

简明 表面处理工 手册

林春华、葛祥荣等 编

机械工业出版社

简明表面处理工手册

林春华 葛祥荣 王大智 邵志明 编

机械工业出版社

(京)新登字054号

本书综合、简明介绍了在金属表面上进行电镀、电刷镀、无电解镀(化学镀)、阳极氧化、液态和气态缓蚀材料的应用、油漆涂装、化学转化膜、金属热喷涂以及非金属粉末涂装等方面的原理和实用资料,并且介绍了相关领域国内外最新进展,信息量大。可供机械工业部门技术人员和工人以及工科院校师生参考借鉴

图书在版编目(CIP)数据

简明表面处理工手册/林春华,葛祥荣等编.-北京:机械工业出版社,1995

ISBN 7-111-04349-9

I.简… II.林… III.金属表面处理-工艺-手册 IV.TG17-62

中国版本图书馆CIP数据核字(94)第05952号

出版人:马九荣(北京阜成门外百万庄南街1号 邮政编码100037)

责任编辑:韩会民 版式设计:张世琴 责任校对:孙志筠

封面设计:郭景云 责任印制:卢子祥

北京交通印务实业公司印刷·新华书店北京发行所发行

1995年2月第1版·1995年2月第1次印刷

787mm×1092mm^{1/32}·26印张·2插页·565千字

0 001—5 000 册

定价:27.00元

前 言

金属表面工程技术近年获得飞速的发展。对各种金属零件表面进行适当处理，可以显著地提高耐蚀性、耐磨性和装饰性，具有明显的技术效果和经济效益。

金属表面处理的方法很多，本书主要编入了电镀、电刷镀、无电解镀、阳极氧化、液态和气态缓蚀材料、油漆涂装、化学转化膜、金属喷涂和塑料粉末涂装等内容。本书是机械工业出版社出版的系列手册之一，考虑已出版了热处理和焊接方面的简明手册，故这两种工艺用于金属表面处理方面的内容未编入本书。

本书编写的宗旨是：综合；简明；实用；力求引入新资料。可使现场工作的技术人员和工人比较综合地了解金属表面处理的方法，以便做出判断和选择。介绍的资料简明扼要，通常是经过验证是正确的结论，而对理论的阐述则尽量少占篇幅，以求增加内容含量。在有关章节中用一定篇幅介绍了国外有关方面的进展。近年来，从国外引进不少新技术，不少过去用于军事工业的技术移植到民用工业，如润滑油中的减摩添加剂，快速无脆性脱脂清洗剂，室温无污染磷化处理，防锈快干腻子等等。这些产品适用范围广，操作方便，对环境污染小，同时兼有数种功能。国内在引进和应用这些技术方面做了不少工作，书末以附录形式列出数种，以供读者选用。

金属表面处理是实践性很强的技术，书中列出的资料只是为读者提供指导，应用时需结合具体情况进行再创造，这虽是事物的普遍规律，但必须予以强调。

ABA3000

本书第1、4、5章、附录一、二、三由林春华同志负责编写，第2、3章由葛祥荣同志负责编写，第6章由林春华和葛祥荣同志合写，第7章由王大智同志负责编写，第8章由邵志明同志负责编写。全书由林春华同志通校。

由于水平有限，对资料的取舍和引用定有不妥之处，请予指正。在付印之时，感到阴极保护也应列入本书，只能留待日后增补。

在每章末列出了引证文献目录。在此向已列出和未列出的各文献作者表示谢意。

编者

目 录

前言

第1章 金属腐蚀的基本知识	1
1 腐蚀的定义及其危害性	1
2 腐蚀的本质	2
2.1 化学腐蚀	2
2.2 电化学腐蚀	3
3 腐蚀的类型	8
3.1 均匀腐蚀	8
3.2 点腐蚀	8
3.3 缝隙腐蚀	8
3.4 沉积腐蚀	8
3.5 选择腐蚀	9
3.6 晶间腐蚀	9
3.7 层间腐蚀	9
3.8 冲刷腐蚀	9
3.9 空泡腐蚀	9
3.10 磨振腐蚀	9
3.11 环境诱发破裂	10
3.12 双金属腐蚀 (电偶腐蚀)	10
3.13 杂散电流腐蚀	13
第2章 电镀、电刷镀、无电解镀	15
1 镀前表面准备	15
1.1 整平	15
1.2 除油	26
1.3 浸蚀	28
1.4 表面准备工艺的新进展	38

1.5	电刷镀工艺的表面准备	39
2	电镀	42
2.1	镀铜	42
2.2	镀镍	53
2.3	镀铬	62
2.4	镀锌	64
2.5	镀锡	73
2.6	合金电镀	76
2.7	贵金属电镀	94
2.8	电镀设备	108
3	电刷镀	125
3.1	电刷镀的原理、特点和应用范围	125
3.2	电刷镀各种金属镀层	127
3.3	各种金属的电刷镀工艺	155
3.4	电刷镀设备	165
4	无电解镀	180
4.1	无电解镀的原理、特点和应用范围	180
4.2	各种金属的无电解镀工艺流程	181
4.3	各种无电解镀液配方及工艺规范	189
5	不合格镀层的退除	201
5.1	铜镀层的退除	201
5.2	镍镀层的退除	202
5.3	铬镀层的退除	203
5.4	锌镀层的退除	204
5.5	锡镀层的退除	204
5.6	铜—锡合金镀层的退除	205
5.7	金镀层的退除和回收	205
5.8	银镀层的退除和回收	206
5.9	钼镀层的退除	207
5.10	铂镀层的退除和回收	207

5.11 钼镀层的退除	208
5.12 锌镍铁合金镀层的退除	208
5.13 电刷镀商品退镀液	209
6 安全操作	209
6.1 碱性溶液的安全使用	209
6.2 酸性溶液的安全使用	210
6.3 氰化物的安全使用	210
6.4 安全用电	211
6.5 机械设备的安全操作	211
6.6 其他安全知识	211
参考文献	212
第3章 金属阳极化处理	213
1 阳极氧化膜的性能和用途	213
2 铝和铝合金的阳极氧化处理	214
2.1 铝和铝合金的硫酸阳极氧化	214
2.2 铝和铝合金的铬酸阳极氧化	216
2.3 铝和铝合金的草酸阳极氧化	217
2.4 铝和铝合金的硬质阳极氧化	219
2.5 铝和铝合金的瓷质阳极氧化	224
2.6 铝和铝合金其它阳极氧化	226
3 镁合金的阳极氧化	228
4 铜和铜合金的阳极氧化	230
5 锌和镉的阳极氧化	233
6 钢的阳极氧化	233
7 阳极氧化膜性能的测定	233
8 金属电解抛光	240
8.1 金属电解抛光的基本原理	240
8.2 金属电解抛光的应用范围	240
8.3 电解抛光液的种类及工艺流程	244
参考文献	254

第4章 液体和气体缓蚀材料及应用	255
1 水溶性缓蚀剂及防锈水	255
1.1 常用水溶性缓蚀剂的种类和特点	255
1.2 水溶性缓蚀剂的作用原理	257
1.3 防锈水	258
1.4 国内外水溶性缓蚀材料的最新成果	261
2 油溶性缓蚀剂和防锈油脂	269
2.1 油溶性缓蚀剂的作用机理	269
2.2 油溶性缓蚀剂的种类和用途	270
2.3 防锈油脂的组成	272
2.4 置换型防锈油	278
2.5 溶剂稀释型防锈油	287
2.6 防锈润滑两用油	293
2.7 防锈脂	299
2.8 国外的防锈油和防锈脂	300
2.9 防锈油和防锈脂的试验方法	316
2.10 近年来引进的几种溶剂稀释型防腐液及润滑油添 加剂	317
3 气相缓蚀材料	324
3.1 气相缓蚀的机理和特点	324
3.2 气相缓蚀材料的种类和使用方法	325
3.3 气相缓蚀的试验方法	330
4 金属水基清洗剂	332
4.1 金属水基清洗剂的一些专业术语的概念	332
4.2 金属水基清洗剂中的表面活性剂	334
4.3 金属水基清洗剂中的助剂	337
4.4 成分复配和典型金属水基清洗剂的配方	338
4.5 金属水基清洗剂的清洗能力试验方法	343
5 防锈切削液	344
5.1 常用防锈切削油及其配置方法	344

5.2 常用防锈乳化切削液及其配制方法	346
5.3 常用防锈切削水及其配制方法	349
参考文献.....	351
第5章 金属表面的油漆涂装	352
1 涂装材料.....	352
1.1 油漆的组成及代号	352
1.2 油漆中常用油料种类、特性和用途	358
1.3 油漆中常用树脂的种类、特性和用途	358
1.4 油漆中常用颜料种类、特性和用途	360
1.5 油漆中常用溶剂的种类和用途	367
1.6 油漆中辅助材料的种类和用途	372
1.7 腻子的种类、用途和配制方法	375
2 油漆的选用.....	379
2.1 各类油漆的适用范围	379
2.2 防腐蚀漆及其应用	381
2.3 绝缘漆及其应用	390
2.4 特种油漆的性能和用途	394
3 油漆涂装工艺.....	396
3.1 金属在油漆涂装前的表面处理	396
3.2 油漆的涂装方法和涂装工艺	398
4 涂漆施工过程中常见质量问题及防治方法.....	409
5 油漆及漆膜质量检测.....	414
5.1 油漆质量检验	414
5.2 漆膜检验	416
6 涂漆的安全作业	417
参考文献.....	418
第6章 金属表面的化学转化膜	420
1 金属的磷化—磷酸盐膜.....	420
1.1 钢磷化的原理	420
1.2 磷化的工艺过程	424

1.3	铝及其合金的磷化	440
1.4	磷化膜的主要用途	442
1.5	磷化膜的性能测定	445
2	金属的化学氧化和钝化处理-氧化物膜	446
2.1	钢铁的化学氧化	446
2.2	镁合金的化学氧化	451
2.3	铜及铜合金的化学氧化和钝化	455
2.4	不锈钢的化学钝化	458
2.5	锌、镉的化学钝化	458
2.6	银的化学钝化	458
3	金属的着色膜	459
3.1	不锈钢着色	460
3.2	铜及铜合金着色	463
3.3	铝及其合金着色	475
3.4	银及银合金着色	492
3.5	锌及其合金的着色	492
3.6	镉的着色	499
3.7	锡的着色	500
3.8	镍及其合金的着色	501
3.9	铬的着色	502
3.10	铍合金的着色	504
3.11	钛及其合金的着色	504
3.12	钴的着色	506
	参考文献	506
第7章	金属热喷涂技术	507
1	金属热喷涂概况	507
1.1	金属热喷涂分类	507
1.2	金属热喷涂工艺的特点	508
1.3	金属热喷涂层的功能及选用	510
1.4	金属热喷涂的应用	514

2 热喷涂材料.....	516
2.1 金属线材	516
2.2 粉末材料	518
2.3 塑料材料	525
3 金属热喷涂的工艺基础.....	526
4 金属热喷涂施工工艺.....	528
4.1 热喷涂表面的预处理	528
4.2 喷涂	532
4.3 热喷涂层的后处理	536
5 热喷涂层的缺陷及涂层去除方法.....	540
5.1 热喷涂的常见缺陷	540
5.2 热喷涂层的去除方法	541
6 热喷涂层和喷焊层的性能和评定方法.....	545
6.1 热喷涂层的性能和评定方法	545
6.2 自熔性合金喷焊层的性能及检测方法	561
7 热喷涂作业的安全知识.....	567
参考文献.....	569
第8章 塑料粉末涂装.....	571
1 塑料粉末涂料.....	571
1.1 概述	571
1.2 热塑性粉末涂料	572
1.3 热固性粉末涂料	573
1.4 粉末涂料的检验及准备	577
2 工件的前处理.....	579
2.1 涂膜层的缺陷与前处理的关系	579
2.2 机械处理	579
2.3 化学处理	580
2.4 被涂工件的遮蔽	581
8 粉末涂料的涂敷工艺.....	582
3.1 概况	582

3.2 流化床涂敷工艺	583
3.3 静电粉末喷涂工艺	588
3.4 静电流化床涂敷工艺	597
3.5 其它粉末涂敷工艺	599
4 涂敷后的成膜处理	605
4.1 固(塑)化	605
4.2 涂膜层缺陷和消除	605
4.3 涂膜层的后补处理	607
5 涂膜层性能测定	607
6 粉末涂装的安全与卫生	610
参考文献	611
附录一 (印尼) 苏玛查雅工业公司的油漆涂装材料及技术	612
附录二 美力先纳系列常温水基前处理剂及技术	615
附录三 美力先纳MP-7系列产品的应用技术	621

第1章 金属腐蚀的基本知识

1 腐蚀的定义及其危害性

金属与周围介质相接触，相互间发生反应而逐渐遭到破坏的过程叫做金属的腐蚀。

根据国际标准 ISO8044，关于腐蚀概念的定义如下：

腐蚀：金属和其所处环境发生物理化学作用，导致金属性能的改变，并常使金属功能、环境或制作产品的工艺系统遭到破坏。

腐蚀效应：腐蚀引起腐蚀系统任何部分的变化。

腐蚀损伤：对金属功能、环境和制作产品的工艺系统有损的腐蚀效应。

腐蚀侵蚀：腐蚀造成金属物体的外观或其它性质的变化。

腐蚀是普遍存在的现象。金属在给定的状态下能否自发地转化为另一状态，其先决条件是反应发生伴随能量的释放。若转化反应释放能量，则该反应可自发进行，具有热力学推动力。若转化反应需供给能量，则该反应不能自发进行，不具有热力学推动力，金属处于热力学稳定状态。大部分金属都处在热力学不稳定状态，具有腐蚀反应的热力学推动力，如钢的生锈，铜的表面发绿，铝变成白色粉末等。

腐蚀导致损伤和侵蚀，对经济和环境带来极大的损害。

经济损失：可分为直接损失和间接损失两大类。直接损失是指金属本身消耗所带来的损失。据估计全世界每年因腐蚀而报废的钢铁设备相当于年产量的30%。对某些部门，如石油、化工、造船、国防工业等，因腐蚀而导致的直接经济损失有明显增长的趋势。间接损失是指金属受到腐蚀后对生产间接影响所带来的损失。这种损失难以估计，但肯定远远大于直接损失。

腐蚀还导致浪费资源和能源，威胁安全和污染环境，阻碍新技术

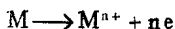
的发展。

例如一根地下输油管道，由于腐蚀物阻塞管道，阻力增加，会导致泵功率的损失；一旦漏穿，会造成油的损失和污染环境，更换管道，会导致生产停顿，花费大量劳务等等。

现代科学技术发展表明，金属腐蚀是可以控制和减小的。

2 腐蚀的本质

从广义来说，许多腐蚀过程本质上都是电化学的，因为这些过程都涉及到氧化反应



但在习惯上人们还是把腐蚀分成化学腐蚀和电化学腐蚀两大类

2.1 化学腐蚀

金属在介质中由于化学作用而产生的腐蚀，它的特点是在腐蚀过程中，金属与介质之间不产生电流。金属和干燥气体（ O_2 、 H_2S 、 SO_2 、 Cl_2 等）接触时表面生成相应的化合物（氧化物、硫化物、氯化物等），属于化学反应。金属与非电解质液体（汽油、煤油、柴油、润滑油、酒精等）接触而产生的腐蚀也是化学腐蚀。

温度对化学腐蚀的影响很大，在常温 and 干燥空气中，钢几乎不腐蚀，但在高温下钢就极易氧化腐蚀。

不同的金属种类对化学腐蚀的敏感也不同，表1-1给出了常见金

表1-1 常见金属氧化膜的性质及其成长规律

金 属	氧化膜性质	氧化膜成长规律
碱金属、碱土金属、钨、钼、钒、铍、钨、铌	多孔或不能形成，无保护作用	温度越高氧化越快，与时间成直线关系
锰、钴、镍、铜、铍、锆、钛及处于较高温度下的铁	较完整和致密，有一定的保护作用	氧化膜的成长与膜厚成反比，与时间呈抛物线关系
铝、铬、锌及处于较低温度的铁	完整而致密、粘着力强，保护作用较好	氧化膜的成长速度慢，与时间呈对数关系

属氧化膜的性质和成长规律，一般来说，氧化膜的体积不大（等于或稍大于所消耗金属的体积），则膜比较致密，保护好；当氧化膜的体积过大（超过所消耗金属体积的2.5~3倍），则内应力变大，氧化膜易开裂，保护性就差。在金属表面镀铬或喷铝，能提高抗化学腐蚀的能力。

2.2 电化学腐蚀

金属在介质中由于电化学作用而发生的腐蚀叫电化学腐蚀。产生电化学腐蚀的条件是，金属接触的介质必须是电解质，在腐蚀过程中金属与介质之间产生电流。电化学腐蚀比化学腐蚀更普遍，危害性更大。金属在潮湿空气中、在酸、碱、盐和海水中的腐蚀，不同金属在接触处的腐蚀等都是电化学腐蚀。

金属电化学腐蚀的原理和金属原电池的原理是相同的。

金属原子按其失去最外壳层电子的难易程度排列成如下顺序：

K、Ca、Na、Mg、Al、Zn、Fe、Sn、Pb、H、Cu、Hg、Ag、
Pt、Au
——→

从这个顺序中可以归纳出金属化学活性有如下性质：

(1)每一种金属（含氢）可以把位于后面的金属从盐溶液中置换出来；

(2)位于氢前面的金属可以把稀酸中的氢置换出来，而位于氢后面的金属则不能；

(3)在上述顺序表中，越在前面的金属化学性质越活泼，其原子越容易失去电子，其离子越难以结合电子而被还原成金属。

任何两种不同的金属插入任何电解质溶液中都可以组成原电池——本身能产生电流的电化学电池，其中较活泼的金属为负极，较不活泼的金属为正极，当用导线将它们连接起来就会产生电流。

为什么原电池能产生电流呢？能斯特理论认为，当金属浸入它的盐溶液中，金属表面上的金属离子受到溶液中极性水分子的吸引，有进入溶液的趋势，金属越活泼，溶液浓度越稀，这种趋势越大；同时，溶液中的金属离子由于不断碰撞金属而有从金属表面获得电子并

沉积到金属表面的趋势，溶液中该种金属离子浓度越大，这种趋势也越大。当这二种过程达到平衡时，如果前一种趋势大于后一种趋势，则金属表面聚积了过剩的电子，结果金属带负电而溶液带正电，由于异性相吸，在金属表面附近的溶液中聚集了较多的金属离子，这就形成了双电层。产生在金属和它的盐溶液之间的电位差，叫该金属的电极电位。原电池之所以能产生电流就是因为两个电极的电极电位不同而引起的。原电池的电动势就是两个电极之间的电位差。

氢作为标准电极，在 25°C ，溶液中该金属离子浓度为 1mol/L 时测量所得各种金属的电极电位叫该金属的标准电极电位，记为 E° 。

表1-2为常见的标准电极电位，它们是按照电位代数值递增的顺序排列起来的，叫金属的电动序。由于标准氢电极电位定为零，所以排在氢之前的金属电位为负值，排在氢之后的金属电极电位为正值。

金属的电极电位和电动序对研究金属的腐蚀和保护是十分重要的，它们的作用是：

(1) 金属电极电位越负，表明其原子失去电子的趋势越大，该金属溶入溶液中的趋势越大，越容易腐蚀；反之，金属电极电位越正，表明其原子失去电子的趋势很小，其离子获得电子变成金属原子的趋势越大，该金属离子溶入到溶液中的趋势越小，越不容易锈蚀。因此，根据电动势就可以判断金属腐蚀的推动力。

(2) 电动序中氢之前的金属能从酸性溶液中置换出氢气，而氢之后的金属则不能。因此可以具体分析在酸性介质中的腐蚀反应。

(3) 当两种金属相接触并在有电解质存在的情况下，根据它们电极电位值的大小，判断腐蚀情况。电位负者被腐蚀，电位正者受保护。

(4) 根据电动序和电极电位，可以从耐腐蚀的观点来合理地选择组合材料。当两种金属材料的电极电位越接近，越难发生接触腐蚀。

综上所述，电化学腐蚀是通过腐蚀电池的形式进行的，形成腐蚀电池必须同时具备三个条件：

(1) 有电位差存在。在不同金属或同种金属的不同区域之间存在电位差。电位差越大，腐蚀越强烈。

(2) 有电解质存在。两极材料共处于相连通的电解质溶液中。