

【表面工程实用技术丛书】

RE JIN DU JI SHU YU YING YONG

热浸镀技术与应用

卢锦堂 许乔瑜 孔纲 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

表面工程实用技术丛书

热浸镀技术与应用

卢锦堂 许乔瑜 孔 纲 编著



机械工业出版社

本书以热浸镀锌工艺为主线,对钢结构件热浸镀锌过程各个环节涉及的基本问题进行了全面系统的介绍。本书内容包括钢铁材料的腐蚀与防护,热浸镀锌技术基础,热浸镀锌工艺,热浸镀锌新技术及发展趋势,热浸镀锌钢铁结构件的设计,常规热浸镀锌设备,钢铁制件热浸镀锌标准及质量要求,热浸镀锌的环保措施及环境评价,热浸镀锌、锡及铅。本书覆盖面较广,叙述较具体,实用性强。

本书可供从事热浸镀及材料保护与防腐有关工作的工程技术人员、工人参考,也可供相关专业在校师生以及研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

热浸镀技术与应用/卢锦堂等编著. —北京:机械工业出版社, 2006.1

(表面工程实用技术丛书)

ISBN 7-111-18093-3

I. 热... II. 卢... III. 热浸涂 IV. TG174.443

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 150649 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:陈保华 版式设计:张世琴 责任校对:王 欣

封面设计:陈 沛 责任印制:陶 湛

北京铭成印刷有限公司印刷

2006 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

1000mm × 1400mm B5·8.125 印张·315 千字

0001—4000 册

定价:25.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

封面无防伪标均为盗版

前 言

热浸镀是具有悠久历史的传统工艺,随着科学技术的进步,各种热浸镀技术(如热浸镀锌、热浸镀铝、热浸镀锡、热浸镀铅等)不断涌现,尤其作为钢铁防止大气腐蚀的有效方法——热浸镀锌,逐渐发展成为具有现代气息的实用工业技术。与其他金属防腐蚀方法相比,在镀层的物理屏障保护与电化学保护结合保护特性、镀层的致密性、镀层的耐久性、镀层免维护性、镀层与基体的结合力、镀层的经济性以及热浸镀锌工艺对钢件形状与尺寸的适应性、生产的高效性上都具有独特的、无可比拟的优势。多年来,世界各国除大量生产用于汽车行业及日常民用的镀锌钢板、钢管及钢丝等连续热浸镀锌产品外,对许多成品工件,如输电铁塔、电力金具、高速公路护栏、路灯杆及标志牌等,均采用批量热浸镀锌方法。随着近年来热浸镀锌在桥梁、建筑钢结构及钢筋、通信微波塔、矿山机械、造船等方面的成功运用,更拓宽了热浸镀锌技术的应用前景。热浸镀锌技术正在进入功能性、低能耗、低污染、高质量和自动化时代。热浸镀锌新技术的推广周期在大幅度缩短,陈旧技术的淘汰步伐趋快。相对于连续热浸镀锌而言,我国批量热浸镀锌技术与世界水平相比,还比较落后。大量已濒于淘汰的高能耗、高污染、低档次的落后技术仍在许多厂家继续使用,而许多热浸镀锌新技术却未得到应有的重视和推广。鉴于此,我们编写了《热浸镀技术与应用》一书,旨在为从事热浸镀及材料保护与防腐有关工作的工程技术人员、工人,提供一本既能系统了解热浸镀锌技术基本原理及实际操作,又能了解热浸镀锌技术研究最新进展的参考资料;也希望为相关专业的在校师生提供一本教学参考书。

本书主要内容包括四部分。

第一部分介绍热浸镀锌技术基础,该部分内容总结了国内外大量研究文献,着重介绍了热浸镀锌反应的基本原理及镀锌层的性能特点,并介绍了钢材成分、锌浴成分及钢材表面状态等对热浸镀锌反应的影响。

第二部分介绍了热浸镀锌工艺及最新研究进展,同时还介绍了热浸镀锌常用设备、钢结构制件的设计要点,以及热浸镀锌产品的标准及验收。

第三部分介绍了热浸镀锌技术的绿色生产,全面介绍了热浸镀锌生产过程中的三废处理措施及环境评价结果。

第四部分介绍了热浸镀其他技术的原理及发展现状,主要包括热浸镀铝、热浸镀锡、热浸镀铅等技术。

在编写过程中主要依据下列原则:

(1) 先进性。热浸镀锌技术是技术性较强的工业技术方法,其技术先进性不仅决定热浸镀锌产品质量,而且直接影响其操作性、生产成本、环境污染、生产效率等方面。故我们在编写本书时,注重介绍国际流行的、先进的热浸镀锌技术规范,以及当前热浸镀锌技术发展的热门研究课题。

(2) 完整性。热浸镀锌技术一般由多道工序完成,其产品质量与每道工序均有关系。本书从实际应用考虑,不仅对热浸镀锌工艺的全过程进行了全面介绍,还对与热浸镀锌质量与成本密切相关的有关内容,如热浸镀锌主要设备、需热浸镀锌的钢结构制件的设计要点、热浸镀锌产品的验收以及生产过程的环保措施等,均作了较详尽的阐述。

(3) 严谨性。热浸镀锌工艺的顺利实施,取决于严格的工艺参数及条件的控制。若工艺参数控制不当,则可能达不到预期效果,甚至根本无法工作。本书列出的工艺条件和参数一般是经过实际生产优选出的最佳值。对一些允许有一定范围的工艺参数,则给出其上下限。

(4) 实用性。热浸镀锌技术不仅要考虑产品质量,还必须考虑生产成本、环境污染及可操作性。对于一些成本高、操作复杂、污染严重或技术尚不成熟的工艺,本书作为指导生产的技术参考书,基本没有列入或虽列入而加入了评价说明。

本书第四、五、六章由卢锦堂编写,第一、二、九章由许乔瑜编写,其余各章由孔纲编写。在本书的编写过程中,眭润舟同志做了大量的辅助工作,在此表示感谢。

在本书编写过程中参阅了大量的国内外文献及技术资料。主要参考文献已列于全书之末,限于篇幅恕不能一一列举,谨表谢忱。

限于作者水平,书中难免有错误或不当之处,诚恳欢迎同行和读者给予批评指正。

编 者

于华南理工大学

目 录

前言

第 1 章 钢铁材料的腐蚀与防护	1
1.1 钢铁材料防护的重要性	1
1.2 钢铁材料的腐蚀原理	1
1.2.1 金属材料的腐蚀过程	1
1.2.2 金属腐蚀的类型	2
1.2.3 钢铁的腐蚀	4
1.3 钢铁材料的保护涂层	5
1.3.1 热浸镀锌层	5
1.3.2 电镀锌层	5
1.3.3 化学镀锌层	6
1.3.4 热喷涂涂层	7
1.3.5 扩散涂层	7
1.3.6 化学转化膜层	8
1.3.7 非金属涂层	9
1.4 锌涂层的耐腐蚀性能	10
1.4.1 锌涂层电化学腐蚀原理	10
1.4.2 锌涂层对钢铁材料的防护作用	11
1.4.3 锌涂层在不同环境中的耐腐蚀性能	12
1.5 锌涂层的工艺性能特点与应用	16
1.5.1 热浸镀锌层	16
1.5.2 电镀锌层	23
1.5.3 机械镀锌层	26
1.5.4 热喷涂锌层	28
1.5.5 渗锌涂层	29
1.5.6 富锌漆涂层	31
1.5.7 锌涂层的选择	33

第2章 热浸镀锌技术基础	34
2.1 锌的结构与性质	34
2.1.1 锌的结构	34
2.1.2 锌的热力学性质	35
2.2 热浸镀锌反应	39
2.2.1 铁—锌二元平衡相图及铁锌金属间化合物相	39
2.2.2 铁锌金属间化合物相层的形成过程	41
2.2.3 热浸镀锌层生长动力学	43
2.3 钢的化学成分对铁锌反应的影响	47
2.4 锌浴的化学成分对铁锌反应的影响	49
2.5 含硅活性钢对热浸镀锌的影响	54
2.5.1 含硅活性钢的热浸镀锌反应	54
2.5.2 硅对铁锌金属间化合物相层生长的影响作用	55
2.6 含硅钢表面状态对热浸镀锌层影响	58
2.6.1 亚表面氧化	58
2.6.2 表面粗糙度	60
2.6.3 残余应力	62
2.6.4 表面晶粒位向	62
2.6.5 表面金相组织	63
2.7 高温热浸镀锌	63
第3章 热浸镀锌工艺	65
3.1 工艺分类及流程	65
3.2 镀前处理	67
3.2.1 脱脂	67
3.2.2 除旧漆	69
3.2.3 酸洗	71
3.2.4 喷丸(砂)处理	79
3.2.5 溶剂助镀	91
3.2.6 烘干	95
3.3 热浸镀锌	95
3.3.1 热浸镀锌用锌的质量与检验	95
3.3.2 合金元素的添加	98
3.3.3 镀锌操作	100

3.4 镀后处理	103
3.4.1 离心法和螺纹刷光法	103
3.4.2 水冷	103
3.4.3 钝化	104
3.4.4 检测与修整	104
3.4.5 堆放及贮运	104
第4章 热浸镀锌新技术及发展趋势	108
4.1 热浸镀锌合金技术	108
4.1.1 Zn-Ni 合金技术	108
4.1.2 Zn-Sn 合金技术	111
4.1.3 Zn-Al-Sn-Bi 合金技术	113
4.1.4 使用锌合金技术应注意的问题	114
4.2 无/低铬钝化技术	114
4.2.1 三价铬钝化	115
4.2.2 无铬钝化	120
4.3 镀锌钢筋的研究与应用	128
4.3.1 钢筋混凝土环境	128
4.3.2 混凝土中钢的腐蚀	129
4.3.3 热浸镀锌钢筋的防腐蚀作用	133
4.3.4 热浸镀锌钢筋的力学性能	134
4.3.5 与环氧树脂涂层钢筋的比较	135
4.4 无烟助镀技术	136
4.4.1 常规助镀工艺应用现状	136
4.4.2 $\text{ZnCl}_2/\text{KCl}(\text{NaCl})$ 系助镀剂	137
4.4.3 Cu/Sn 系助镀剂	137
第5章 热浸镀锌钢铁结构件的设计	141
5.1 热浸镀锌钢铁构件的材料选用和加工	141
5.1.1 材料选择和镀层厚度	141
5.1.2 热浸镀锌结构件材料的组合	142
5.1.3 焊接构件上的焊缝区镀层	142
5.1.4 镀锌钢的力学性能	143
5.1.5 氢脆	144
5.1.6 镀件尺寸与重量	144

5.2 热浸镀锌钢结构件结构设计的有关要求	145
5.2.1 排气孔的设计要求	145
5.2.2 进排液孔道的设计要求	147
5.2.3 防止变形的要求	150
5.2.4 其他的设计要求	151
5.3 一些典型的热浸镀锌钢构件的设计	152
5.3.1 栏杆	152
5.3.2 矩形管构架	153
5.3.3 直径 7.6cm (3in)以上钢管的组合构架	153
5.3.4 钢管梁柱、灯杆和电力杆	154
5.3.5 箱形部件	154
5.3.6 锥形标志杆	155
5.3.7 罐体或容器	155
5.3.8 螺纹件	157
5.3.9 间隙配合件	159
5.3.10 标记的打印	160
第 6 章 常规热浸镀锌设备	162
6.1 锌锅	162
6.1.1 锌锅材料	162
6.1.2 锌锅的尺寸和结构	163
6.1.3 锌锅的加热强度和生产能力	164
6.1.4 锌锅的使用	165
6.1.5 锌锅的安全运行	167
6.1.6 锌锅的使用寿命	171
6.1.7 锌锅停止运行、检查与修理	174
6.1.8 锌锅损坏时的应对措施	175
6.2 热浸镀锌炉	175
6.2.1 镀锌炉的筑炉材料	176
6.2.2 热浸镀锌炉的加热	177
6.2.3 热浸镀锌炉的加热系统	178
6.2.4 热浸镀锌炉的测温及控温调节系统	179
6.3 前处理工艺槽	180
6.3.1 常用的耐腐蚀材料和涂料	180
6.3.2 脱脂(碱洗)槽	182

6.3.3 酸洗槽、溶剂槽和清洗槽	182
6.4 烘干槽或烘干平台	183
6.5 辅助设备	184
6.5.1 抽锌泵和捞渣器	184
6.5.2 溶剂处理装置	185
第 7 章 钢铁制件热浸镀锌标准及质量要求	186
7.1 国内外热浸镀锌主要标准	186
7.2 热浸镀锌层的质量要求	187
7.2.1 镀层外观	187
7.2.2 锌层厚度	188
7.2.3 附着力	192
7.2.4 均匀性	193
7.3 热浸镀锌层的检验方法	193
7.3.1 试件抽样方法	193
7.3.2 镀层厚度测量方法	194
7.3.3 附着力试验	197
7.3.4 硫酸铜试验	199
7.3.5 镀件的脆性检验	199
7.4 热浸镀锌层外观缺陷及分析	201
7.5 热浸镀锌层的修复	206
7.5.1 允许修复的面积和修复层的厚度	206
7.5.2 修补镀层的材料	206
7.5.3 镀层修补操作工艺	207
7.5.4 修补方法的选择	207
第 8 章 热浸镀锌的环保措施及环境评价	209
8.1 热浸镀锌生产过程中产生的三废及组成	209
8.1.1 热浸镀锌过程产生的废气	209
8.1.2 热浸镀锌过程产生的废液	210
8.1.3 热浸镀锌过程产生的固体废料	210
8.2 热浸镀锌过程中的三废处理	211
8.2.1 废气的控制与处理	211
8.2.2 废液的控制与处理	218
8.2.3 固体废料的控制与处理	220

8.3 热浸镀锌的环境综合评价	223
8.3.1 热浸镀锌生产过程对环境的影响	223
8.3.2 热浸镀锌生产过程对健康的影响	224
8.3.3 热浸镀锌产品对环境的影响的评价	225
第9章 热浸镀铝、锡及铅	227
9.1 热浸镀铝	227
9.1.1 铁—铝及铁—铝—硅相图及金属间化合物	227
9.1.2 热浸镀铝层的形成机理	229
9.1.3 钢的化学成分对热浸镀铝的影响	230
9.1.4 铝液的化学成分对热浸镀铝的影响	230
9.1.5 热浸镀铝工艺	231
9.1.6 工艺参数对热浸镀铝层的影响	234
9.1.7 热浸镀铝层的性能及应用	235
9.2 热浸镀锡	236
9.2.1 铁—锡二元平衡相图及相组成	236
9.2.2 热浸镀锡工艺	237
9.2.3 影响热浸镀锡的因素	238
9.2.4 热浸镀锡层的性能及应用	239
9.3 热浸镀铅	240
9.3.1 铁—铅(铅—锡)二元平衡相图及热浸镀铅层	240
9.3.2 热浸镀铅工艺	241
9.3.3 热浸镀铅层的性能	242
9.3.4 热浸镀铅层的应用	242
参考文献	243

第 1 章 钢铁材料的腐蚀与防护

1.1 钢铁材料防护的重要性

工业上应用最广泛的钢铁材料，在大气、海水、土壤或其他特种介质(例如有机溶剂、液态金属等)中使用，会发生程度不同的腐蚀。据统计，世界上每年因腐蚀而损失的钢铁材料占总产量的五分之一。为了保证产品的性能、延长产品的使用寿命，几乎所有的工业部门都要涉及到金属防护的技术。此外，为了使材料表面具有许多工程上所需的性能，施加各种功能性防护层已成为有效的手段之一。

腐蚀对现代工业造成严重破坏，不仅造成严重的直接损失，而且造成停工、停产的间接损失也是难于估计的，甚至会危及人民的生命和财产安全，因而必须采取有效的防护措施。其次，由于工业技术的飞速发展，出现了不少性能更好的高强度和超高强度材料，例如，在航空、航天、军工等方面，普遍采用高性能材料。其多数零件的结构都非常紧凑，形状都比较复杂，从材料的微观组织结构上和受力条件上都造成对腐蚀更为敏感。因此，针对新材料必须研究新的防护方法。

由于金属腐蚀直接造成金属破坏的现象普遍存在，金属的腐蚀与防护问题已日益引起人们的关注，防止金属腐蚀的防护技术也得到了相应的发展和广泛的应用。

防止金属腐蚀可以从两方面着手，一是控制环境；二是控制金属本身。因此，腐蚀控制技术应包括以下各种途径：改变腐蚀环境；研制新型耐腐蚀材料；施加各种金属或非金属保护层；采用电化学保护技术；合理的选材和合理结构设计。

在各种防护途径中，尤以涂层防护应用最为广泛。施加涂层的方式各不相同，涂层材料涉及的范围也很广。

1.2 钢铁材料的腐蚀原理

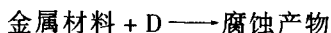
1.2.1 金属材料的腐蚀过程

金属材料由于受到介质的作用而发生状态的变化，转变成新相，从而遭受破

坏的过程称为金属腐蚀。

在自然界中大多数金属通常是以矿石形式存在。例如,铁在自然界中多为赤铁矿,其主要成分是 Fe_2O_3 ,而铁的腐蚀产物——铁锈,其主要产物也是 Fe_2O_3 。可见,铁的腐蚀过程就是金属铁回复到它的自然存在状态的过程。为了使矿石转化为纯金属,就必须提供一定的能量,此能量可以通过冶金或化学的手段来获得。因此,金属状态的铁和矿石中的铁存在着能量上的差异,即金属铁比它的化合物具有更高的自由能。故金属铁具有放出能量而回到热力学上更稳定的自然存在形式的倾向。显然,能量上的差异是产生腐蚀反应的驱动力,而放出能量的过程就是腐蚀过程。伴随着腐蚀过程的进行,将导致腐蚀体系自由能的减少,因此它是一个自发过程。

腐蚀过程可用下面的反应式表示



式中,D为腐蚀介质或介质中的某一组分,腐蚀产物即是腐蚀过程中所形成的新相。

金属材料发生腐蚀作用,必须满足以下两个条件:

- 1) 金属材料发生状态变化,与介质或介质中某一组分组成新相。
- 2) 在金属材料破坏过程中,包括金属材料和介质在内的整个体系的自由能降低。

1.2.2 金属腐蚀的类型

1. 物理腐蚀

物理腐蚀是指当介质是液态金属时,由于液态金属对金属材料的单纯物理溶解作用而引起金属材料的破坏。例如,在热浸镀锌工艺中,熔融锌对铁制锌锅的腐蚀就属于物理腐蚀,腐蚀形成的新相是铁锌金属间化合物。

2. 化学腐蚀

化学腐蚀是指金属表面与非电解质直接发生纯化学作用而引起的破坏。其反应历程的特点是,金属表面的原子与非电解质中的氧化剂直接发生氧化还原反应形成腐蚀产物,即氧化还原反应是在反应粒子相互作用的瞬间,于碰撞的那一个反应点上完成的。腐蚀过程中电子的传递是在金属与氧化剂之间直接进行的,因而没有电流产生。

纯化学腐蚀的情况并不多,主要为金属在无水的有机液体和气体中的腐蚀,以及在干燥气体中的腐蚀。

3. 电化学腐蚀

电化学腐蚀是指金属表面与离子导电的介质(电解质)发生电化学反应而引起的破坏。任何以电化学机理进行的腐蚀反应至少包含一个阳极反应和一个阴极反

应，并以流过金属内部的电子流和介质中的离子流形成回路。阳极反应是氧化过程，即金属离子从金属转移到介质中并放出电子；阴极反应为还原过程，即介质中的氧化剂组分吸收来自阳极的电子。

电化学腐蚀的特点在于，它的腐蚀历程可分为两个相对独立并可同时进行的。由于在被腐蚀的金属表面上存在着在空间或时间上分开的阳极区和阴极区，腐蚀反应过程中电子的传递可通过金属从阳极区流向阴极区，其结果必有电流产生。

金属的电化学腐蚀实质上是短路的原电池作用的结果。这种原电池称为腐蚀电池。金属腐蚀的原电池有两种基本形式：双金属电偶和浓差原电池。图1-1为双金属电偶原电池示意图。该电池由两种不同金属浸入一种电解质溶液组成。当两电极由一种外部的、连续的、金属性质的通道连接起来时，便产生了电流。浓差电池是由两种相同的金属或合金所组成的阴、阳极以及电流回路构成。与金属接触的溶液的浓度不同，提供了产生电流的动力。在一个原电池中，导致腐蚀必须具备以下四个基本因素：

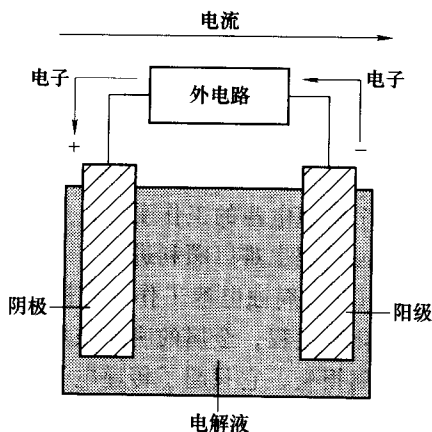


图 1-1 双金属电偶原电池示意图

1) 阳极。这是阳极反应发生、产生电子的电极。腐蚀在阳极发生。

2) 阴极。即接受电子的电极。阴极受保护而不会被腐蚀。

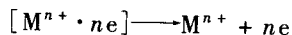
3) 电解质。电解质就是导体，离子流通过导体进行传输。电解质包括酸性、碱性和中性(盐)水溶液。

4) 回路。即连接阳极和阴极的金属通路。它一般是基体金属。

阳极、阴极、电解质和回路都是腐蚀发生的必要条件。其中任何一个条件失去都会使电子流动停止，腐蚀将停止进行。如果阳极或阴极被另一种不同的金属所替代，就有可能导致电流流向的改变，从而改变受腐蚀的电极。

电化学腐蚀的基本过程包含下列三个过程：

1) 阳极过程。阳极过程是金属被溶解，以离子形式进入溶液中，电子留在金属上的过程，即



2) 阴极过程。阴极过程是溶液中的氧化性物质(也叫去极化剂,D)在阴极表面接受从阳极流过来的电子的过程，即



许多种氧化性物质都可以在阴极表面上接受电子，但是最常见的接受电子的物质是氢离子和氧分子，由这两种物质接受电子引起的腐蚀分别称为析氢腐蚀和吸氧腐蚀。

3) 电流的流动。在腐蚀电池中，阳极区发生着阳极过程，阴极区发生着阴极过程。这两个过程靠电子的流动过程而紧密地联系着(电子经阳极流向阴极)。

在溶液中，阳离子向阴极区移动，阴离子向阳极区迁移。只要其中一个过程受到阻滞，其他两个过程也将不能顺利进行，整个腐蚀电池的工作受阻，金属的电化学腐蚀过程也难以顺利进行。

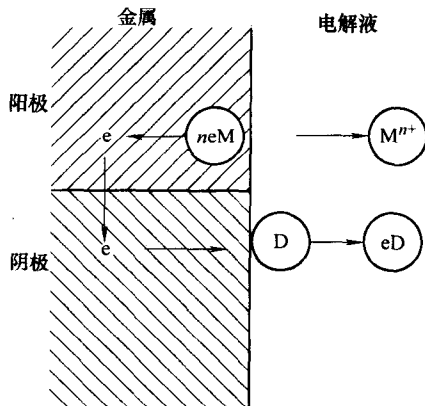


图 1-2 腐蚀电池工作示意图

图 1-2 为腐蚀电池工作示意图。按照上述电化学反应，金属的腐蚀破坏将集中出现在阳极区，在阴极区将不发生可觉察的金属损失，它只起了传递电子的作用。

1.2.3 钢铁的腐蚀

钢铁材料在空气和水等自然环境中，容易和介质发生作用，这是钢铁材料易于发生腐蚀的主要原因。

(1) 在干燥大气环境中，或在高温“干”蒸汽环境中，钢铁表面上没有凝聚水膜，腐蚀反应按化学腐蚀的途径进行，即



(2) 在潮湿大气环境中，随着大气中相对湿度升高到某一临界值(见表 1-1)，在钢铁表面形成凝聚水膜，使电化学反应过程可以进行。此时，金属腐蚀速度突然增大，其腐蚀电化学反应为

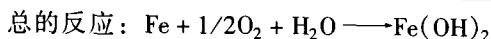
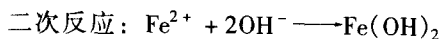
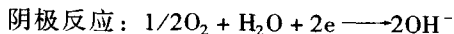
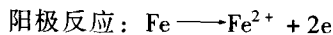


表 1-1 铁在大气中腐蚀速度突升时的临界相对湿度

空气情况和表面状态	临界相对湿度(%)
洁净的铁表面在洁净的空气中	接近 100
洁净的铁表面在加有 0.01%(体积分数)SO ₂ 的空气中	70
试样预先在 H ₂ O 中轻微地腐蚀过	65
试样预先在 3%(质量分数)NaCl 溶液腐蚀过	55

该反应也是钢铁材料在大气中腐蚀生锈的典型反应。腐蚀产物 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 是二次产物,并逐步被氧化成含水的四氧化三铁和含水的三氧化二铁,故钢铁表面的铁锈往往是成分很复杂的铁的含水氧化物或铁盐。一般铁锈最外层氧最易到达,为三价铁,而最里层为二价铁,中间层可能是含水的四氧化三铁。

(3) 在海洋性大气环境中,由于钢铁表面有盐类化合物存在,在空气中的相对湿度远低于 100% 时,即可在钢铁表面形成水膜而发生电化学腐蚀。

(4) 在工业性大气环境中,空气中含有 SO_2 , 使在空气中的相对湿度远低于 100% 时,即可在钢铁表面形成酸性水膜而发生电化学腐蚀。

(5) 当钢铁表面已有锈层,或粘附上化学上不活泼的固体粒子(如灰尘等)时,由于孔隙的毛细管作用,也会使得在低于饱和蒸气压的情况下形成凝聚水膜而发生电化学腐蚀。

1.3 钢铁材料的保护层

1.3.1 热浸镀镀层

热浸镀是将金属工件浸入熔融金属中获得金属镀层的一种方法。钢铁材料是热浸镀的主要基体材料,因此,作为镀层材料的金属的熔点必须比钢铁的熔点低得多。常用的镀层金属有锌(熔点为 419.5°C), 铝(熔点为 658.7°C), 锡(熔点为 231.9°C)和铅(熔点为 327.4°C)等。

热浸镀过程中,被镀金属基体与镀层金属之间通过溶解、化学反应和扩散等方式形成冶金结合的合金层。当被镀金属基体从熔融金属中提出时,在合金层表面附着的熔融金属经冷却凝固成镀层。因此,热浸镀层与金属基体之间有很好的结合力。与电镀、化学镀相比,热浸镀可获得较厚的镀层,作为防护涂层,其耐腐蚀性能大大提高。

1.3.2 电镀镀层

电镀是将所镀的工件作为阴极,镀层金属作为阳极(或用不溶性材料制成阳

极),放在含有所镀金属的离子的电解液中,在直流电的作用下,使金属或合金沉积到阴极(镀件)表面上的过程。在不改变零件主体性能的前提下,在镀件表面电镀获得一层薄镀层来达到提高零件耐腐蚀、装饰、耐磨等目的。

电镀镀层可按镀层的特性和用途,或按镀层与基体金属的电化学关系来分类。

按镀层的特性和用途,可分为:

(1) 防护性镀层。用于防止金属零件的腐蚀,一般采用单金属电镀或合金电镀。

(2) 防护—装饰性镀层。用于既要求防腐蚀,又要求具有装饰性外观的金属镀件,一般采用多层电镀的方法。

(3) 功能性镀层。赋予镀层某些特殊的物理性能,包括耐磨和减摩镀层、热加工用镀层、导电性镀层、磁性镀层、抗高温氧化镀层、修复性镀层等。

按镀层与基体金属的电化学关系,可分为:

(1) 阳极镀层。当镀层与基体金属构成腐蚀微电池时,镀层为阳极而首先溶解。这种镀层不仅能对基体起机械保护作用,而且能起电化学保护作用(如钢铁基体上镀锌)。

(2) 阴极镀层。当镀层与基体金属构成腐蚀微电池时,镀层为阴极,这种镀层只对基体金属起保护作用(如钢铁基体上镀锡),一旦镀层被损伤以后,反而会加速对基体的腐蚀。

由于电镀镀层可以改变材料的表面特性提高材料的表面性能,因此在机器制造工业、无线电电子工业、仪器仪表制造工业、国防工业、交通运输和轻纺工业等方面获得广泛的应用。

1.3.3 化学镀镀层

化学镀是利用一种合适的还原剂使溶液中的金属离子还原,并沉积在基体表面上的化学还原过程。这一化学还原过程仅能在催化的表面上进行,化学镀的催化表面可以是基体表面,但当基体被完全覆盖以后,要使沉积过程继续下去,其催化剂只能是沉积金属本身,一旦反应开始,过程便能连续进行,镀层便得以不断增厚。所以说化学镀是一个可控制的、自催化的化学还原过程。

具有自催化效应、能进行化学镀的金属有镍、铜、钴、银、金、钯、铂、铑等,以及相应的合金。以这些金属或合金为基,还可以加入一些不直接依靠自身催化而沉积的金属和非金属元素,或加入各种分散态的固体微粒,以获得复合化学镀层。

化学镀与电镀不同,它不需要通以直流电,而将镀件直接浸入溶液即可,由此而获得一系列优点。化学镀可以在金属、半导体和非导体材料上直接进行;由