保护铜导线和导电零件，防止氧化或硫化。有时为了提高对钢铁工件的防蚀能力，可预先镀铜及黄铜镀层作底层，再镀上锡镀层	
铅 镀 层	镀层对钢铁为阴极性镀层，只有当镀层较厚及无损伤及无孔隙时，才能保护基体金属不受腐蚀。 镀层抗多种酸及热的腐蚀气体（盐酸除外）。 广泛地用于接触硫酸及酸蒸气的容器、管件及仪器零件的防护	
铜 镀 层	在钢铁工件上镀铜层是阴极镀层，当镀层有孔隙时，基体金属易受腐蚀气体作用而受到腐蚀，故用在钢铁工件、非铁工件或某些塑料上作铜镍铬防护-装饰性镀层的底镀层或中间层，可作防止钢铁工件局部渗碳和渗氮的屏蔽	
镍 镀 层	对钢铁工件为阴极性镀层，只有孔隙少时才对基体金属有保护作用。镀层无毒且硬度较高，其耐蚀性也较强，能耐强碱，在盐酸、硫酸中腐蚀缓慢。但镀层对基体金属易产生针孔腐蚀。对铜及铜合金工件为阳极性镀层，作为它们的防护-装饰性覆盖层。常用作钢铁工件的铜镍铬防护-装饰性镀层的中间层及酸性镀铜前的预镀。此外也用作医疗器械的防护性镀层及防止轴承等高温工作时的粘结	