

电镀手册

上册

第2版

DIANDU
SHOUCE

主编 张允诚 胡如南 向荣

国防工业出版社

电 镀 手 册

(第 2 版)

上 册

主编 张允诚 胡如南 向荣

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

电镀手册 上册/张允诚等主编. —2版. —北京:国防工业出版社, 1997. 7

ISBN 7-118-01709-4

I. 电… II. 张… III. 电镀-手册 IV. TQ153-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 07938 号

国防工业出版社出版发行

北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码: 100044)

北京新华印刷厂印刷

新华书店经售

开本 850×1168 1/32 印张 40 $\frac{3}{8}$ 1068 千字

1997 年 7 月第 2 版 1997 年 7 月北京第 9 次印刷

印数: 113401—121400 册 定价: 65.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

《电镀手册》编辑委员会

主任委员：李培昌

副主任委员：徐永乐 曾 铎

委 员：张允诚 胡如南 向 荣

暨调和 周永令 陈文悟

李 晔 秦宝兴 梁启民

刘 仁 向国朴 郑孝仁

秘 书：倪 行

序

《电镀手册》出版前后 ——写在《电镀手册》第2版出版之际

《电镀手册》于1977年10月由国防工业出版社出版以来,已经重印八次,发行11万多套。《电镀手册》以其科学性、实用性受到广大电镀工作者的欢迎,为推广电镀技术成果和发展电镀事业发挥了重要的作用。

《电镀手册》是20世纪70年代编写完成的,是电镀工作者集体谱写的一首热爱事业、无私奉献的凯歌。这套手册伴随电镀工作者已近二十年,可是手册是在怎样的情况下编写出版的却鲜为人知。作为这套手册的发起者和组织者之一,愿在手册第2版出版前作一些回忆,以表示对编写者们、组织者们的敬意,对于读者也许不无兴趣。

《电镀手册》的编写策划于1973年在太原召开的无氰电镀经验交流会议期间。现在开个技术交流会是很寻常的,可在当时却是很不容易的。交流会本来是六机部(现为船舶工业总公司)系统的,却得到了全国的瞩目,成为了全国性的会议,当时从事无氰电镀研究、生产的知名人士都参加了这次会议。会议开得热烈、隆重。会议期间,到会的代表提出了编写《电镀手册》的建议。因为,在那个年代中国有数万家电镀厂,30余万电镀工作者,但却没有自己的电镀工具书——《电镀手册》。因此,编写《电镀手册》的意义是可想而知的,当然编写的难度也是可想而知的。会后我和我的同事徐永乐为推进《电镀手册》的编写工作尽心尽力。

我们立即找到国防工业出版社的曾铎编辑(现任社长)。在当

时出版萧条时期，曾铎对此计划表现了极大的兴趣。他骑车去一、三、四、五、六、七机部科技局汇报手册编写工作，得到了六个机械工业部门的支持。下发到各有关单位的关于编写《电镀手册》的通知盖了六个部的天安门图章。通知明确了主编、参编单位和编写要求，得到了各有关单位的积极响应，成为手册编写工作的“上方宝剑”。

1974年5月在广州召开了手册编写会议，共同研究编写大纲和编写要求，明确汾西机器厂钱桐清、北京电镀厂张允诚、北京航空学院胡如南和一机部西安设计院向荣为主编，并形成会议纪要及时转发各有关单位和编写人员。

工作进展相当顺利。三十多个编写单位投入上百名编写人员，利用六个月的时间按时完成了编写任务。在此基础上，1975年冬在北京进行了长达三个月的集编工作，主编、参编共30多人参加，出版社由赵锡正具体组织。

当时进京受到限制，找个住的地方实属不易。最后得到了北京航空学院的支持。院领导听了我们的汇报当场拍板，同意在北航招待所安排。住的问题得以解决真令我们兴奋不已。招待所条件一般，不足20平方米的房间放了四张木板床，除了一张桌子、两个板凳，别无其它，但当时大家还是感到了极大的满足。自备餐具在食堂排队用餐，生活极为简单。开会研讨都是挤在一个房间，从未用过会议室。在比较艰苦的条件下，大家工作热情很高，圆满地完成了集编任务。

四位主编按着分工完成了统稿工作。汾西机器厂和北京电镀厂抽出描图员，无偿地完成了全书的描图任务。主编在北京校稿时，经历了唐山地震，在非常困难的条件下仍孜孜不倦地工作。100多万字的《电镀手册》从酝酿到出书经历了四年的时间。编写者们不为名，不为利，所表现出的敬业精神令人感动。

当时，手册的编写者和组织者多为三十多岁的年轻人，他们敢于推动，共同合作以及执着的态度是可取的。现在他们都退休在即或已经退休，当他们回忆起为此所付出的辛勤劳动，一定会感到欣

慰。

这套手册的编写基础是非常好的,众多的单位提供了技术资料,而且在技术上是毫无保留的。可以说这套手册荟萃了当时的电镀技术成果,体现了电镀技术的先进水平。

手册出版发行以后,得到了读者的厚爱。许多读者要求对手册修订,我们以为这种要求是正确的。在当时编写过程中,对无氰电镀作了过份的强调,存在片面性。此外,电镀技术发展迅速,亦为本手册的修改,提供了最好的技术条件。

对于修订,我们确实有过几次研究、发动。1982年专门作过研究,并得到原手册主要编写人员的支持。但由于多种主客观原因而搁置起来。1991年元宵节又一次研究,但计划仍未实现。1995年我们再一次研究,并由船总给以重新编写活动的经费支持。1995年6月国防工业出版社主持召开了手册修订出版研讨会,讨论了修订原则和编写大纲、人员分工、计划进度。修订原则明确,保留原手册实用性的特点和技术雄厚的基础。在此基础上修改已经过时和可以精简的方面;反映电镀技术的新发展和新成果。编写人员按编写大纲和分工完成了编写任务。1995年12月召开了审稿会,手册可望1997年同读者见面。

在此《电镀手册》第2版出版之际,向各位编者及支持过这项工作的人们表示衷心的感谢!诚恳希望广大读者对手册的不足、不妥之处批评指正。

中国船舶工业总公司科技局

李培昌

1996.12.9

前 言

《电镀手册》(上、下册)由《电镀手册》编写组编写,自 1977 年出版发行以来,先后八次重印,发行量累计达 11 万套。《电镀手册》以其实用性和丰富翔实的内容受到了国内外同行的一致好评,成为广大电镀工作者必备的工具书。为了更好地反映自改革开放以来,我国电镀行业技术进步和发展的新面貌,国防工业出版社决定对《电镀手册》(上、下册)在原基础上进行重新编写第 2 版。

《电镀手册》(上、下册)第 2 版荟萃了近 20 年来国内外先进的电镀工艺和技术,反映了国内外电镀材料和工艺装备的最新发展,具有先进性、实用性和代表性,文字简练,图文并茂,国内广大电镀工作者从本手册中可领略到当前国内的先进水平和今后发展的趋向,并可获得显著的技术效益、社会效益和经济效益。

本手册上册中镀铜、镀镍是由秦宝兴高级工程师提供初稿。脉冲电镀由向国朴副教授编写。秦月文高级工程师、陈文亮高级工程师、郑瑞庭工程师提供部分章节的初稿或修订。在编写过程中,国内外许多研究单位、高等院校、厂商亦给予大力的支持,借此,表示衷心的感谢。

本手册的发起者和组织者现中国船舶工业总公司科技局副局长李培昌高级工程师和专利事务所所长徐永乐高级工程师,一如既往,为本手册第 2 版的修订给予了极大的关心和具体指导。国防工业出版社社长曾铎同志和原总编刘仁同志,在百忙之中利用业余时间为本手册第 2 版进行认真和仔细的审阅和修改,对此,编委会的全体人员予以深切的谢意。

我国地域广大,各地区的电镀研究单位、高等院校、生产厂家有几千家,近几年来在工艺、材料、技术、设备等方面有着许多新的

成果,在编写过程中我们虽尽力去收集、汇总,但肯定会有一定的遗漏或者片面之处,为此,热忱地希望广大读者批评和指正,以便再版时加以修正和补充。

《电镀手册》第2版编委会

一九九七年一月

目 录

电镀常用名词术语	1
----------------	---

第一篇 基本概念

第一章 化学基础	8
第一节 氧化还原反应	9
第二节 物质的溶解度	9
第三节 溶液的浓度	10
第四节 电解质溶液	13
第五节 同离子效应	15
第六节 溶度积	16
第七节 pH 值与缓冲溶液	17
第八节 胶体溶液	23
第九节 络合物	24
第十节 表面活性剂	26
第二章 电化学基础	29
第一节 两类导体	29
第二节 原电池和电解池	32
第三节 电极和电极反应	34
第四节 电解质溶液中的三种传递方式	35
第五节 电解质溶液的电导与电导率	37
第六节 摩尔电导	45
第七节 电解和电解定律	45
第八节 合金电化当量的计算	47
第九节 电流效率	47
第十节 电极电位	50

第十一节	参比电极	55
第十二节	标准电池	59
第十三节	电极的极化	61
第十四节	表面活性粒子在电极与溶液界面的吸附	64
第十五节	氢过电位	67
第三章	金属腐蚀	70
第一节	腐蚀的分类	70
第二节	金属的防护方法	75
第四章	电镀基础	79
第一节	电镀	79
第二节	电镀的结晶过程	80
第三节	电镀溶液中主要成分的作用	82
第四节	电镀工作条件的影响	84
第五节	分散能力及覆盖能力	87
第六节	影响镀层分布的因素	87
第七节	析氢对镀层的影响	89
第八节	合金电镀	90
第九节	阳极过程	92

第二篇 电镀工艺

第一章	零件表面准备和表面处理用挂具	95
第一节	磨光	95
第二节	抛光	107
第三节	滚光、振动光饰、刷光、喷砂、喷丸处理	111
第四节	除油	129
第五节	浸蚀	153
第六节	局部电镀前的绝缘方法	198
第七节	表面处理用挂具	203
第二章	电解抛光与化学抛光	215
第一节	钢铁零件的电解抛光和化学抛光	216
第二节	铜及铜合金的电解抛光和化学抛光	221
第三节	铝及铝合金的电解抛光和化学抛光	224

第四节	镍的电解抛光和化学抛光	228
第五节	其它金属的电解抛光和化学抛光	229
第三章	电镀单金属	232
第一节	镀锌	232
第二节	镀铬	268
第三节	镀铜	281
第四节	镀镍	308
第五节	镀铬	363
第六节	镀锡	409
第七节	镀铅	426
第八节	镀铁	430
第九节	镀银	439
第十节	镀金	460
第十一节	镀、铂、铑、钯、铟	476
第四章	电镀合金	490
第一节	电镀铜基合金	490
第二节	电镀锌基合金	513
第三节	电镀镉基、钢基合金	537
第四节	电镀铅基、锡基合金	543
第五节	电镀镍基、钴基合金	567
第六节	电镀银基、金基合金	583
第七节	电镀钯镍合金	596
第五章	复合电镀	606
第一节	镍基复合电镀	611
第二节	锌基复合电镀	618
第三节	银基复合电镀	619
第四节	金刚石镶嵌复合电镀	621
第六章	脉冲电镀	622
第一节	什么是脉冲电镀	622
第二节	恒电位脉冲电镀及恒电流脉冲电镀	626
第三节	周期换向脉冲电镀	626
第四节	其它形式的调制电流电镀	627

第五节	脉冲电镀中金属的电结晶	627
第六节	脉冲电镀中双电层的充放电影响	628
第七节	脉冲电镀中的扩散传质	630
第八节	脉冲电镀中的电流分布	633
第九节	脉冲参数选择原则	635
第十节	脉冲电镀电源	636
第十一节	脉冲电镀单金属	638
第十二节	脉冲电镀合金	647
第十三节	铝合金的脉冲阳极氧化	654
第七章	在其它材料上的电镀	656
第一节	铝及铝合金上的电镀	656
第二节	锌合金压铸件上的电镀	664
第三节	非金属材料上的电镀	670
第四节	印制电路板的电镀	685
第八章	电铸	691
第一节	芯模的类型、材料及设计	692
第二节	电铸前芯模的预处理	695
第三节	电铸溶液	697
第四节	电铸后的处理	704

第三篇 其它方法获得镀层的工艺

第一章	化学镀	706
第一节	化学镀镍	708
第二节	化学镀铜	722
第三节	化学镀钴	728
第四节	化学镀银	730
第二章	刷镀	733
第一节	刷镀的特点及适用范围	733
第二节	刷镀设备	735
第三节	刷镀液	737
第四节	刷镀工艺	747
第五节	刷镀工艺的有关参数	751

第三章 双极性电镀	753
第一节 双极性电镀的简单原理	753
第二节 双极性电镀的条件	754
第三节 双极性电镀的特点及其局限性	755
第四节 设计夹具时应注意的事项	755
第五节 操作注意事项	756
第六节 双极性镀铜	756
第四章 其它镀覆方法	757
第一节 机械镀	757
第二节 真空镀	758

第四篇 金属着色、染色和彩色电泳涂层

第一章 金属着色	763
第一节 金属着色的设备与工艺过程	764
第二节 不锈钢着色	765
第三节 铜及铜合金着色	772
第四节 铝及铝合金着色	787
第五节 钛及钛合金着色	798
第六节 锌及锌合金着色	800
第七节 镉的着色	806
第八节 锡的着色	807
第九节 镍及镍合金着色	809
第十节 铬的着色	811
第十一节 钴的着色	813
第十二节 铍合金的着色	814
第十三节 钢铁的着色	815
第十四节 银及银合金的着色	819
第十五节 金属着仿金色	822
第二章 金属的染色	829
第一节 染色前的准备与染料的选择	829
第二节 铝及铝合金氧化膜的染色	832
第三节 镀锌染色	841

第四节	荧光镀镍	844
第三章	彩色电泳	846
第一节	阴极电泳涂装工作原理	846
第二节	阴极电泳涂装工艺流程	848
第三节	阴极电泳工艺配方	849
第四节	电泳漆液成分及工艺条件对膜层的影响	850
第五节	常见故障及其纠正方法	852
第六节	对电泳设备的要求	854

第五篇 金属转化膜工艺

第一章	钢铁的氧化处理	856
第一节	钢铁高温氧化法	856
第二节	钢铁常温氧化法	861
第二章	钢铁的磷化处理	867
第一节	概述	867
第二节	高、中温磷化	872
第三节	常(低)温磷化	879
第四节	其它磷化方法	886
第三章	铝及其合金的氧化和着色	881
第一节	化学氧化处理	890
第二节	电化学氧化处理(阳极氧化)	893
第三节	阳极氧化膜的着色	919
第四节	铝阳极氧化膜的封闭处理	932
第四章	镁合金的氧化处理	938
第一节	镁合金的化学氧化处理	938
第二节	镁合金的电化学氧化(阳极氧化)处理	943

第六篇 镀层与镀液性能测试

第一章	电镀层性能测试方法	946
第一节	电镀层外观检验	946
第二节	结合力试验	947
第三节	电镀层厚度的测量	949

第四节	孔隙率的测定	967
第五节	镀层显微硬度的测定	973
第六节	镀层内应力的测试	975
第七节	电镀层脆性的测试	978
第八节	氢脆性的测试	982
第九节	镀层钎焊性的测试	984
第二章	化学保护层的质量检验	986
第一节	外观检验	986
第二节	厚度测量	987
第三节	耐蚀性试验	988
第四节	耐磨性试验	990
第三章	镀层的耐蚀性能试验	992
第一节	静置户外曝晒腐蚀试验	992
第二节	人工加速腐蚀试验	998
第四章	电镀溶液性能测试	1008
第一节	电镀溶液电导的测定	1008
第二节	pH 值的测定	1009
第三节	电流效率的测定	1011
第四节	分散能力和覆盖能力的测定	1012
第五节	霍尔槽试验	1019
第六节	整平能力的测定	1027
第七节	极化曲线的测定	1029
第八节	微分电容的测量	1034
第九节	表面张力的测定	1038

第七篇 常用电镀溶液分析方法

第一章	镀前处理溶液分析	1042
第一节	化学、电化学除油溶液分析	1042
第二节	浸蚀溶液分析	1044
第三节	钢铁电抛光溶液分析	1045
第二章	电镀单金属溶液分析	1048
第一节	镀锌溶液分析	1048

第二节	镀锌层钝化溶液分析·····	1055
第三节	镀镉溶液分析·····	1058
第四节	镀铜溶液分析·····	1063
第五节	镀镍溶液分析·····	1069
第六节	镀铬溶液分析·····	1079
第七节	镀锡溶液分析·····	1089
第八节	镀铅溶液分析·····	1093
第九节	镀铁溶液分析·····	1095
第十节	氰化镀银溶液分析·····	1099
第十一节	镀金溶液分析·····	1101
第三章	电镀合金溶液分析·····	1105
第一节	电镀铜锡合金溶液分析·····	1105
第二节	电镀铜锌合金溶液分析·····	1109
第三节	电镀铅锡合金溶液分析·····	1112
第四节	电镀银锑合金溶液分析·····	1115
第四章	氧化、磷化、阳极化溶液分析·····	1117
第一节	钢的氧化溶液分析·····	1117
第二节	磷化溶液分析·····	1119
第三节	铝及铝合金氧化溶液分析·····	1122
第四节	瓷质阳极化溶液分析·····	1123
第五节	镁合金阳极化溶液分析·····	1126
第五章	化学镀溶液分析·····	1129
第一节	化学镀铜溶液分析·····	1129
第二节	化学镀镍溶液分析·····	1131
第六章	标准溶液的配制与标定·····	1135
第七章	指示剂和缓冲溶液的配制·····	1150

附 录

附录一	电镀层的选择及标记·····	1154
附录二	电镀车间环境保护控制指标·····	1174
附录三	电镀中常用数学、物理、化学、电化学和有关 资料·····	1185