



国家职业资格培训教材

电镀工 (高级)

鉴定培训教材

国家职业资格培训教材编审委员会 组编

李家柱 任玮 主编

依据原**劳动和社会保障部**



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



国家职业资格培训教材

电镀工(高级) 鉴定培训教材

国家职业资格培训教材编审委员会 组编

李家柱 任 玮 主编



机械工业出版社

本教材是依据《国家职业标准》高级镀层工中电镀部分的知识要求,紧扣国家职业技能鉴定理论知识考试的需要编写的,主要内容包括:金属电沉积基础理论、电镀添加剂、电镀工艺流程的编制与电镀设备的选择、特殊材料工件电镀、电镀工装及夹具设计制作、电镀液的分析、电镀工艺控制、镀层性能的测试方法、电镀废水的处理。每章前有培训目标,章末有复习思考题,以便于企业培训和读者自测。

本教材既可作为各级职业技能鉴定培训机构、企业培训部门的考前培训教材,又可作为取证人员考前复习用书,还可作为职业技术学院、技工院校相关专业课教材。

图书在版编目(CIP)数据

电镀工(高级)鉴定培训教材/李家柱,任玮主编
—北京:机械工业出版社,2011.6
国家职业资格培训教材
ISBN 978-7-111-34440-7

I. ①电… II. ①李…②任… III. ①电镀—职业技能—鉴定—教材 IV. ①TQ153

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 079706 号
机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
策划编辑:崔世荣 王华庆 责任编辑:王华庆
版式设计:霍永明 责任校对:申春香
封面设计:饶薇 责任印制:杨曦
北京圣夫亚美印刷有限公司印刷
2011 年 7 月第 1 版第 1 次印刷
148mm×210mm·7.875 印张·223 千字
0001—4000 册
标准书号:ISBN 978-7-111-34440-7
定价:23.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

社服务中心:(010)88361066

销售一部:(010)68326294

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

网络服务

门户网:<http://www.cmpbook.com>

教材网:<http://www.cmpedu.com>

封面无防伪标均为盗版

国家职业资格培训教材

编审委员会

主 任	于 珍			
副 主 任	郝广发	李 奇	洪子英	
委 员	(按姓氏笔画排序)			
	王 蕾	王兆晶	王英杰	王昌庚
	田力飞	刘云龙	刘书芳	刘亚琴(常务)
	朱 华	沈卫平	汤化胜	李春明
	李俊玲(常务)		李家柱	李晓明
	李超群	李培根	李援璜	吴茂林
	何月秋	张安宁	张吉国	张凯良
	张敬柱(常务)		陈玉芝	陈业彪
	陈建民	周新模	郑 骏	杨仁江
	杨君伟	杨柳青	卓 炜	周立雪
	周庆轩	施 斌	荆宏智(常务)	
	柳吉荣	贾恒旦	徐 彤	黄志良
	潘 茵	戴 勇		
顾 问	吴关昌			
策 划	荆宏智	李俊玲	张敬柱	
书 主 编	李家柱	任 玮		
参 编	卜建亮	吴胜新	郑弃非	夏 磊
主 审	蒋胜利			
参 审	陈孟成	何仕桓		

序

为落实国家人才发展战略目标，加快培养一大批高素质的技能型人才，我们精心策划了与原劳动和社会保障部《国家职业标准》配套的《国家职业资格培训教材》。这套教材涵盖41个职业，共172种，2005年出版后，以其兼顾岗位培训和鉴定培训需要，理论、技能、题库合一，便于自检自测，受到全国各级培训、鉴定部门和技术工人的欢迎，基本满足了培训、鉴定、考工和读者自学的需要，为培养技能人才发挥了重要作用，本套教材也因此成为国家职业资格培训的品牌教材。JJJ——“机工技能教育”品牌已深入人心。

按照国家“十一五”高技能人才培养体系建设的主要目标，到“十一五”期末，全国技能劳动者总量将达到1.1亿人，高级工、技师、高级技师总量均有大幅增加。因此，从2005年至2009年的五年间，参加职业技能鉴定的人数和获取职业资格证书的人数年均增长达10%以上，2009年全国参加职业技能鉴定和获取职业资格证书的人数均已超过1200万人。这种趋势在“十二五”期间还将会得以延续。

为满足职业技能鉴定培训的需要，我们经过充分调研，决定在已经出版的《国家职业资格培训教材》的基础上，贯彻“围绕考点，服务鉴定”的原则，紧扣职业技能鉴定考核要求，根据企业培训部门、技能鉴定部门和读者的不同需求进行细化，分别编写理论鉴定培训教材系列、操作技能鉴定实战详解系列和职业技能鉴定考核试题库系列。

《国家职业资格培训教材——鉴定培训教材系列》用于国家职业技能鉴定理论知识考试前的理论培训。它主要有以下特色：

- 汲取国家职业资格培训教材精华——保留国家职业资格培训教材的精华内容，考虑企业和读者的需要，重新整合、更新、补充和完善培训教材的内容。

- 依据最新国家职业标准要求编写——以《国家职业技能标准》要求为依据，以“实用、够用”为宗旨，以便于培训为前提，提炼

重点培训和复习的内容。

- 紧扣国家职业技能鉴定考核要求——按复习指导形式编写，教材中的知识点紧扣职业技能鉴定考核的要求，针对性强，适合技能鉴定考试前培训使用。

《国家职业资格培训教材——操作技能鉴定实战详解系列》用于国家职业技能鉴定操作技能考试前的突击冲刺、强化训练。它主要有以下特色：

- 重点突出，具有针对性——依据技能考核鉴定点设计，目的明确。

- 内容全面，具有典型性——图样、评分表、准备清单，完整齐全。

- 解析详细，具有实用性——工艺分析、操作步骤和重点解析详细。

- 练考结合，具有实战性——单项训练题、综合训练题，步步提升。

《国家职业资格培训教材——职业技能鉴定考核试题库系列》用于技能培训、鉴定部门命题和参加技能鉴定人员复习、考核和自检自测。它主要有以下特色：

- 初级、中级、高级、技师、高级技师各等级全包括。

- 试题可行性、代表性、针对性、通用性、实用性强。

- 考核重点、理论题、技能题、答案、鉴定试卷齐全。

这些教材是《国家职业资格培训教材》的扩充和完善，在编写时，我们重点考虑了以下几个方面：

在工种选择上，选择了机电行业的车工、铣工、钳工、机修钳工、汽车修理工、制冷设备维修工、铸造工、焊工、冷作钣金工、热处理工、涂装工、维修电工等近二十个主要工种。

在编写依据上，依据最新国家职业标准，紧扣职业技能鉴定考核要求编写。对没有国家职业标准，但社会需求量大且已单独培训和考核的职业，则以相关国家职业标准或地方鉴定标准和要求为依据编写。

在内容安排上，提炼应重点培训和复习的内容，突出“实用、

够用”，重在教会读者掌握必需的专业知识和技能，掌握各种类型题的应试技巧和方法。

在作者选择上，共有十几个省、自治区、直辖市相关行业 200 多名从事技能培训和考工的专家参加编写。他们既了解技能鉴定的要求，又具有丰富的教材编写经验。

全套教材既可作为各级职业技能鉴定培训机构、企业培训部门的考前培训教材，又可作为读者考前复习和自测使用的复习用书，也可供职业技能鉴定部门在鉴定命题时参考，还可作为职业技术学院、技工院校、各种短训班的专业课教材。

在这套教材的调研、策划、编写过程中，曾经得到许多企业、鉴定培训机构有关领导、专家的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢！

虽然我们在编写这套培训教材中尽了最大努力，但教材中难免存在不足之处，诚恳地希望专家和广大读者批评指正。

国家职业资格培训教材编审委员会

前 言

本教材是依据《国家职业标准》(以下简称为《标准》)高级镀层工中电镀部分的知识要求,紧扣国家职业技能鉴定理论知识考试的需要编写的,着重体现了“以职业活动为导向,以职业技能为核心”的指导思想,以“实用、够用”为宗旨,突出职业培训特色。

本教材内容精练、实用,图文并茂,通俗易懂,覆盖面广,通用性强,在内容上,力求做到“知识新、工艺新、技术新、设备新和标准新”,强调先进性;在结构上,针对电镀工职业活动领域进行编写。全书紧扣《标准》,参照其中的“工作内容”编排章的内容,参照“相关知识”编排节的内容。本教材着重介绍了高级电镀工的理论知识,主要内容包括:金属电沉积基础理论、电镀添加剂、电镀工艺流程的编制与电镀设备的选择、特殊材料工件电镀、电镀工装及夹具设计制作、电镀液的分析、电镀工艺控制、镀层性能的测试方法、电镀废水的处理。另外,本教材采用了国家最新标准、法定计量单位和名词术语,可基本满足电镀工人职业培训的需要。本教材既可作为各级职业技能鉴定培训机构、企业培训部门的考前培训教材,又可作为取证人员考前复习用书,还可作为职业技术学院、技工院校的相关专业课教材。

本教材由李家柱、任玮主编,卜建亮、吴胜新、郑弃非、夏磊参加编写;由蒋胜利主审,陈孟成、何仕桓参加审稿。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不足之处,恳请广大电镀界同仁批评指正。

编 者

目 录

M U L U

序

前言

第一章 金属电沉积基础理论	1
第一节 电化学基本概念	1
一、电极电势	1
二、电极极化	3
三、电极过程的特征	6
四、电极过程的速度控制步骤	7
第二节 金属的电沉积	9
一、电解液的导电过程	9
二、金属的阴极过程	10
三、金属的阳极过程	12
四、析氢对金属电沉积的影响	14
第三节 影响镀层性能的因素	15
一、电镀液成分的影响	15
二、操作条件的影响	17
三、镀层在阴极上的分布	19
第四节 常用镀前处理溶液的成分与配制	21
一、钢铁工件镀前处理溶液的成分与配制	21
二、纯铜工件镀前处理溶液的成分与配制	23
三、铝合金工件镀前处理溶液的成分与配制	23
四、锌合金工件镀前处理溶液的成分与配制	24
复习思考题	25

第二章 电镀添加剂	26
第一节 电镀添加剂的概念与分类	26
一、电镀添加剂的概念	26
二、电镀添加剂的分类	26
第二节 电镀添加剂的作用原理	28
一、无机添加剂的作用原理	28
二、有机添加剂的作用原理	29
三、添加剂的选择	31
第三节 电镀添加剂的使用和电镀液的维护	32
复习思考题	33
第三章 电镀工艺流程的编制与电镀设备的选择	34
第一节 电镀工艺流程的编制	34
一、电镀工艺流程的编制依据	34
二、电镀工艺流程的设计	34
三、电镀工艺流程的验证	36
第二节 电镀设备的选择	36
一、电源设备	36
二、线路设备	40
三、镀前处理设备	40
四、镀槽设备	42
五、干燥设备	46
六、过滤设备	48
七、其他电镀设备	49
第三节 电镀工艺参数的选择	52
一、电流密度	52
二、镀层厚度	54
三、镀液温度和液面高度	54
四、电镀时间	55
第四节 电镀技术要求	55
一、镀层种类的选择	55

二、镀层质量要求	56
复习思考题	58
第四章 特殊材料工件电镀	59
第一节 铜及铜合金工件电镀	59
一、概述	59
二、镀前处理	59
第二节 铝及铝合金工件电镀	60
一、概述	60
二、镀前处理	61
三、特殊处理	65
四、预镀	68
五、电镀	69
六、操作注意事项	70
第三节 不锈钢工件电镀	71
一、概述	71
二、镀前处理	71
三、活化和预镀	73
四、电镀	76
第四节 锌合金工件电镀	76
一、概述	76
二、镀前处理	77
三、电镀	81
四、不合格镀层的退除	82
第五节 粉末冶金工件电镀	83
一、概述	83
二、镀前处理	83
三、电镀	85
四、钕铁硼磁性材料的电镀	86
第六节 其他特殊材料工件电镀	86
一、镁及镁合金工件的电镀	86

二、钢铁铸件的电镀	90
三、非金属工件的电镀	92
复习思考题	95
第五章 电镀工装及夹具设计制作	96
第一节 辅助阳极	96
一、辅助阳极的设计思路	96
二、辅助阳极的使用示例	97
三、象形阳极的使用	97
第二节 保护阴极	98
一、保护阴极的设计思路	98
二、保护阴极的材料	98
三、保护阴极的使用示例	98
第三节 其他保护材料的使用	100
一、涂漆保护	100
二、涂蜡保护	101
三、胶带保护	102
四、互相屏蔽保护	102
第四节 电镀工装和夹具的使用	103
一、通用挂具的结构及设计制作	103
二、专用挂具的结构及设计制作	107
复习思考题	108
第六章 电镀液的分析	109
第一节 电镀液分析基础	109
一、概述	109
二、分析误差	111
三、分析误差的表示方法	112
四、分析数据处理	113
五、分析操作注意事项	114
第二节 常用的分析方法	114

一、概述	114
二、酸碱滴定法	116
三、氧化还原滴定法	117
四、配位化合滴定法	118
五、沉淀滴定法	119
六、重量分析法	120
七、其他分析方法简介	121
第三节 指示剂	122
一、酸碱指示剂	122
二、氧化还原指示剂	125
三、金属指示剂	127
第四节 常用仪器	128
一、常用仪器的种类	128
二、常用仪器的使用方法	129
第五节 标准溶液	131
一、标准溶液的作用	131
二、标准溶液含量的表示方法	131
三、标准溶液的配制和标定	132
复习思考题	134
第七章 电镀工艺控制	136
第一节 电镀液的配制和维护	136
一、电镀液的配制方法	136
二、配制电镀液时的注意事项	137
三、电镀液的维护管理	137
第二节 电流效率	139
一、概述	139
二、电流效率对电镀的影响	140
第三节 霍尔槽试验方法	143
一、霍尔槽的结构及应用	143
二、霍尔槽试验方法的应用	145

三、利用霍尔槽试验分析、排除故障	146
第四节 电镀液分散能力和覆盖能力的试验方法	147
一、概述	147
二、分散能力的影响因素及试验方法	148
三、覆盖能力的影响因素	151
第五节 其他电镀液检测设备的使用	153
一、pH 值的测定	153
二、导电性能的测定	154
三、整平性能的测定	155
四、深镀能力的测定	155
五、DD—1 型电镀参数综合测试仪器的应用	157
复习思考题	159
第八章 镀层性能的测试方法	160
第一节 镀层外观的检验	160
一、目力镀层外观的检验	160
二、钢铁材料化学保护膜的外观检验	161
三、铝、镁及其合金化学保护膜的外观检验	161
第二节 镀层结合力的检验	161
一、弯曲试验	161
二、锉刀试验	162
三、划痕试验	162
四、热震试验	162
第三节 镀层厚度的检验	163
一、计时液流法	163
二、溶解法	168
三、阳极溶解库仑法	169
四、金相测厚法	172
五、非破坏性测厚法	173
第四节 铝氧化膜厚度检验	174
一、电击穿法	174

二、质量法	174
三、金相测厚法和涡流测厚法	175
第五节 镀层孔隙率的检验	175
一、贴滤纸法	175
二、涂膏法和浸渍法	177
第六节 镀层硬度的检验	179
第七节 镀层耐蚀性试验	180
一、钢铁材料化学保护层的点滴试验	180
二、钢铁材料化学保护层的浸渍试验	181
三、铝、镁及其合金化学保护层的点滴试验	181
第八节 氧化膜耐磨性试验	182
一、钢铁材料氧化膜的耐磨性试验	182
二、非铁金属氧化膜的耐磨性试验	183
第九节 镀层钎焊性的测试	184
一、流布面积法	184
二、润湿考验法	184
三、蒸汽考验法	184
复习思考题	184
第九章 电镀废水的处理	186
第一节 含铬废水的处理	186
一、化学法	186
二、离子交换法	192
三、电解法	196
四、活性炭法	199
五、反渗透法	201
六、蒸发浓缩法	202
第二节 含氰废水的处理	203
一、化学法	203
二、电解法	207
三、活性炭法	208

四、反渗透法	210
第三节 酸碱废水的处理	210
一、氢氧化物沉淀法	211
二、碱性废水的处理方法	213
三、酸性废水的处理方法	218
第四节 电镀废气的处理	223
一、酸碱雾的抑制	223
二、浸蚀雾的抑制	223
三、铬酸雾的抑制	224
四、镀铬废气的净化	226
五、氮氧化物的净化	227
六、其他电镀废气的净化	229
复习思考题	230
参考文献	232

第一章

金属电沉积基础理论



培训目标 掌握电化学的基础知识，了解金属电沉积的基本理论，能够运用所学的理论知识，解释金属电沉积过程中的一些常见现象。

第一节 电化学基本概念

一、电极电势

1. 导体

能导电的物质称为导体。一些导体依靠电子传送电流，称为电子导体或第一类导体。金属、石墨、某些金属的化合物(如 PbO_2) 等均属于此类导体；从导电的本质来说，半导体也属于第一类导体。还有一些导体依靠离子的移动来导电，称为离子导体或第二类导体。所有的电解质溶液、熔融的电解质、固体电解质等都属于第二类导体。

2. 电极反应

第一类导体(例如金属导线)可以独立导电，而第二类导体(例如电解质溶液)则无法单独导电，只有在与第一类导体串联组成原电池或电解池的时候才可以导电。所谓电极，指的是第一类导体与电解质溶液所组成的整个体系，任何金属浸在它的盐的电解质溶液中即组成电极，如甘汞电极、氯化银电极等；有时也指电极上所发生的特定反应，如氢电极、氧电极等。

当电流通过电极时，两类导体的界面上必然要有电荷的传输，