

实用 表面前处理手册

胡传炘 主编



化学工业出版社

实用表面前处理手册

胡传炘 主编

化学工业出版社

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

实用表面前处理手册/胡传忻主编. —北京: 化学工业出版社, 2003. 8

ISBN 7-5025-4679-0

I. 实… II. 胡… III. 金属表面处理-技术手册
IV. TG17-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 059451 号

实用表面前处理手册

胡传忻 主编

责任编辑: 麻雪丽

责任校对: 郑捷

封面设计: 蒋艳君

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 14 字数 375 千字

2003 年 9 月第 1 版 2003 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4679-0/TQ·1778

定 价: 38.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

近些年来,表面技术及工程获得了迅速发展,已广泛应用于众多领域。在表面技术及工程中,前处理占有极为重要的地位,它不仅作为表面处理前的一种“预处理工序”不可或缺,而且与后续表面处理的成败密切相关。前处理技术发展到今天,许多前处理技术及其应用已扩展到表面处理技术以外的领域,成为一门相对独立的技术,例如磷化,以往作为涂装工艺的前处理工序广泛应用,但逐渐发展应用于机加工(拔丝)、着色,近年来又应用于隐身材料的制备,已远远超越涂装工艺的“工序前处理”的范围,成为一个用途广泛、相对独立的专用技术。

关于前处理技术的发展简史及发展趋势,在本书第一章中进行了详细的叙述及分析。

本书从实用角度出发,对前处理各方面知识,从基础知识,一般的除油、除锈、磷化、钝化、氧化到一些材料的应用实例进行了较详细的叙述,不求完备,但求简洁实用。目的是为生产第一线技术人员服务,也可供大专院校有关专业师生参考。

本书主编胡传炘,副主编甘爱锋。具体编写分工如下:第1章由胡传炘、马建春、胡家晖编写,第2章、第3章、第9章由甘爱锋编写,第4章、第6章由胡传炘、黄冬珍编写,第5章由胡传炘、刘昕编写,第7章、第8章由胡传炘、骆武、高颖涛编写,第10章、第11章、第12章由胡传炘、李晋伟编写。

本书在编写过程中参考了大量文献资料,难一一列举,书后所列挂一漏万。谨在此对原文献作者表示诚挚的敬意。

胡传炘

2003.3.15 于北京工业大学

内 容 简 介

本书从实用角度出发,对前处理各方面从基础知识(电解质及电解定律、金属的腐蚀与防护、缓蚀剂等)到一般前处理方法进行了详细的介绍。主要内容包括:金属表面机械处理(磨光、抛光、喷砂、刷光)、除油(电化学法、化学法、超声等)、除锈、磷化、钝化、氧化、水剂防锈,某些非金属材料(塑料、木材)表面前处理,表面前处理设备简介,表面前处理的环保要求及对策。特别注重对典型表面处理工艺实例分析。

本书适于从事表面前处理及表面处理生产第一线的技术人员、技术工人阅读,也可供大专院校有关专业师生参考。

目 录

第 1 章 基础知识	1
1.1 前处理技术现状及发展趋势	1
1.1.1 引言	1
1.1.2 前处理技术发展的简单回顾	1
1.1.3 前处理技术现状及发展趋势	2
1.2 电解质与电解定律	9
1.2.1 电解质	9
1.2.2 电化学反应	10
1.2.3 电解液的基本性质	12
1.2.4 电解定律	17
1.3 金属的腐蚀与防护	19
1.3.1 金属腐蚀与腐蚀分类	19
1.3.2 腐蚀机理	22
1.3.3 电极电位	25
1.3.4 电位-pH 图	29
1.3.5 腐蚀速度	30
1.4 缓蚀剂	33
1.4.1 缓蚀剂定义	33
1.4.2 缓蚀剂分类	34
1.4.3 缓蚀作用影响因素	36
1.4.4 缓蚀剂的应用	39
第 2 章 金属表面机械处理	48
2.1 磨光	48
2.1.1 磨光过程	48
2.1.2 磨料	48
2.1.3 磨光轮	52
2.1.4 磨光带	52

2.1.5 磨光润滑剂	55
2.2 抛光	55
2.2.1 抛光过程	55
2.2.2 抛光轮、抛光膏和抛光液	55
2.2.3 塑料的磨光与抛光	60
2.3 成批光饰	60
2.3.1 磨削介质	61
2.3.2 普通滚光	63
2.3.3 振动光饰	66
2.3.4 离心滚光	67
2.3.5 离心盘光饰	68
2.3.6 旋转光饰	69
2.4 喷砂	70
2.4.1 喷砂的目的	70
2.4.2 喷砂的种类	70
2.4.3 喷丸或抛丸	74
2.5 刷光	76
2.5.1 刷光的目的	76
2.5.2 刷轮的种类	76
2.5.3 刷光工艺	78
第3章 电抛光与化学抛光	80
3.1 概述	80
3.1.1 电抛光	80
3.1.2 化学抛光	81
3.2 钢铁的电抛光与化学抛光	81
3.2.1 钢铁的电抛光	81
3.2.2 钢铁的化学抛光	83
3.3 铝及铝合金的电抛光与化学抛光	85
3.3.1 铝及铝合金的电抛光	85
3.3.2 铝及铝合金的化学抛光	87
3.4 铜及铜合金的电抛光与化学抛光	89
3.4.1 铜及铜合金的电抛光	89
3.4.2 铜及铜合金的化学抛光	90

3.5 其他金属的电抛光与化学抛光	91
3.5.1 镍及其合金的电抛光	91
3.5.2 银的电抛光	91
3.5.3 其他金属的电抛光	93
3.5.4 通用电抛光液	97
3.5.5 以高氯酸为主的电抛光液	98
3.5.6 锌、镉的化学抛光	99
3.5.7 其他金属的化学抛光	100
第4章 除油	102
4.1 常见油脂及除油方法	102
4.1.1 常见油脂	102
4.1.2 常用除油方法	102
4.2 有机溶剂除油	103
4.2.1 常用有机溶剂特性	103
4.2.2 常用有机溶剂除油方法	105
4.2.3 注意事项	106
4.3 化学除油	106
4.3.1 皂化作用与乳化作用	106
4.3.2 化学除油液各组分的作用	106
4.3.3 化学除油工艺	108
4.3.4 影响化学除油效果的工艺因素	113
4.4 电化学除油	114
4.4.1 电化学除油的原理	115
4.4.2 影响电化学除油的因素	115
4.4.3 电化学除油的配方及工艺条件	117
4.5 低温除油	118
4.5.1 除油表面活性剂	118
4.5.2 低温除油液	119
4.6 超声除油	119
4.6.1 超声除油的原理	120
4.6.2 超声除油工艺参数	120
4.7 擦拭除油	121
4.7.1 擦拭除油特点	121

4.7.2 擦拭除油应用	121
4.8 滚筒除油	122
4.8.1 滚筒除油原理	122
4.8.2 滚筒除油配方和工艺条件	122
4.9 除油剂常用化学物质简介	124
4.9.1 常用碱性物质	124
4.9.2 金属的耐碱性	125
4.9.3 常用氧化剂	126
4.9.4 金属离子螯合剂	127
4.9.5 吸附剂	128
4.9.6 表面活性剂	128
4.10 除油标准及检验方法标准	130
附录 GB/T13312—91 钢铁件涂装前除油程度检验方法 (验油试纸法)	130
第5章 除锈	134
5.1 概述	134
5.1.1 金属表面的锈	134
5.1.2 除锈方法	134
5.1.3 常用酸简介	135
5.1.4 除锈添加剂	139
5.1.5 除锈后工序间防锈	140
5.2 钢铁工件除锈	141
5.2.1 化学除油	141
5.2.2 不锈钢和耐热钢的除锈	145
5.3 其他金属的除锈	148
5.3.1 铜及其合金的除锈	148
5.3.2 镁及其合金的除锈	150
5.3.3 锌、锡、镉、铅、镍等金属及其合金的除锈	151
5.4 弱浸蚀	152
5.4.1 钢铁零件的弱浸蚀	152
5.4.2 铜及其合金的弱浸蚀	153
5.4.3 锌的弱浸蚀	153
5.4.4 铝的弱浸蚀	154

5.5 除锈、除油联合处理	154
5.6 除锈标准及检验方法	155
5.6.1 涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级	155
5.6.2 涂装前表面准备(酸洗)	155
附录1 GB8923—88 涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级 (节选)	155
附录2 JB/T6978—93 涂装前表面准备酸洗	160
第6章 磷化	164
6.1 概述	164
6.1.1 磷化原理	164
6.1.2 磷化分类	165
6.1.3 磷化作用及用途	167
6.2 磷化膜组成及性质	168
6.2.1 磷化膜分类	168
6.2.2 磷化膜组成	169
6.2.3 磷化膜性质	169
6.3 磷化液成分及工艺条件	169
6.3.1 高温型磷化处理	169
6.3.2 中温型磷化处理	170
6.3.3 常温型磷化处理	171
6.4 磷化工艺	171
6.4.1 磷化工艺方法分类	171
6.4.2 磷化处理工艺流程	172
6.4.3 磷化处理液配制	172
6.4.4 磷化工艺操作中注意事项	172
6.4.5 磷化后处理	175
6.4.6 磷化膜质量检验	175
6.5 有色金属磷化	176
6.5.1 铝件的磷化	176
6.5.2 镀锌件的磷化	176
6.6 着色磷化膜	177
6.6.1 化学着色工艺	177
6.6.2 电化学着色工艺	178

6.6.3 应用举例	180
6.7 磷化渣及处理	180
6.7.1 磷化渣生成	180
6.7.2 磷化渣组成	181
6.7.3 磷化渣控制	181
6.7.4 磷化渣处理	181
6.7.5 磷化渣综合处理方案	183
6.8 磷化标准及检验方法标准	184
6.8.1 钢铁工件涂漆前磷化处理技术条件	184
6.8.2 多功能钢铁处理液通用技术条件	184
附录 1 GB6807—86 钢铁工件涂漆前磷化处理技术条件	184
附录 2 GB/T12612—90 多功能钢铁处理液通用技术条件	192
第 7 章 氧化	201
7.1 概述	201
7.1.1 金属的氧化	201
7.1.2 氧化膜性能、用途及分类	201
7.2 钢铁的氧化	201
7.2.1 钢铁氧化的实质	201
7.2.2 碱性氧化 (高温发蓝)	202
7.2.3 常温发蓝	204
7.2.4 钢铁氧化应用	206
7.3 铜及铜合金的氧化	206
7.3.1 铜及铜合金氧化的实质	206
7.3.2 氧化工艺流程	206
7.3.3 溶液配制及工艺条件	206
7.3.4 工艺操作中注意事项	207
7.3.5 铜及铜合金氧化应用	208
7.4 铝及铝合金的氧化	208
7.4.1 装饰性氧化	209
7.4.2 硬质阳极氧化	226
7.4.3 特种阳极氧化	232
7.5 镁及镁合金的氧化	235
7.5.1 镁及镁合金的化学氧化	235

7.5.2 镁及镁合金的电化学氧化	238
第8章 钝化	240
8.1 概述	240
8.1.1 钝化的意义	240
8.1.2 钝化机理简介	240
8.2 钢铁的钝化	240
8.2.1 钢铁氧化后钝化	240
8.2.2 钢铁件钝化防锈	241
8.2.3 不锈钢酸洗后钝化	241
8.3 铜及铜合金的钝化	242
8.3.1 化学钝化	242
8.3.2 电化学钝化	244
8.4 铝及铝合金的钝化	244
8.4.1 铝及铝合金化学氧化后钝化	244
8.4.2 铝及铝合金阳极氧化后钝化	245
8.4.3 铝及铝合金氧化膜封闭处理	245
8.5 锌涂(镀)层钝化	248
8.5.1 钝化作用	248
8.5.2 钝化膜生成机理	248
8.5.3 高铬酸彩虹色钝化	250
8.5.4 低铬酸彩虹色钝化	253
8.5.5 超低浓度铬酸彩色钝化	256
8.5.6 彩虹色膜的漂白处理	256
8.5.7 低铬酸白钝化	258
8.5.8 低铬和超低铬银白色钝化工艺	260
8.5.9 军绿色钝化	261
8.5.10 黑色钝化	262
8.6 碳化后钝化	264
8.6.1 涂装磷化后钝化	265
8.6.2 防腐磷化后钝化	265
第9章 水剂防锈	267
9.1 金属水剂清洗	267

9.1.1	表面活性和表面活性剂的性质	267
9.1.2	水剂清洗原理	285
9.1.3	助剂	286
9.1.4	金属水基清洗剂配方举例	291
9.1.5	水剂清洗工艺	292
9.2	水剂防锈液	312
9.2.1	防锈水	312
9.2.2	水基乳化防锈液	315
9.2.3	水基切削液	323
附录 1	表面张力的测定	334
附录 2	金属材料 and 零件用水基清洗剂技术条件	351
附录 3	金属材料 and 零件用水基清洗剂试验方法	353
附录 4	JB 4322—86 水基金属清洗剂试验方法	363
附录 5	JB 4323—86 水基金属清洗剂	375
第 10 章	前处理举例	379
10.1	塑料电镀前处理	379
10.1.1	工艺流程	379
10.1.2	去应力	379
10.1.3	除油	381
10.1.4	粗化	382
10.1.5	中和	385
10.1.6	敏化	392
10.1.7	活化	395
10.1.8	还原或解胶	398
10.1.9	粗化、敏化、活化“三合一”预处理工艺	399
10.1.10	导电涂层	400
10.2	钢铁涂装及热喷涂前处理	401
10.2.1	钢铁表面一般前处理	401
10.2.2	钢铁表面涂料涂装及热喷涂前除锈要求	401
10.2.3	钢铁表面粗糙度要求	401
10.3	木材、塑料涂料涂装前处理	402
10.3.1	木材涂料涂装前处理	402

10.3.2 塑料表面前处理	403
第 11 章 表面前处理设备简介	406
11.1 清洗设备	406
11.1.1 超声清洗设备及常见故障分析	406
11.1.2 三氯乙烯清洗设备	407
11.1.3 机械连续清洗设备及常见故障分析	407
11.2 浸渍式前处理设备	411
11.2.1 槽体	412
11.2.2 加热装置及加热槽	414
11.2.3 通风装置	415
11.2.4 槽液的搅拌装置	416
11.3 喷射式前处理设备	416
11.3.1 喷射式前处理设备简介	416
11.3.2 通道式前处理设备	416
11.4 滚光、抛光、磨光	417
11.4.1 滚光设备	417
11.4.2 抛、磨、刷光设备	417
第 12 章 表面前处理环保要求及对策简介	423
12.1 概述	423
12.1.1 前处理主要环保问题	423
12.1.2 废水排放标准	423
12.2 前处理过程中废水的排放	426
12.2.1 除油	426
12.2.2 除锈	426
12.2.3 表调	426
12.2.4 磷化	426
12.2.5 钝化	427
12.2.6 前处理液成分分析	427
12.3 前处理废水处理	428
12.3.1 工业废水处理等级	428
12.3.2 涂装前处理废水处理方法	428
主要参考文献	430

第1章 基础知识

1.1 前处理技术现状及发展趋势

1.1.1 引言

基体前处理技术是伴随涂层技术的产生而产生的。基体前处理是为涂层技术服务的。表面处理技术应包括基体前处理、涂层制备、涂层后处理三个部分。基体前处理是为制备优良涂层打基础的。从早期涂层制备技术诞生的第一天起,基体前处理早期技术也就产生了。

下面在讨论什么是涂层?有多少种涂层及相应的制备技术?基体前处理的内容和目的是什么?基体前处理与涂层技术是什么关系的基础上,将对基体前处理技术的发展现状及发展趋势进行简单分析。

1.1.2 前处理技术发展的简单回顾

1.1.2.1 什么是涂层

谈基体前处理,必须先谈涂层。至今尚未见到有人对涂层下一个明确的定义。下面将通过定义方法,确定涂层这个概念的内涵与外延。

涂层、镀层、覆盖层、膜是一个概念,还是有所不同?彼此间有何关系?学术界迄今仍未达成统一的认识。

(1) 广义涂层定义

广义的涂层可定义为:用物理的、化学的,或者其他方法,在金属或非金属基体表面形成的一层有一定厚度,不同于基体材料且具有一定的强化、防护或特殊功能的覆盖层,称为涂层。

上述涂层定义涉及下列应搞清楚的问题。

① 涂层应有“一定厚度”,而这个厚度是多少?

② 涂层是“不同于基体材料”的一个覆盖层，应是一种什么材料？

③ 涂层是怎样形成的？即涂层形成的机制是什么？

④ 涂层是如何“附着”在基体上？即涂层与基体的结合机制如何？

⑤ 涂层要有“一定功能”，应是什么功能？

上述5条之中，第③、④两条与基体前处理密切相关。

(2) 狭义涂层定义

狭义的涂层可定义为：用物理的、化学的，或者其他方法，在金属或非金属表面形成的一层厚度一般大于 $10\mu\text{m}$ ，不同于基体材料且具有一定的强化、防护或特殊功能的覆盖层，称之为涂层。

我们可以看出，广义涂层定义与狭义涂层定义的区别在于后者对覆盖层厚度的限定。通常的看法为：极薄的“涂层”称为“膜”。例如，物理气相沉积（PVD）、化学气相沉积（CVD）在基体表面形成的“涂层”，因其厚度极薄（一般仅为几个至几十个 μm ）而称之为膜。但也不尽如此，如铝及铝合金化学处理得到的表面氧化层，虽仅 $0.3\sim 4\mu\text{m}$ ，我们称之为氧化“膜”；而硬质阳极氧化“膜”，厚度为 $60\sim 250\mu\text{m}$ 。这里厚度为 $250\mu\text{m}$ 的覆盖层仍被称为“膜”。事实上，据覆盖层厚度区分“涂层”与“膜”也只是个大致的方法，这里还有个习惯的因素。

1.1.2.2 涂层及其相应制备技术

涂层分类可以按涂层材料划分，也可按涂层制备方法来划分，还可以按涂层功能来划分。这里，我们按涂层功能分类并给出其相应的制备技术，见表1-1。

显然，表1-1所列并非全部涂层及相应制备技术。

1.1.2.3 基体前处理技术的简单回顾

基体前处理技术的发展简况小结于表1-2。

1.1.3 前处理技术现状及发展趋势

1.1.3.1 现状

(1) 目前生产中常用的前处理方法（见表1-3）

表 1-1 涂层分类 (按功能划分)

涂层功能	涂 层	举 例	制 备 方 法
防腐涂层	(1)电镀层(含电泳)	电镀锌、镉、锡等	电镀
	(2)化学转化层	铬酸盐膜、磷酸盐膜	化学转化
	(3)热浸镀层	热浸镀铝、锌	热浸镀
	(4)热喷涂层	热喷涂铝、锌	热喷涂
	(5)涂料及塑料涂层	各种油漆、塑料(聚乙烯等)	涂装
	(6)扩散涂层	铬、锌等	熔盐法、喷涂-扩散法等
耐磨及减磨涂层	(7)电镀层	电镀铬	电镀
	(8)热喷涂层	热喷涂(焊)Ni基合金、 Al_2O_3 等	热喷涂(焊)
	(9)激光表面处理层	激光相变硬化、激光溶凝、涂敷	激光表面处理
	(10)堆焊层	堆焊耐磨合金	堆焊
	(11)物理气相沉积层(PVD)	离子镀 TiN、TiC、Ti(N)等	PVD
	(12)化学气相沉积层(CVD)	镀 TiC、TiN 等	CVD
	(13)固体润滑层	MoS_2 及 TiN+ MoS_2 复合涂层	磁控溅射等
	(14)热障涂层	ZrO_2 涂层	等离子喷涂
特殊功能涂层	(15)导电涂层	各种金属涂层(或含金属粒子涂层)	热喷涂、涂装
	(16)隐身涂层	各种吸收雷达波涂层	涂装
	(17)电磁屏蔽涂层	各种金属涂层	热喷涂
	(18)抗海洋生物涂层	各种防污涂料涂层	涂装
	(19)氧化-着色涂层	铝及铝合金阳极氧化	阳极氧化
	(20)耐烧结梯度涂层	$\text{ZrO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 梯度涂层	等离子喷涂等
	(21)人造骨生物相容性涂层	Ti 合金/羟基磷灰石涂层	热喷涂
	(22)热烫印涂层	各种染色树脂	热烫印
	(23)真空烧结涂层	烧结	真空烧结
	(24)瓷釉层	各种瓷釉层	高温熔融
	(25)铸渗涂层	WC-高铬铸铁耐磨层	铸渗