

工人岗位培训实用技术读本

电镀技术

吉化公司 组织编写
程秀云 张振华 等主编



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

工人岗位培训实用技术读本

电 镀 技 术

吉化公司 组织编写
程秀云 张振华等主编

化 学 工 业 出 版 社

工业装备与信息工程出版中心

·北 京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

电镀技术/程秀云, 张振华等主编. —北京: 化学工业出版社,
2002.12

工人岗位培训实用技术读本

ISBN 7-5025-4040-7

I. 电… II. ①程…②张… III. 电镀-工艺-技术培训-教材
IV. TQ153

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 070761 号

工人岗位培训实用技术读本

电 镀 技 术

吉化公司 组织编写

程秀云 张振华等主编

责任编辑: 周国庆 戴燕红

责任校对: 陈 静

封面设计: 郑小红

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行

工业装备与信息工程出版中心
(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

北京市燕山印刷厂印刷

三河市延风装订厂装订

开本 850 毫米 × 1168 毫米 1/32 印张 14 1/4 字数 420 千字

2003 年 1 月第 1 版 2003 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4040-7/TM·22

定 价: 27.00 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

由中国化工机械动力技术协会与吉林化学工业公司共同组织编写的《技术工人岗位培训读本》，包括《电焊工》、《气焊工》、《检修钳工》、《管工》、《铆工》、《起重工》、《维修电工》、《仪表维修工》共 8 个分册，于 2001 年年初由化学工业出版社出版发行后，得到了广大读者，尤其是工人读者的厚爱，至今已销售 80000 余册。

为了满足更广泛的企业技术工人岗位培训的需要，不断提高技术工人的专业技术水平，增强技术工人在科技飞速发展形式下的技术素质以及在市场经济体制下的竞争能力，中国化工机械动力技术协会与吉化公司决定共同组织编写《工人岗位培训实用技术读本》(以下简称《读本》)，包括《电镀技术》、《防腐蚀衬里技术》、《工业清洗技术》、《热处理技术》、《无损检测技术》、《带压补漏技术》、《管道施工技术》、《电机修理技术》、《工厂供电技术》、《仪器分析技术》共 10 个分册。

这套《读本》主要具有以下特点：

(1) 实用性。由长期工作在生产一线、具有丰富实践经验的工程师、高级技师编写，注重解决生产实践中的难题，注重提高技术工人的素质和能力，特别是技术工人取证后素质和能力的培养、提高。

(2) 技能性。不刻意强调知识的系统性和完整性，而是注重知识和技能的紧密联系，突出技能和技巧。

(3) 通用性。以化工行业为基础编写，但不局限于化工行业，而是拓展到其他领域。特别是在举例方面，充分照顾到不同行业的通用性。

(4) 新颖性。既介绍常用的、传统的技术、工艺、方法，又介

14

绍新技术、新工艺、新方法，尤其是当前企业中运用比较普遍或成熟的。

(5) 广泛性。既满足大型企业技术工人提高技能的要求，又照顾到中、小型企业技术工人生产实践的需要。

《电镀技术》是这套《读本》的其中之一。

电镀是利用电解方法对零件进行表面加工的一种工艺。现代的电镀生产水平已从最早的单纯装饰，发展到防锈、防护和各种工程和功能性的应用。

本书共分7章，内容包括电镀基础知识、金属制品的镀前表面处理、电镀设备、电镀工艺、金属的氧化和磷化、特种电镀、常用电解液的分析方法。本书对较常用的电镀工艺进行了重点介绍，理论与实践相结合，通俗易懂，特别适合于电镀生产第一线的操作工人和工程技术人员使用。

本书第1、2、7章由文化峰编写；第3章由张振华编写；第4~6章由程秀云、张振华、刘文福编写。全书由张钧、何景轩审核。

由于编者水平有限，不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2002年6月

《工人岗位培训实用技术读本》

编写委员会

主 任：焦海坤

副主任：刘振东 孔祥国 魏 然

委 员：刘焕臻 李 固 曲诗林

关昱华 王成林 刘勃安

周国庆

目 录

第 1 章 电镀基础知识	1
1 电镀的概念	1
2 电镀的结晶过程	1
2.1 电镀的结晶过程	1
2.2 影响电镀结晶粗细的因素	2
3 镀液的分散能力和覆盖能力	3
3.1 影响镀液分散能力和覆盖能力的因素	3
3.2 改善电解液分散能力和覆盖能力的途径	5
4 电镀层的分类及选择	6
5 对金属镀层的要求	8
5.1 对镀层的要求	8
5.2 影响镀层质量的主要因素	9
第 2 章 金属制品的镀前表面处理	10
1 镀前表面处理的重要性	10
1.1 镀前处理的重要性	10
1.2 镀前处理常用的方法	11
2 磨光与抛光	11
2.1 磨光	11
2.2 抛光	14
3 刷光与滚光	16
3.1 刷光	16
3.2 滚光	16
4 喷砂处理	18
4.1 概述	18
4.2 喷砂常用的砂料	18
4.3 其他方法	19
5 除油	20

5.1	概述	20
5.2	有机溶剂除油	20
5.3	化学除油	20
5.4	电化学除油	26
5.5	其他除油方法	28
6	浸蚀	29
6.1	概述	29
6.2	化学浸蚀	29
6.3	电化学浸蚀	37
7	电解抛光与化学抛光	38
7.1	电解抛光	38
7.2	化学抛光	42
8	挂具	42
8.1	概述	42
8.2	挂具的结构	43
8.3	挂具的外形尺寸	45
8.4	挂具材料的选择	47
8.5	挂具的绝缘处理	47
第3章	电镀设备	50
1	电气设备	50
1.1	电源设备	50
1.2	线路设备	52
2	机械设备	56
2.1	整平设备	56
2.2	喷砂清理设备	56
2.3	滚光桶	57
3	固定槽设备	58
4	通风设备和过滤设备	62
第4章	电镀工艺	63
1	镀铬	63
1.1	概述	63
1.2	镀铬工艺特点	63
1.3	镀铬溶液成分、作用及其规范的影响	66

1.4	镀硬铬	72
1.5	装饰性镀铬	79
2	镀锌	88
2.1	概述	88
2.2	氰化物镀锌	89
2.3	碱性锌酸盐镀锌	94
2.4	氯化钾盐镀锌	97
2.5	硫酸盐镀锌	104
2.6	镀后处理	107
2.7	镀锌的工艺流程	114
2.8	镀层的检验与不合格镀层的退除	115
3	镀镉	116
3.1	概述	116
3.2	氰化物镀镉	116
3.3	硫酸盐镀镉	120
3.4	镀镉的工艺流程	122
3.5	镀镉层镀后处理与不合格镀层退除	123
4	镀铜	123
4.1	概述	123
4.2	氰化物镀铜	124
4.3	硫酸盐镀铜	128
4.4	焦磷酸盐镀铜	136
4.5	镀铜、镍、铬工艺流程	142
4.6	镀层检验和不合格镀层的退除	143
5	镀镍	144
5.1	概述	144
5.2	普通镀镍	145
5.3	光亮镀镍	153
5.4	多层镀镍	157
5.5	其他镀镍	160
5.6	不良镍镀层的退除方法	163
6	镀锡	165
6.1	概述	165

6.2	碱性镀锡	166
6.3	酸性电解液镀锡	170
6.4	镀锡工艺过程	174
6.5	镀层检验与不合格镀层退除	175
7	镀铁	175
7.1	概述	175
7.2	氯化亚铁镀铁	176
7.3	硫酸亚铁盐镀铁	184
8	电镀铜锡合金	186
8.1	概述	186
8.2	氰化物镀铜锡合金	187
8.3	焦磷酸盐镀铜锡合金	191
8.4	镀层检验和不合格镀层退除	197
9	仿金电镀	198
9.1	概述	198
9.2	氰化物电镀仿金镀层	198
10	镀镍铁合金	203
第5章 金属的氧化和磷化		210
1	铝及铝合金的氧化处理	210
1.1	概述	210
1.2	氧化前的表面准备	211
1.3	化学氧化	214
1.4	电化学氧化法	218
1.5	铝及铝合金氧化膜的着色	230
1.6	氧化膜的封闭处理	236
1.7	铝及铝合金不合格阳极氧化膜的退除	238
2	钢铁磷化	239
2.1	概述	239
2.2	磷化工艺	240
3	钢铁氧化	248
3.1	概述	248
3.2	氧化膜生成的机理	249
3.3	钢铁的氧化工艺规范	249

3.4	溶液的配制	250
3.5	钢铁零件氧化工艺流程	250
3.6	操作注意事项	250
3.7	各种因素的影响	251
3.8	氧化后处理	252
3.9	钢铁氧化常见故障产生原因及纠正方法	252
3.10	氧化膜的质量检验	253
第 6 章 特种电镀		255
1	刷镀	255
1.1	刷镀原理和应用范围	255
1.2	刷镀设备	256
1.3	刷镀工艺	261
2	化学镀	289
2.1	概述	289
2.2	化学镀锌	290
2.3	化学镀铜	295
3	塑料电镀	297
3.1	概述	297
3.2	对塑料件的技术要求	297
3.3	ABS 塑料的组成	298
3.4	ABS 塑料电镀工艺	298
3.5	常用塑料的预处理	304
3.6	常用塑料制品镀层去除工艺	308
第 7 章 常用电解液的分析方法		310
1	镀铬溶液分析	310
1.1	普通镀铬溶液分析	310
1.2	复合镀铬溶液分析	319
1.3	快速镀铬溶液分析	321
1.4	镀黑铬溶液分析	323
2	镀锌溶液分析	324
2.1	氰化物镀锌溶液分析	324
2.2	硫酸盐镀锌溶液分析	327
2.3	锌酸盐镀锌溶液分析	328

2.4	氯化钾镀锌溶液分析	330
2.5	钝化溶液分析	331
3	镀铬溶液分析	333
3.1	酸性镀铬溶液分析	333
3.2	氰化物镀铬溶液分析	334
4	镀铜溶液分析	336
4.1	焦磷酸盐镀铜溶液分析	336
4.2	酸性镀铜溶液分析	340
4.3	氰化物镀铜溶液分析	341
5	镀镍溶液分析	345
5.1	普通镀镍溶液分析	345
5.2	光亮镀镍溶液分析	349
5.3	镀黑镍液分析	351
6	镀锡溶液分析	352
6.1	碱性镀锡溶液分析	352
6.2	酸性镀锡溶液分析	356
7	镀铁溶液分析	357
7.1	氯化亚铁溶液分析	357
7.2	硫酸亚铁镀铁溶液分析	359
8	氰化镀仿金溶液分析	362
9	铜锡合金溶液分析	364
10	镍铁合金溶液分析	365
11	铝阳极氧化、钢铁氧化溶液分析	366
11.1	硫酸阳极氧化溶液分析	366
11.2	草酸阳极氧化溶液分析	367
11.3	铬酸阳极氧化溶液分析	368
11.4	钢铁氧化溶液分析	369
12	化学镀溶液分析	370
12.1	化学镀铜溶液分析	370
12.2	化学镀镍溶液分析	373
13	试剂配制	375
13.1	标准溶液的配制与标定	375
13.2	指示剂和缓冲溶液的配制	385

附录 1 电镀车间环境保护控制指标 389
附录 2 电镀常用数据和有关资料 396
附录 3 电镀作业的安全措施 433
参考文献 435

第 1 章 电镀基础知识

1 电镀的概念

电镀是利用电解方法对零件进行表面加工的一种工艺。电镀时零件为阴极，镀液中的金属离子在直流电的作用下沉积在零件表面形成均匀、致密的金属镀层。

电镀必需的条件是外加直流电源，镀液和镀件及阳极组成的电解装置。

电镀的目的是通过改变零件表面的外观和物理化学性质，达到装饰性、耐腐蚀性和耐磨性等各种技术性能。还可以根据具体的工艺要求施加某种功能性镀层，如焊接性、电能性、磁能性、光能性镀层等，充分扩大金属材料的应用范围。

电镀已经遍及国民经济各个生产和科学领域中。尤其在机器制造、国防、电讯、交通、轻工业等行业已成为不可缺少的一部分。在化工生产中电镀广泛应用于提高各种轴类、套类等零部件的耐磨、抗腐蚀性能；在使用于各种高压垫圈的密封防腐以及各种机械磨损和加工件的修复尺寸等方面起到越来越重要的作用。

2 电镀的结晶过程

2.1 电镀的结晶过程

电解液中的金属离子或其络离子在阴极还原沉积出金属镀层的过程叫电结晶。

电结晶在很多方面与一般的结晶过程相似。但电结晶与一般的结晶有所不同；一般盐类的结晶是物理过程，只要设法提高溶液的浓度，增大其过饱和度即可实现结晶，而电结晶是一个电化学反应过程。金属离子是否能够还原，决定于阴极电位。在平衡电位下金

属离子还原反应的速度与金属氧化反应的速度相等，金属离子不会在阴极沉积，只有在阴极电位偏离于平衡状态，即产生一定的过电位时才能在阴极上沉积出金属晶体。电结晶中过电位的作用与一般结晶过程中过饱和度所起的作用相似。

金属电沉积是一个复杂的过程。它一般有几个连续的或同时的界面反应步骤。

① 溶液中的金属离子（如水化金属离子或络合离子）通过电迁移、对流、扩散等形式到达阴极表面附近；

② 金属离子在还原之前在阴极附近或表面发生化学转化；

③ 金属离子从阴极表面得到电子还原成金属原子；

④ 金属原子沿表面扩散到达生长点进入晶格生长，与其他粒子相遇形成晶核长大成晶体。

在形成金属晶体时又分两个步骤进行：结晶核的生成和成长。晶核的形成速度和成长速度决定所得结晶的粗细。

2.2 影响电镀结晶粗细的因素

金属电结晶时同时进行晶核的生成与成长的两个过程。这两个过程的速度决定着金属结晶的粗细程度。如果晶核的生成速度较快，而晶核生成后的成长速度较慢，则生成的晶核数目较多，晶粒较细，反之晶粒就较粗。晶核的生成速度愈大于晶核的成长速度，镀层结晶愈细致、紧密。

实践结果表明，提高电结晶时的阴极极化作用可以加速晶核的生成速度，便于形成微小颗粒的晶体。在一般情况下电镀中常常提高电结晶时的阴极极化作用以增加晶核生成速度，从而获得结晶细致的镀层。

为了提高金属电结晶时的阴极极化作用可以采取以下几种措施：

(1) 提高阴极电流密度 一般情况下阴极极化作用随阴极电流密度的增大而增大，镀层结晶也随之变得细致紧密。在阴极极化作用随阴极电流密度的提高而增大的情况下，可用适当提高电流密度的方法提高阴极极化作用。但不能超过所允许的上限值。

(2) 适当降低电解液的温度 降低温度能减慢阴极反应速度和离子扩散速度，提高阴极极化作用。但在实际操作中对于提高温度所带来的负面影响，可以通过增大电流密度而获得弥补。因为提高温度，就可以进一步提高电流密度，从而加速了电镀过程。因此在具体操作过程中，根据实际情况调节电解液的温度。

(3) 加入络合剂 在电镀生产中能够络合主盐中金属离子的物质称为络合剂。因为络离子较简单离子难以在阴极上还原，从而提高阴极极化值。

(4) 加入添加剂 添加剂吸附在电极的表面上阻碍了金属的析出，提高了阴极极化作用。

总之，在实践中可根据实际情况，采取具体措施适当提高金属电结晶时的阴极极化作用。但是不能认为阴极极化作用愈大愈好。因为极化作用超过一定范围，会导致氢气的大量析出，从而使镀层变得多孔、粗糙，质量反而下降。

3 镀液的分散能力和覆盖能力

3.1 影响镀液分散能力和覆盖能力的因素

在电镀生产中镀层在零件表面上分布的均匀性和完整性是决定镀层质量的重要因素。实际上不管哪种镀液，其所得镀层总不是十分均匀的。为评定镀液的优劣，电镀中用镀液的分散能力和覆盖能力来表示。

分散能力是指镀液所具有的镀层厚度均匀分布的能力，也叫均镀能力。

覆盖能力是指镀液能使零件深孔、凹洼的表面沉积出镀层的能力，也叫深度能力。

镀液的分散能力只说明镀件表面厚度的均匀程度，而覆盖能力只说明镀件表面凹入处或深孔处有无镀层沉积。这两个概念共同表示零件在镀液中能否得到完整，均匀的镀层。

影响镀层分布的因素主要有以下几个方面。

(1) 电流分布 首先镀层的分布与电流的分布有关系。根据法

拉第定律：电流通过电解质溶液时，在阴极上析出物质的量与通过的电量成正比。从这一点来说，阴极表面不同部位所得镀层的薄厚，均匀与否（如果不考虑电流效率的影响）就决定于电流在阴极表面上分布是否均匀。电流密度愈大，镀层也就愈厚，反之镀层愈薄。从这点来讲，金属在阴极表面上的沉积量取决于电流在阴极表面上的分布。

影响电流在阴极上分布的因素很多，但主要有当电流通过电镀槽时它所遇到的总阻力。在简化了的情况下这个总阻力主要有两个方面：即电解液的电阻组成的阻力和电流通过电极和电解液的界面时所遇到的阻力（也叫电化学反应的阻力，可以由电极极化的大小反映出来）。电流通过时受到的总阻力愈大，则到达该部位的电流就愈小。

电解液的阻力与阴极电化学反应的阻力，这是影响电流在阴极上分布的两个重要因素。这两个因素在一定条件下必有一个是主要的，即起着主导作用，这时电流在阴极上的分布由起主导作用的一方所决定。如在那些简单金属盐类配制的电解液中阴极反应的阻力很小（表现为阴极极化很小），电流的分布主要决定于电解液的电阻所造成的阻力。

(2) 电流效率 金属在阴极表面上的分布还与电流效率有关。

镀层金属的分布决定于电流的分布，但金属的分布不等于电流的分布。因为通过阴极的电流不单是消耗于金属离子的沉积，而且消耗于析氢和其他副反应，即存在电流效率问题。

电流效率随电流密度的变化而改变，则影响金属在不同部位上的分布，可分为以下三种情况：

① 阴极电流效率随电流密度的改变而几乎没有变化的，如硫酸盐镀铜，镀锌等电流效率对金属的分布没有影响，阴极不同部位上镀出的金属多少，就直接决定于该处的电流的大小。

② 阴极电流效率随电流密度的升高而下降的则能提高分散能力。这是大多数络合物电解液所具有的特点。由于电流密度大的地方电流效率低，电流密度小的地方电流效率高，这样使各处的电流