

职业教育与技能训练一体化教材

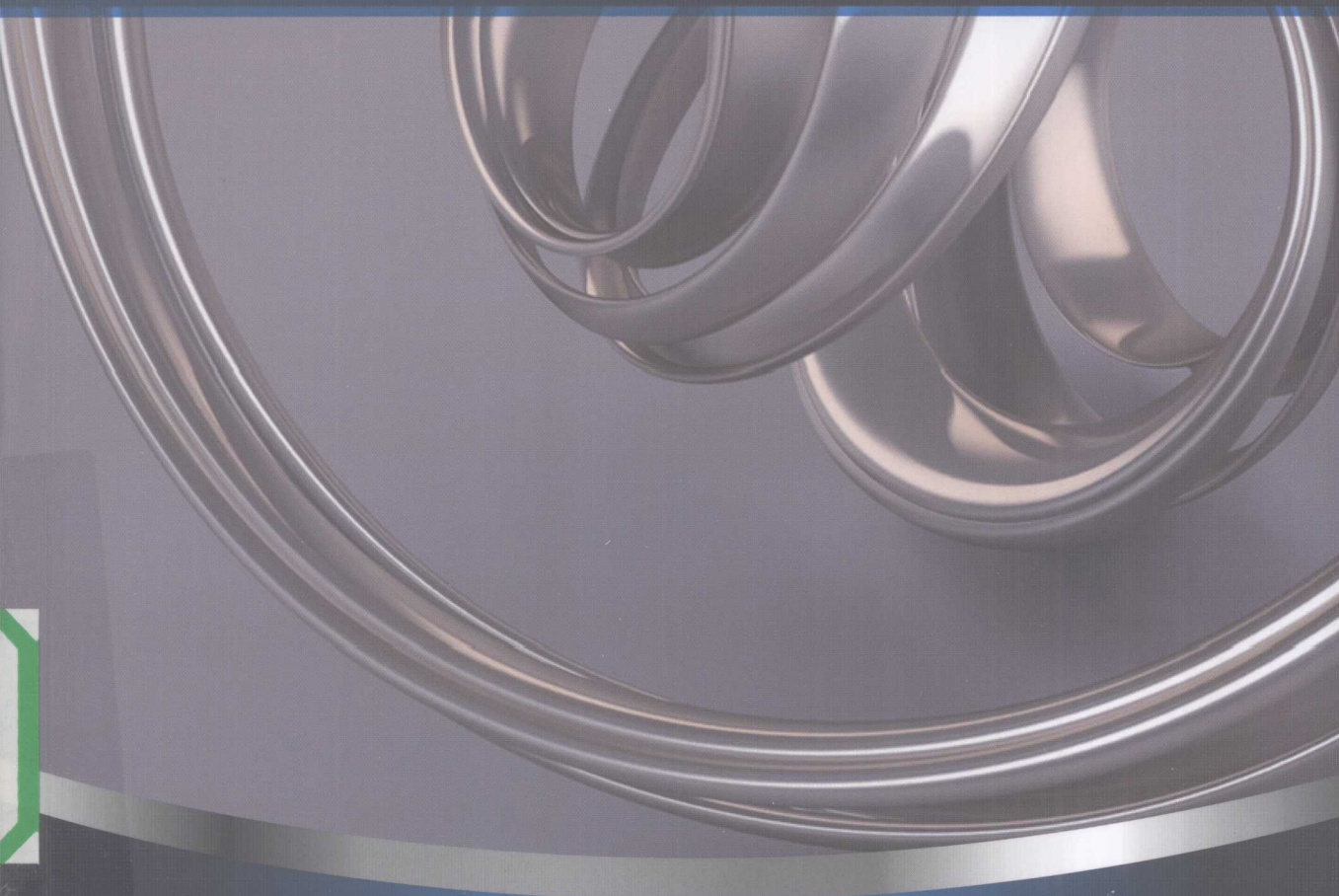


随书附光盘

DIANDU YU HUAXUEDU JISHU

电镀与化学镀技术

黄元盛 主编 刘清福 主审



化学工业出版社

职业教育与技能训练一体化教材

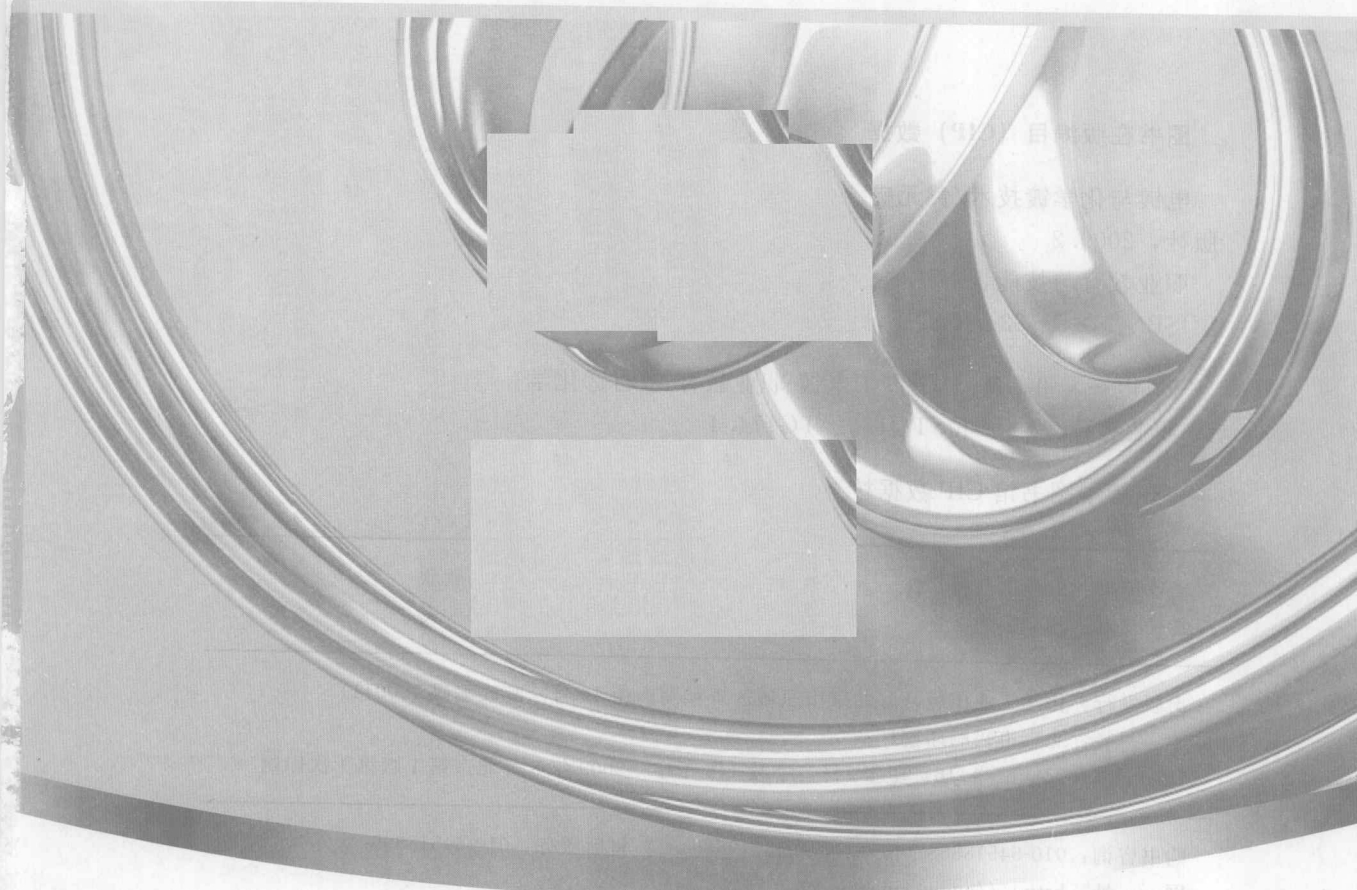


随书附光盘

DIANDU YU HUAXUEDU JISHU

电镀与化学镀技术

黄元盛 主编 刘清福 主审



化学工业出版社

北京 2008

· 北京 ·

本书编写的目的是使学员掌握电镀与化学镀的基本操作和工艺技术,并能对工艺过程进行基本的理论分析。全书包括七个项目,项目一为金属基体通用镀前处理;项目二至项目七则在每一个项目中学习一个镀种,要求学生掌握的内容包括镀液的配制、试样的前处理、试样的镀制、镀层的检测(外观、性能和组织检测);了解镀液的调整与维护、不良镀层的退除方法、故障的分析与排除方法、废液处理等。

本书适用于高职高专化工、机械、材料类专业使用,也可作为中职院校相关专业的教材或企业工人培训教材。学员在阅读本书时,尽量与配套的多媒体课件配合使用。课件提供了各个镀种的演示录像。

图书在版编目(CIP)数据

电镀与化学镀技术/黄元盛主编. —北京:化学工业出版社, 2009. 2

职业教育与技能训练一体化教材

ISBN 978-7-122-04555-3

I. 电… II. 黄… III. ①电镀-职业教育-教材②化学镀-职业教育-教材 IV. TQ153 TG174.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第211944号

责任编辑:王金生 高钰

文字编辑:杨欣欣

责任校对:蒋宇

装帧设计:韩飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:北京市兴顺印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张7½ 字数146千字 2009年3月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686)

售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:18.00元

版权所有 违者必究

前 言

本教材是按照项目教学法编写的,目的是使学员掌握电镀与化学镀的基本操作和工艺技术,并能对工艺过程进行基本的理论分析。全书包括绪论及七个项目,项目一为金属基体通用镀前处理;项目二至项目七则在每一个项目中学习一个镀种,要求学生掌握的内容包括镀液的配制、试样的前处理、试样的镀制、镀层的检测(外观、性能和组织检测);了解镀液的调整与维护、不良镀层的退除方法、故障的分析与排除方法、废液处理等。

课程以学生设计项目和实施项目为主,辅以老师的讲授与指导。每个项目必须包括:项目理论概述、项目目的、项目实施方案和步骤、实验设备和方法说明、实验过程记录、实验结果陈述、使用理论解释实验现象以及实验结果、项目结论、项目完成后的心得体会。项目的生产实训可在完成一个项目后针对某一个镀种进行生产实训,也可以完成多个项目后实训,但是每个镀种必须有一至两天的实操时间。总学时为80学时,教师可根据具体情况进行取舍,每个项目的学时在8~12学时之间。由于所有镀种都具有很多共同之处,所以要求完成的项目在于精,不在于多。

项目实施过程中必须注意教与学的关系。①要反映学生在项目中的主体地位。以项目为主线、教师为主导、学生为主体。②教师的指导要恰到好处。老师要以启发性的,非正面、非全面的提示性指导和鼓励为主。③每个项目结束后,要进行总结、交流和讨论,提高做项目的水平。④课程的考核要灵活,以考核过程为主。

为便于使用,特别为教材配套了多媒体课件,学生的项目计划报告范例。本书适用于高职高专化工、机械、材料类专业使用,也可作为中职院校相关专业的教材或企业工人培训教材。学员在阅读本书时,尽量与配套的多媒体课件配合使用。课件提供了各个镀种的演示录像。

本书是校企合编教材。由黄元盛博士、唐天芬工程师主编,武强工程师、汪青春工程师、陈焕明高级工程师、宋波高级工程师参与编写。其中江门职业技术学院黄元盛编写项目二和项目三,陈焕明编写项目六,宋波编写项目七;五邑大学唐天芬编写绪论和项目一;江门市电镀厂武强编写项目五,汪青春编写项目四。全书由黄元盛统稿,刘清福主审。

由于编者水平所限,不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者
2009 年 1 月

目 录

绪论	1
0.1 电镀工业概论	1
0.2 电镀基础理论	2
0.2.1 电镀的概念	2
0.2.2 法拉第定律	2
0.2.3 电流效率	3
0.2.4 电镀基本计算	3
0.3 镀层作用	4
0.4 赫尔槽试验	4
0.5 使用赫尔槽解决电镀故障的方法	5
思考题	8
项目一 金属基体通用镀前处理	9
1.1 目的及要求	9
1.2 镀前处理的意义	9
1.3 工件表面的整平处理	9
1.3.1 磨光	9
1.3.2 抛光	11
1.3.3 滚光	13
1.3.4 刷光	14
1.3.5 喷砂	14
1.4 除油	15
1.4.1 有机溶剂除油	15
1.4.2 化学除油	15
1.4.3 电化学除油	16
1.4.4 超声波除油	16
1.4.5 常温除油	17
1.5 除锈处理	17

1.5.1 化学除锈·····	17
1.5.2 电化学除锈·····	19
1.6 实训部分·····	20
1.6.1 实验·····	20
1.6.2 生产性实训·····	20
思考题·····	21

项目二 钢和铜的化学镀镍····· 22

2.1 目的及要求·····	22
2.2 理论概述·····	22
2.2.1 化学镀镍的机理和特点·····	23
2.2.2 化学镀镍溶液的配方组成·····	25
2.2.3 化学镀镍的工艺因素控制·····	27
2.2.4 化学镀镍的典型工艺·····	29
2.2.5 化学镀镍液的配制与维护·····	32
2.2.6 不良镀层的退除·····	33
2.3 实训部分·····	34
2.3.1 实验·····	34
2.3.2 生产性实训·····	44
思考题·····	46

项目三 塑料表面化学镀铜····· 47

3.1 目的及要求·····	47
3.2 理论概述·····	47
3.2.1 化学镀铜的基本原理·····	47
3.2.2 化学镀铜溶液的配方组成·····	48
3.2.3 化学镀铜的工艺因素控制·····	50
3.2.4 化学镀铜的典型工艺·····	50
3.2.5 化学镀铜溶液的配制与维护·····	51
3.3 实训部分·····	51
3.3.1 实验·····	51
3.3.2 生产性实训·····	53
思考题·····	54

项目四 钢表面电镀镍····· 55

4.1 目的及要求·····	55
4.2 理论概述·····	55

4.2.1	电镀镍原理	56
4.2.2	电镀镍工艺规范	57
4.2.3	杂质对镀镍层的影响及消除方法	63
4.2.4	不及格镀层的退除	65
4.2.5	多层镀镍	66
4.3	实训部分	67
4.3.1	实验	67
4.3.2	生产性实训	68
	思考题	69

项目五 塑料表面电镀铜 70

5.1	目的及要求	70
5.2	理论概述	70
5.2.1	硫酸盐镀铜	71
5.2.2	焦磷酸盐镀铜	74
5.2.3	电镀铜锌合金	77
5.3	实训部分	80
5.3.1	实验	80
5.3.2	生产性实训	81
	思考题	82

项目六 钢表面电镀锌 83

6.1	目的及要求	83
6.2	理论概述	83
6.2.1	电镀锌	83
6.2.2	碱式锌酸盐镀锌	84
6.2.3	氯化物镀锌	88
6.2.4	硫酸盐镀锌	91
6.2.5	电镀锌的后处理	93
6.3	实训部分	97
6.3.1	实验	97
6.3.2	生产性实训	98
	思考题	99

项目七 电镀铬 100

7.1	目的及要求	100
7.2	理论概述	100
7.2.1	镀铬的电极过程	101

7.2.2	镀铬液成分及工艺条件	101
7.2.3	镀铬故障产生原因及排除方法	105
7.2.4	不良铬镀层的退除	106
7.3	实训部分	107
7.3.1	实验	107
7.3.2	生产性实训	108
	思考题	109

参考文献

	参考文献	110
--	------	-----

绪 论

0.1 电镀工业概论

自从1800年意大利的Brugnatelli教授发明电镀银工艺后,经过了两百多年的时间,这种表面处理技术得到了全面的发展。目前,电镀金属种类繁多,如锌、镉、铜、镍、铁、铬、银、金、锡、铅、铟、钴、钨、铈、铂、钨、钼、铝、铍、镁、钙、锶、钡、镱、铪、钽、铌、钨、铀等,这些金属中有一部分无法从水溶液中得到,而只能从非水溶剂组成的电解液或熔盐浴中电沉积,而电镀合金则更是不胜枚举。

随着科技和工业的迅速发展,电镀作为一种重污染行业越来越受限制。电镀工业为了顺应世界环保的要求,而必须采用“清洁生产”的新工艺,即在电镀生产中研发各种低毒、无毒工艺。

氰化物电镀液中的氰化物含量少则十几克,多达一百多克,工作槽的液量少则几十升,多达几千升甚至上万升,使得这些电镀的排水中含有氰根而对环境造成污染。对此,各国都先后出台了治理方案和规定了排放标准。最终目标是取消氰化物镀种,以其他工艺技术取代这一有毒的工艺。这就是开始出现无氰电镀(cyanide-free plating, non-cyanide plating)的原因。我国开展无氰电镀技术开发已经有三十多年的历史,并且在20世纪70年代曾经掀起了一个高潮,也取得了一些成果,比如锌酸盐镀锌、HEDP镀铜等。但是有一些镀种工艺并不成熟,后来在实际生产中被淘汰出局。氰化物电镀在80~90年代又重新回潮,且随着我国工业结构的变化和国际加工业的转移,我国氰化物电镀的用量越来越大,对我国的生态环境构成了严重威胁。加之氰化物的生产、运输、储存、使用等各个环节都必须十分注意安全,不容有丝毫疏忽。因此,国家对氰化物的销售和使用严加控制,规定了严格的管理制度,包括限制直至取消落后的氰化物电镀工艺。

事实上各国电镀技术界从来都没有停止对无氰电镀的研究和开发。并且随着相关技术的进步,原来没有的新的电镀添加剂或电镀中间体进入电镀市场,使已有的无氰电镀工艺的质量进一步提高(如碱性无氰镀锌),使原来难度较大的无氰电镀工艺有了新的进展(如碱性无氰镀铜)。还有一些镀种的无氰电镀工艺有了不同程度的改进,但还不能完全取代这些镀种的含氰工艺。

0.2 电镀基础理论

0.2.1 电镀的概念

所谓电镀，就是在含有某种金属离子的电解质溶液中，将被镀工件作为阴极，通过一定波形的低压直流电，而使金属离子得到电子，不断在阴极沉积为金属的加工过程。

在进行电镀时，将预镀零件与直流电源的负极相连，要镀覆的金属（或不溶性的导体）和直流电源正极相连，镀槽中含有预镀覆金属离子的溶液。当接通电源时，预镀覆的金属便在阴极上析出。电镀装置如图 0-1 所示。

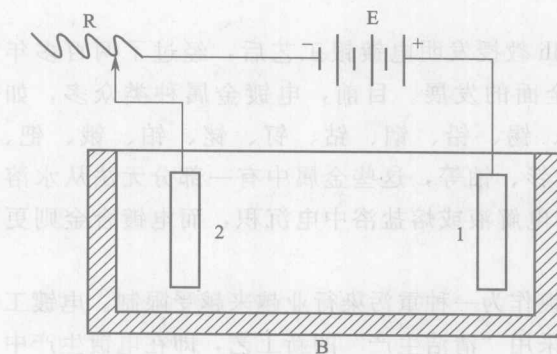


图 0-1 电镀装置示意图

E—直流电源；R—可变电阻；

1—阳极；2—阴极；B—电镀槽

0.2.2 法拉第定律

电流通过电解质溶液或熔融电解质时，电极上将发生化学反应，并伴有物质析出或溶解，法拉第定律可定量表达电极上通过的电量与反应物质的量之间的关系。即电流通过电解质溶液时，在电极上析出或溶解的物质的物质的量 n 与通过的电量 Q 成正比。

1mol 电子所带电量的绝对值称为法拉第常数，用 F 表示：

$$F = 96484.6 \text{ C/mol} \approx 96500 \text{ C/mol}$$

设电极反应为： $M^{z+} + ze^{-} \rightarrow M$

则法拉第定律可以表示为：

$$n = \frac{Q}{zF}$$

式中 z ——电极反应式中，转移电子的计量系数；

F ——法拉第常数。

设物质的摩尔质量为 M ，物质的质量为 m ，电流为 I ，通电时间为 t ，则

$$m = nM = \frac{QM}{zF} = \frac{ItM}{zF}$$

设 $k = \frac{M}{zF}$ ，则

$$m = kQ$$

k 被称为电化学当量, 仅与析出物质的性质有关, 表示通过 1C 的电量时析出物质的质量。 k 的单位为 g/C, 因为 $1\text{C}=1\text{A}\cdot\text{s}$, 所以 k 的单位也可以写作 $\text{g}/(\text{A}\cdot\text{s})$ 。在实际应用时, 为了方便使用且更直观, 常将其换算成以 $\text{g}/(\text{A}\cdot\text{h})$ 为单位。

0.2.3 电流效率

法拉第定律是自然界中最严格的定律之一, 不受温度、压力、电解质溶液组成与浓度、溶剂的性质、电极与电解槽材料和形状等因素限制。电极上析出的产物和消耗的反应物的物质的量, 都遵守法拉第定律, 即与通过的电量成正比。但在实际电镀过程中, 电极上发生不止一个反应, 还有副反应。电流效率可以有效描述电流利用效率的问题。所谓电流效率 η , 就是获得的镀层实际质量与其理论值之比, 通常用百分数表示。

$$\eta = \frac{m_1}{m_2} \times 100\% = \frac{Q_1}{Q_2} \times 100\%$$

式中 η ——电流效率, %;

m_1 ——电极上析出产物的实际质量, g;

m_2 ——由总电量所折算的产物的质量, g;

Q_1 ——析出所需物质消耗的电量, C;

Q_2 ——通过电极的总电量, C。

电流效率是评定镀液性能的一项重要指标。电流效率高可加快镀层沉积速率, 减少电耗。电流效率与不同镀种、工艺等有关。

0.2.4 电镀基本计算

(1) 电流密度、电镀时间及镀层平均厚度之间的关系

$$d = \frac{100kD_k t \eta_k}{60\rho}$$

式中 d ——镀层平均厚度, μm ;

k ——待镀金属的电化学当量, $\text{g}/(\text{A}\cdot\text{h})$;

D_k ——阴极电流密度, A/dm^2 ;

t ——电镀时间, min;

η_k ——阴极电流效率, %;

ρ ——待镀金属密度, g/cm^3 。

(2) 沉积速率 沉积速率用单位时间内沉积镀层厚度表示, 通常以 $\mu\text{m}/\text{h}$ 表示。

$$v = \frac{100kD_k \eta_k}{\rho}$$

0.3 镀层作用

镀层的用途分为三大类：防护性镀层、防护-装饰性镀层和功能性镀层。

(1) 防护性镀层 此类镀层主要用于金属零件的防腐蚀。镀锌层、镀镉层、锌基合金镀层等属于此类用途。

(2) 防护-装饰性镀层 这类镀层主要用于既要防腐蚀又要求具有经久不变的外观的零件。如铜-镍-铬多层电镀是典型的防护-装饰性镀层。

(3) 功能性镀层 为了满足某种物理性能的需要（如光、电、磁、热、耐磨性等）而沉积的镀层称为功能性镀层。例如机械零件表面镀硬铬层提高耐磨性；电子工业用镀铜层作导电层；磁带用的镍钴镀层等。

0.4 赫尔槽试验

利用电流密度在远、近阴极上分布不同的特点，Hull 于 1935 设计了一种平面阴极和平面阳极构成一定斜度的小型电镀试验槽，此槽称为赫尔槽。赫尔槽可用来观察不同电流密度的镀层外观，确定和研究电镀液各成分对镀层质量的影响，选择合理的工艺条件（如 D_k 、 T 、 pH 等），分析电镀故障产生的原因。还可以用来测定电解液的分散能力、覆盖能力和镀层的其他性能，如整平性、脆性、内应力等。

(1) 赫尔槽的构造 赫尔槽的构造如图 0-2 所示。槽体材料一般采用有机玻璃或硬聚氯乙烯板，根据槽的容积大小可分为 1000mL、267mL、250mL 三种，其内

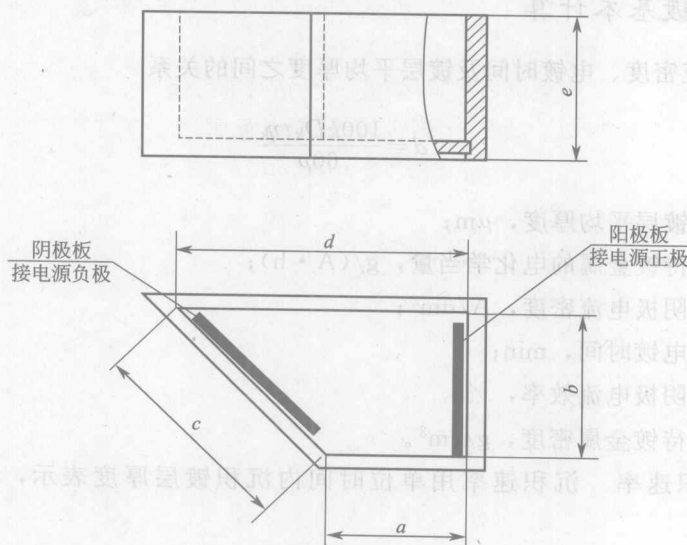


图 0-2 赫尔槽示意图

部尺寸见表 0-1。

表 0-1 赫尔槽尺寸

mm

规 格	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>
267mL 或 250mL	48	64	102	127	65
1000mL	119	86	127	213	81

250mL 和 267mL 的槽尺寸是一样的,只是在应用时装入的溶液量不同。便于计算常采用 250mL 赫尔槽,因为在 250mL 槽中加 1g 物质相当于每升溶液中加入 4g 物质。

(2) 赫尔槽阴极上的电流分布 从赫尔槽的结构可以看出,阴极试片上各部位与阳极的距离不等,所以阴极上各部位的电流密度也不同。离阳极距离最近的一端称为近端,它的电流密度最大,随着阴极部位与阳极距离的增大,电流密度逐渐减小,直至离阳极最远的一端(称为远端),它的电流密度最小。表 0-2 列出常用的电流强度与赫尔槽阴极样板各点的电流密度对应值。

表 0-2 常用的电流与 250mL 赫尔槽阴极样板各点的电流密度

至阴极近端的 距离/cm 电流密度 (A/dm ²) 电流/A	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	5.45	3.74	2.78	2.08	1.54	1.09	0.72	0.40	0.11
2	10.90	7.48	5.56	4.16	3.08	2.18	1.44	0.80	0.22
3	27.25	18.7	13.90	10.40	7.70	5.45	3.60	2.00	0.55

(3) 赫尔槽试验的方法

① 样液 取样应有代表性,样品应充分混合,若混合有困难时,可用移液管在溶液的不同部位取样,每次所取溶液体积应相同。当使用不溶性阳极时,电解液经 1~2 次试验后应换新液。

② 工艺规范 大多数的光亮电解液,包括镀镍、铜和镉等,采用 2A/dm² 的电流密度;非光亮电解液一般采用 1A/dm² 的电流密度。对装饰性镀铬,电流密度需要 5A/dm²;对硬铬电流密度要用 6~10A/dm²。试验时间一般为 5~10min,试验时的温度应与生产时相同。

③ 阴、阳极材料的选择 阴、阳极通常是长方形薄板,250mL 槽所用的阴极为 100mm×70mm,阳极为 63mm×70mm;1000mL 槽所用的阴极为 125mm×90mm,阳极为 85mm×90mm。阳极厚度为 3~5mm,其材料与生产中使用的阳极相同。阴极厚度为 0.25~1mm,材料视试验要求而定,一般可用冷轧钢板、白铁片、钢及黄铜片,试片必须表面平整。

0.5 使用赫尔槽解决电镀故障的方法

(1) 制备镀层样板 先取故障液做试验,将试验所得样板绘图记录或干燥后保

存。不同的镀液成分, 试验时反映在阴极样板上的镀层状况往往也不同。因此试验前应将镀液搅拌均匀后取样。向赫尔槽中加原料时, 可溶性的固体可直接加入赫尔槽的溶液中, 搅拌使之溶解; 不宜直接加入镀液的原料, 要配制成尽可能浓的溶液, 以防溶液体积显著增大, 影响试验的正确性。

再取无故障(或新配)的镀液, 有意识地分别加入各种不同的杂质进行试验, 将试验所得的各种样板与故障液样对比并把与故障液现象类似或相同的试验反复多做几次; 同时在可能的情况下, 对杂质进行定性或定量分析。经过反复试验和分析有可能找出故障的真正原因。

(2) 验证故障原因 验证的方法是根据已查出的原因, 对故障液按正确的方法进行处理, 接着对处理后的镀液再做赫尔槽试验, 若试验表明, 处理后的镀液已恢复正常, 故障已排除, 则前面查出的原因是正确的; 否则还需继续试验, 直至找出故障的真正原因为止。

(3) 选择处理方法 找出了故障原因之后, 还要选择排除故障的方法。一种故障有时可用几种方法或一种方法在不同条件下进行排除。要对比一下哪一种处理后的镀液性能最好; 哪一种处理费用最少(包括用料和处理后镀液的损耗); 哪一种处理过程简便。

这些问题均可由赫尔槽试验或辅之其他小试验来确定。应用赫尔槽仪试验寻找其他镀种镀液的故障原因时, 均可参照上述试验方法。

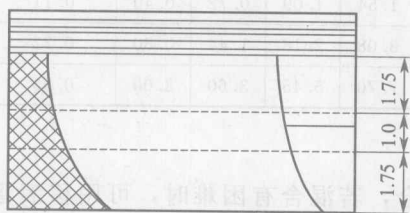


图 0-3 典型光亮镀镍
赫尔槽样板图(单位: cm)

一块赫尔槽样板, 用文字或符号记录时, 必须将试验时的镀液成分和操作条件写在样板的上方或左方。例如试验光亮镀镍的样板图形如图 0-3 所示。

样板的绘图记录: 可以将图中虚线间的镀层状况描绘下来, 也可以将样板上的镀层状况缩小至虚线内描绘下来。前者只记录样板中间 1cm 宽的镀层状况, 后者记录整块样板(缩小至 1cm 宽)上的镀层状况。这两种记录方法有时基本相同, 有时则不同。例如有的样板在下部(1.75cm 内)有条纹, 虚线间却没有条纹; 有的样板在(接近液面的部位)上部有针孔或发花, 而虚线内没有针孔或发花。显然在这种情况下, 后者能反映整块样板上的状况。现将图 0-3 所示样板的绘图记录示于图 0-4。

试验液成分: $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 300g/L; NaCl 12g/L; H_3BO_3 40g/L; 1,4-丁炔二醇 0.5g/L; 糖精 1g/L; 十二烷基硫酸钠 0.1g/L。

操作条件: $\text{pH} = 4.4$; 温度 48°C ; $I = 1\text{A}$; 时间 10min。

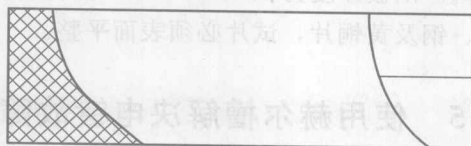


图 0-4 典型光亮镀镍赫尔槽样板记录图

由于赫尔槽阴极的近端和远端电流

密度相差很大,高达几十倍至百余倍,所以一次赫尔槽试验,可以看到相当宽阔电流密度范围内镀层状况的不同现象。假如镀液中某一成分的变化、操作条件的改变或进入某种杂质,能够引起赫尔槽内阴极样板上镀层状况的变化,那么赫尔槽试验就能用来了解这些因素的变化情况。所以,赫尔槽试验可用来确定镀液中某些成分的最佳含量;选择适宜的操作条件;确定镀液中添加剂和杂质的含量;帮助分析故障原因,预测故障和测定镀液分散能力、深镀能力及整平能力。

用赫尔槽试验分析镀液故障,不但速度快,而且效果好。例如无铵氯化钠光亮滚镀锌时,镀件上出现了滚桶网眼似的黑圈故障。这时操作人员采取补充光亮剂、降低镀液 pH 值和稀释镀液等方法,都不能解决问题,故障延续一个多月。后来有人用赫尔槽试验分析故障,不到 2h 就找到了故障原因,方法如下。

① 取镀液试验:试验条件为温度 25°C ; $I=1\text{A}$; $\text{pH}=5.4$; 时间 5min, 阴极样板如图 0-5 所示。

② 向镀液中分别添加各种成分后试验:试验发现,向镀液中添加 NaCl,故障现象明显减轻,而添加其他成分时,故障现象没有好转。



图 0-5 无铵氯化钠镀锌液故障样板图

③ 逐渐提高 NaCl 含量再试验:

当 NaCl 的加入量达 60g/L 时,故障现象完全消失;NaCl 的加入量达 80g/L 时,赫尔槽阴极样板的镀层状况与用正常镀液时一样,整块样板为均匀光亮的灰白色。试验表明,故障是镀液中 NaCl 含量偏低而造成的。接着用化学分析方法测定 NaCl 含量,发觉镀液中 NaCl 含量只有 112g/L (新配液为 185g/L),于是向有故障的镀液中补充了计算量的 NaCl,故障就消除了。

又如某厂光亮镀镍出现黑色条纹,经多次处理都没有解决问题,停产达 2 个月之久。后来用赫尔槽试验分析故障,花了一天多时间,就找出了故障的真正原因。方法如下。

① 取镀液试验:试验条件为温度 $50^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$; $\text{pH}=4.4$; $I=1\text{A}$; 时间=5min。

阴极样板如图 0-6 所示。

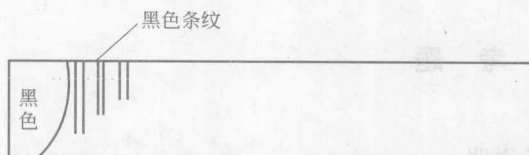


图 0-6 光亮镀镍液故障样板图

② 经化学分析证实,镀液成分正常,所以认为故障是由杂质引起的。究竟是什么杂质造成的?试验者新配了 10L 光亮镀镍液以找出某种杂质的影响,其成分为: $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 300g/L ; NaCl 12g/L ; H_3BO_3 40g/L ; 1,4-丁炔二醇 0.5g/L ; 糖精 1.0g/L ; 十二烷基硫酸钠 0.15g/L ; $\text{pH}=4.4$ 。

③ 取新配光亮镀镍液做赫尔槽试验:试验条件为温度 $50^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$; $I=1\text{A}$; 时间=5min。阴极样板与图 0-4 基本相同。

④ 向新配光亮镀镍液中分别加入 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 NO_3^- 、 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 和 PO_4^{3-} 等杂质进行试验。将试验所得样板与故障样板进行比较, 结果表明, 当加入 NO_3^- 和 Zn^{2+} 杂质时, 赫尔槽阴极样板上出现黑色条纹。但 Zn^{2+} 使样板的低电流密度区镀层发黑, 而且条纹也不在高电流密度区。因此, 初步断定是 NO_3^- 的影响。然后取原镀液, 进行 NO_3^- 的定性试验, 方法是: 取 1 支试管, 注入 10mL 有故障的镀液, 将试管倾斜, 再沿管壁慢慢加入 5mL 10g/L 二苯胺硫酸溶液 (用 0.5g 二苯胺与 50mL 化学纯浓硫酸均匀混合, 完全溶解后的溶液), 此时不可摇动, 溶液分为两层, 若两层液体的交界处出现蓝色环, 表明镀液中有 NO_3^- 存在。定性试验证明, 有故障镀液中确实有 NO_3^- 。故障的真正原因找到了, 就可对有故障的镀镍液进行电解处理。电解的条件是 $\text{pH}=1\sim 2$, 温度 $=65\sim 70^\circ\text{C}$, $D_k=1\text{A}/\text{dm}^2$, 电解 26h 以后, 排除了故障。

以上故障, 对有丰富实践经验的人来说, 只要做 1~2 块赫尔槽样板, 就能知道故障的真正原因。因为高电流密度区有黑色条纹, 低电流密度区无镀层是镀镍溶液中 NO_3^- 杂质在赫尔槽阴极样板上的特征现象, 试验时看到这种现象, 就可判断是 NO_3^- 的影响。其实, 某些杂质在赫尔槽阴极样板上往往都有特征现象。例如在镀镍溶液中, 铜杂质的特征现象是样板的低电流密度区镀层呈灰黑色; 锌杂质的特征现象是低电流密度区呈灰黑色, 同时还有一些条纹出现 (含量低时条纹不明显); 六价铬杂质的特征现象是高电流密度区镀层脆裂, 低电流密度区无镀层。

用赫尔槽试验分析故障的原因, 有时还可以进行验证。例如光亮镀镍出了故障, 做赫尔槽试验时, 发现阴极样板的高电流密度区镀层脆裂, 低电流密度区无镀层, 这表明是六价铬杂质的影响。那么究竟是不是六价铬的影响呢? 可以用向有故障的镀液中加入适量的保险粉 (一般为 0.5g/L 左右), 将六价铬还原为三价铬, 然后再做赫尔槽试验, 若用保险粉处理后, 赫尔槽阴极样板的低电流密度区全部镀上了镀层, 故障现象消失, 则就进一步证实了是六价铬的影响。

思考题

赫尔槽有什么作用? 请举两个例子说明。



项目一 金属基体通用镀前处理

1.1 目的及要求

- ① 通过本项目的学习和实践，学生了解金属基体材料的镀前表面处理工艺，主要包括整平（磨光、抛光、滚光、刷光、喷砂等）、除油（有机溶剂除油、化学除油、电化学除油）、浸蚀，学会常用镀前表面处理设备操作步骤，懂得使用基本理论对金属基体通用镀前处理工艺进行解释。
- ② 老师在演示和讲解钢的抛光、有机溶剂除油和化学除油、化学浸蚀后，学生根据提供的钢工件形状，设计抛光、除油和浸蚀，学会判断工件除油是否干净、确定化学浸蚀时间，懂得使用基本理论对金属基体通用镀前处理工艺进行解释。

1.2 镀前处理的意义

生产实践证明，电镀生产中所产生的质量问题，比如局部镀层脱落、鼓泡、麻点、花斑以及局部无镀层的现象，大多数情况下都不是电镀工艺本身造成的，而是由于基体材料的镀前处理不当造成的。尤其是镀层的结合力、抗腐蚀能力和平整程度等性能，往往与前处理质量的优劣密切相关。因此，合适有效的前处理工艺是十分重要的。

镀前处理主要包括：整平处理、化学处理和电化学处理。

1.3 工件表面的整平处理

材料的整平处理是对基体材料的粗糙表面进行机械整平，包括磨光、抛光、滚光、刷光、喷砂等方法。

1.3.1 磨光

磨光是除去基体材料表面的毛刺、砂眼、焊疤、划痕、腐蚀痕、氧化皮和各种宏观缺陷，以提高基体材料表面平整度的一种机械处理方法，一般是在粘有磨料的磨轮上进行的。