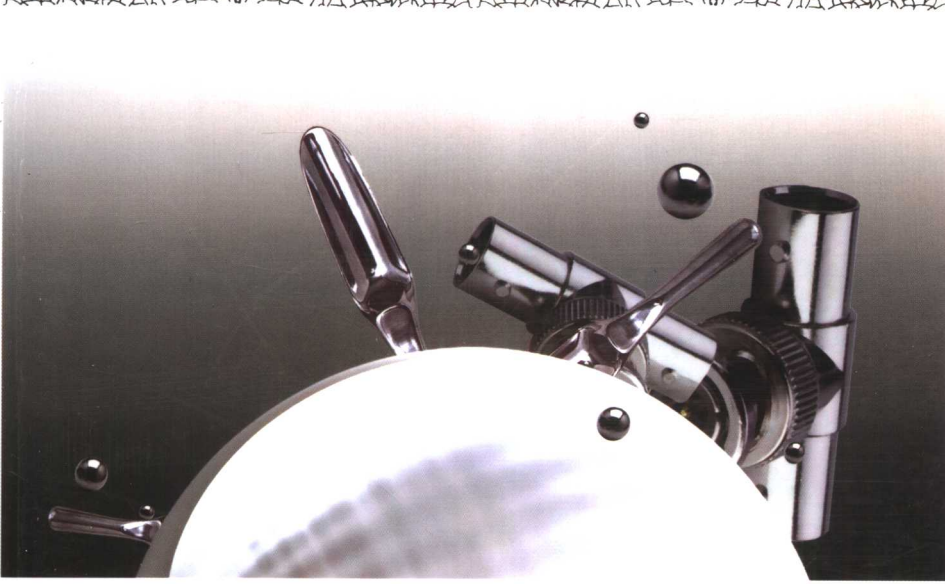


镀 镍

技术丛书



# 镀镍工艺基础

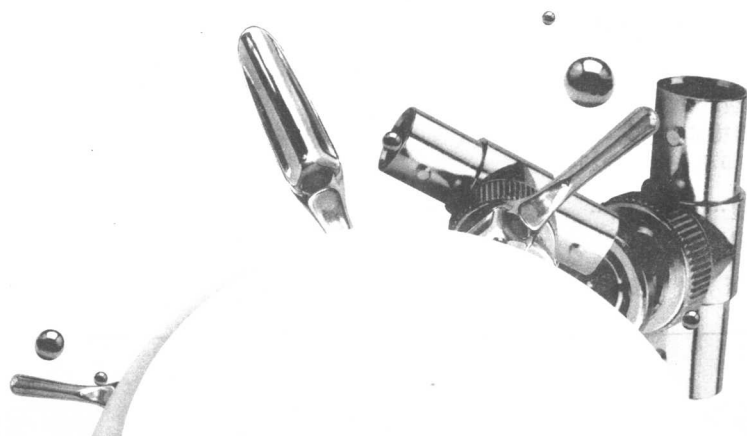
陈天玉 编著



化学工业出版社

镀 镍

技术丛书



# 镀镍工艺基础

○ 陈天玉 编著 ○



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是《电镀技术丛书》之一。

本书简单介绍了电镀镍的来历、原理,对普通镀镍、光亮镀镍、镀黑镍、镀枪黑色镍、镍封、镀缎面镍、镀高应力镍及各种镍盐镀镍的工艺进行了详细介绍。

本书即适应于生产第一线的操作人员、工程技术人员的需求,又满足科技人员探讨某些较深层次的问题的需要。

### 图书在版编目(CIP)数据

镀镍工艺基础/陈天玉编著. —北京: 化学工业出版社, 2006. 8  
(电镀技术丛书)  
ISBN 978-7-5025-9254-7

I. 镀… II. 陈… III. 镀镍-工艺-基础  
IV. TQ153.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 103379 号

---

### 电镀技术丛书 镀镍工艺基础

陈天玉 编著  
责任编辑: 段志兵  
文字编辑: 孙凤英  
责任校对: 陈 静  
封面设计: 尹琳琳

\*

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)  
购书咨询: (010)64982530  
(010)64918013  
购书传真: (010)64982630  
<http://www.cip.com.cn>

\*

新华书店北京发行所经销  
北京市振南印刷有限责任公司印刷  
三河市前程装订厂装订  
开本 850mm×1168mm 1/32 印张 9 1/2 字数 252 千字  
2007 年 1 月第 1 版 2007 年 1 月北京第 1 次印刷  
ISBN 978-7-5025-9254-7  
定 价: 20.00 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

电镀是对基体金属表面进行装饰、防护以及获取新功能的工艺方法。大部分工业产品的零部件，特别是轻工产品，都离不开电镀的应用。镍镀层是应用最广泛的装饰性防护镀层。全世界电镀镍市场正在增大。从第七届镍业会议上获悉，全世界镍消费中大约有10万吨用于电镀镍，占总消费量的8%，其中90%直接用于镀镍，余下10%用于生产电池泡沫镍和燃料电池镍。

在装饰防护市场上，电镀镍应用于电镀汽车铝合金轮毂已有数十条生产线，应用于电镀摩托车配件也有数十条生产线，它们都是以多层镍和微裂纹铬工艺生产，是镍消耗的大户。汽车工业的发展，对电镀质量上档次、上规模起了推动作用，我国的汽车工业方兴未艾，发展前途无可限量，但是电镀镍生产由于成本和环保问题，开始从美国和欧洲转移到亚洲的印度和我国，因此我国的镀镍生产规模必将有更大的发展。

近半个世纪以来，对镀镍添加剂的研究已做了大量的工作，从目前的成果来看，无论是镀镍层的光亮度、出光速度和使用寿命，镀层和镀液性能都达到了前所未有的程度。亮镍、缎面镍、黑色镍以及仿金镀层的组合运用，可镀出五彩缤纷的装饰镀层，但是镍层的固有特性，如属于电位校正的阴极镀层以及多孔隙性，使得使用单独的光亮镍或铜-镍-铬体系时，镍的防护性能仍难达到理想的程度，不能适应恶劣腐蚀环境。在突破这一难题上，经过众多科学家的反复研究，国际上第一步推出双层镍或多层镍组合镀层，大大地提高了镍的防护性能，继之又推出镍封或高应力镍，令在其上镀铬后形成微孔或微裂纹铬，使镍-铬防护性能又得到进一步的提高，

目前已适应汽车、摩托车零部件在极严酷腐蚀条件下的长期使用。在我国，汽车、摩托车零配件产品已大量采用先进的微孔、微裂纹镍-铬技术，产品质量与国际水平接轨。

电镀至今已有 150 多年的历史，镍在金属电镀中已占有相当重要的地位，应用广泛。虽然电镀的种类很多，但最广泛的仍然是以瓦特镀镍为基础的镀液。在历史的长河中，我国电镀工业发展壮大，广大科技工作者的成果不断出现，目前发表的电镀文献数以千计。为了及时总结经验，推广新技术，促进电镀的发展，笔者阅读了近 30 年来镀镍的文献数百篇，借鉴国外先进理论和经验，结合自己的电镀生产和研究的经历，编写这套“镀镍技术丛书”。“丛书”包括《镀镍工艺基础》、《光亮镀镍》、《镀镍合金》、《复合镀镍和特种镀镍》、《镀镍故障处理及实例》五册。

《镀镍工艺基础》简单介绍电镀镍的来历、原理，对普通镀镍、光亮镀镍、镀黑镍、镀枪黑色镍、镍封、镀缎面镍、镀高应力镍及各种镍盐镀镍的工艺进行详细介绍。

《光亮镀镍》简要介绍光亮镀镍的原理、光亮镍层的性能和一般工艺，对镀镍光亮剂，双层和多层光亮镀镍，低浓度低温以及深孔、滚镀工艺条件下的光亮镀镍工艺进行详细介绍。

《镀镍合金》简要介绍镀镍合金的原理，重点对各种二元镍合金和三元镍合金的镀液、电镀工艺、镀层性能进行详细介绍。

《复合镀镍和特种镀镍》在复合镀镍部分，介绍镍复合镀层、纳米复合镀镍、复合梯度材料的电镀以及镍基镶嵌镀等技术工艺；在特种镀镍部分，介绍刷镀镍、电铸镍、脉冲镀镍、激光强化镀镍、高速镀镍等技术工艺。

《镀镍故障处理及实例》介绍镀镍过程中故障发生的原因和处理办法，镀液中杂质的类型和消除方法、镀镍溶液的大处理手段和过程，收集了上百个镀镍故障分析和处理实例。

这些图书立足于提高镀镍及镍合金的技术水平，既适应生产第一线的操作人员、工程技术人员的需求，又满足于科技人员探讨某些较深层次的理论问题的需要，包括先进的测试技术以及深入研究

镀镍的技术与理论。

由于本人经验和水平所限，不妥之处在所难免，热忱希望广大读者批评指正，以便再次印刷时修正与补充。

**编著者**  
**2006. 10**

**特别提示：**第一，读者如将本书中的配方或工艺付诸实践，请事前务必试验，遵守相关操作规程和环保法规；第二，本书中提出的添加剂商品信息系采集自公开文献和资料，仅供参考，本书作者对其变更情况并不负责。

## 欢迎订阅腐蚀和表面技术专业图书

| 书 号           | 书 名                            | 定价/元   |
|---------------|--------------------------------|--------|
| <b>专业工具书</b>  |                                |        |
| 7502546790/TQ | 实用表面预处理手册                      | 38.00  |
| 7502519920/TQ | 表面工程手册                         | 90.00  |
| 7502568034/TQ | 实用清洗技术手册                       | 69.00  |
| 7502578129    | 腐蚀控制设计手册                       | 158.00 |
| 7502570039    | 尤利格腐蚀手册                        | 158.00 |
| 7502515364/TQ | 腐蚀数据与选材手册                      | 80.00  |
| 7502517405/TQ | 实用防腐蚀工程施工手册                    | 180.00 |
| 7502554025/TG | 防锈材料应用手册                       | 78.00  |
| 7502522824/TQ | 阴极保护工程手册                       | 50.00  |
| 7502565302/TQ | 阴极保护手册——电化学保护的理论与实践            | 68.00  |
| 7502573186    | 中国材料工程大典 (第 16 卷) ——材料表面工程 (上) | 130.00 |
| 7502573194    | 中国材料工程大典 (第 17 卷) ——材料表面工程 (下) | 130.00 |
| <b>腐蚀科学</b>   |                                |        |
| 7502568328/TQ | 大气腐蚀                           | 39.00  |
| 7502551875/TQ | 腐蚀电化学原理 (第二版, 曹楚南 编著)          | 42.00  |
| 7502527265/TQ | 腐蚀破坏事故 100 例                   | 18.00  |
| 7502543333/TQ | 腐蚀与防护全书——金属高温氧化和热腐蚀            | 29.00  |
| 7502535322/TQ | 金属的腐蚀磨损                        | 38.00  |
| 7502584706    | 材料的腐蚀与防护                       | 39.00  |
| 7502532145/G  | 过程装备腐蚀与防护 (教材)                 | 24.00  |
| 7502573895    | 金属电化学腐蚀与防护 (教材)                | 29.00  |
| 7502504451/G  | 金属腐蚀理论及应用 (教材, 魏宝明 主编)         | 32.00  |
| 7502585656    | 镁合金腐蚀与防护                       | 29.80  |
| 7502540679/TQ | 现代腐蚀科学和防蚀技术全书——材料的耐蚀性和腐蚀数据     | 90.00  |
| 750253962X/TQ | 现代腐蚀科学和防蚀技术全书——材料腐蚀学原理         | 39.00  |
| 7502560319/TQ | 中国材料的自然环境腐蚀                    | 78.00  |
| <b>防腐蚀技术</b>  |                                |        |
| 7502536132/TQ | 防腐蚀技术及应用实例                     | 95.00  |

|               |                                   |       |
|---------------|-----------------------------------|-------|
| 7502574824    | 防腐蚀施工管理及施工技术                      | 36.00 |
| 750253363X/TQ | 腐蚀与防护全书——化学工业中的腐蚀与防护              | 30.00 |
| 7502534172/TQ | 腐蚀与防护全书——石油工业中的腐蚀与防护              | 25.00 |
| 7502566880/TQ | 钢结构的腐蚀控制                          | 46.00 |
| 7502579265    | 工程防腐蚀指南——设计材料方法监理检测               | 58.00 |
| 7502541500/TQ | 工人岗位培训实用技术读本——防腐蚀衬里技术             | 30.00 |
| 7502546642/TQ | 管道防腐蚀技术                           | 28.00 |
| 750255310X/TQ | 管线腐蚀控制 (二版)                       | 45.00 |
| 7502582819    | 海水冷却系统的腐蚀及其控制                     | 36.00 |
| 7502520104/G  | 化工腐蚀与防护 (教材, 第二版)                 | 16.00 |
| 7502557164/G  | 化工腐蚀与防护 (教材)                      | 20.00 |
| 7502546251/TQ | 基础设施腐蚀防护和耐久性问与答                   | 20.00 |
| 7502534385/TQ | 热水锅炉防腐阻垢技术                        | 36.00 |
| 7502529365/TQ | 水处理防腐蚀和失效分析 1000 例                | 28.00 |
| 750257218X    | 现代腐蚀科学和防蚀技术全书——电化学保护和缓蚀剂<br>应用技术  | 98.00 |
| 750254030X/TQ | 现代腐蚀科学和防蚀技术全书——防腐蚀表面工程技术          | 88.00 |
| 7502578293    | 现代腐蚀科学和防蚀技术全书——腐蚀科学技术的应用<br>和失效案例 | 78.00 |
| 7502536841/TQ | 新领域精细化工丛书——缓蚀剂                    | 38.00 |
| 7502586121    | 职业技能操作训练丛书——防腐蚀工                  | 16.00 |
| 7502550488/G  | 职业技能鉴定培训读本 (技师) ——防腐蚀工            | 36.00 |

## 涂料涂装技术

|               |                           |       |
|---------------|---------------------------|-------|
| 7502564772/TF | 彩色涂层钢板技术                  | 45.00 |
| 7502584897    | 船舶涂料与涂装技术 (二版)            | 35.00 |
| 7502535071/TQ | 防腐蚀涂料和涂装 (二版)             | 18.00 |
| 750255436X/TQ | 粉末涂料与涂装实用技术问答             | 45.00 |
| 7502563520/TU | 钢结构防腐蚀和防火涂装               | 35.00 |
| 7502520562/TQ | 工业涂料与涂装技术丛书——船舶涂料与涂装技术    | 25.00 |
| 7502527842/TQ | 工业涂料与涂装技术丛书——粉末涂料与涂装技术    | 26.00 |
| 7502530932/TQ | 工业涂料与涂装技术丛书——机床涂料与涂装技术    | 20.00 |
| 7502528849/TQ | 工业涂料与涂装技术丛书——家具涂料与涂装技术    | 20.00 |
| 7502521038/TQ | 工业涂料与涂装技术丛书——建筑涂料与涂装技术    | 35.00 |
| 7502536868/TQ | 工业涂料与涂装技术丛书——汽车摩托车涂料与涂装技术 | 25.00 |
| 7502535306/TQ | 工业涂料与涂装技术丛书——防腐蚀涂料与涂装技术   | 25.00 |

|               |                           |       |
|---------------|---------------------------|-------|
| 750253850X/TQ | 建筑涂料与涂装技术 400 问 (二版)      | 24.00 |
| 7502566104/TQ | 汽车涂料                      | 35.00 |
| 7502563598/TB | 汽车涂装工艺技术                  | 48.00 |
| 7502531602/U  | 汽车修补涂装技术手册                | 26.00 |
| 7502536817/TQ | 实用涂装基础及技巧                 | 29.00 |
| 7502545379/TQ | 涂料防腐蚀技术丛书——丙烯酸树脂防腐蚀涂料及应用  | 25.00 |
| 7502531262/TQ | 涂料防腐蚀技术丛书——防腐蚀涂料涂装和质量控制   | 36.00 |
| 7502549102/TQ | 涂料防腐蚀技术丛书——氟树脂涂料及应用       | 30.00 |
| 7502551182/TQ | 涂料防腐蚀技术丛书——功能性防腐蚀涂料及应用    | 28.00 |
| 7502581456    | 涂料防腐蚀技术丛书——聚氨酯树脂防腐蚀涂料及应用  | 35.00 |
| 7502583998    | 涂料喷涂工艺与技术                 | 29.00 |
| 7502581766    | 涂料行业职业技能鉴定培训教材——地坪涂料与涂装工  | 28.00 |
| 7502582940    | 涂料行业职业技能鉴定培训教材——防腐蚀涂料与涂装工 | 25.00 |
| 7502586695    | 涂料行业职业技能鉴定培训教材——建筑涂料与涂装工  | 20.00 |
| 7502578528    | 涂料与涂装技术                   | 36.00 |
| 7502560904/TQ | 涂装表面预处理技术与应用              | 38.00 |
| 7502539964/TQ | 涂装工艺学                     | 28.00 |
| 7502556354/TH | 涂装工艺与设备                   | 46.00 |
| 7502569499    | 现代生产安全技术丛书——涂装作业安全技术      | 28.00 |
| 7502534636/TQ | 有机涂料科学和技术                 | 66.00 |
| 7502545042/TQ | 预涂金属卷材及涂料                 | 24.00 |

## 金属涂层和电镀技术

|               |                            |       |
|---------------|----------------------------|-------|
| 750258045X    | 钢材热镀锌                      | 59.00 |
| 7502529195/TQ | 涂层技术原理及应用                  | 45.00 |
| 7502559744/TG | 实用焊接技术丛书——表面堆焊与热喷涂技术       | 39.00 |
| 7502591176    | 电弧喷涂技术                     | 36.00 |
| 7502574220    | 工人安全技术培训系列读本——电镀工安全技术      | 15.00 |
| 7502562060/O  | 实用电镀技术丛书——电镀清洁生产工艺         | 35.00 |
| 7502538011/TQ | 材料防护系列图书——电镀工程             | 40.00 |
| 7502557989/X  | 电子废料回收与利用丛书——电镀废弃物与材料的回收利用 | 24.00 |
| 7502544488/X  | 电镀废水处理技术及工程实例              | 35.00 |
| 7502546219/TQ | 难镀基材的化学镀镍技术                | 22.00 |
| 7502532595/TQ | 实用电镀技术丛书——电镀溶液分析技术         | 35.00 |
| 750253539X/TQ | 实用电镀技术丛书——电镀溶液与镀层性能测试      | 19.00 |

|               |                       |       |
|---------------|-----------------------|-------|
| 750255095X/TQ | 实用电镀技术丛书——防护装饰性镀层     | 38.00 |
| 7502532595/TQ | 实用电镀技术丛书——电镀溶液分析技术    | 35.00 |
| 7502548572/TQ | 实用电镀技术丛书——化学镀实用技术     | 42.00 |
| 7502534903/TQ | 腐蚀与防护全书——实用电镀技术       | 25.00 |
| 7502584188    | 非金属电镀与精饰——技术与实践       | 35.00 |
| 7502548513/TQ | 电镀实践 600 例            | 30.00 |
| 7502584021    | 镀铬修复及应用实例             | 28.00 |
| 7502589511    | 镀铁铜镍及合金修复技术           | 20.00 |
| 7502555110/TQ | 特种电镀技术                | 22.00 |
| 7502547975/TQ | 刷镀技术                  | 28.00 |
| 750258434X    | 表面处理清洁生产技术丛书——镀锌      | 15.00 |
| 7502584471    | 表面处理清洁生产技术丛书——镀覆前表面处理 | 20.00 |
| 7502582045    | 涂镀三废处理工艺与设备           | 38.00 |
| 7502575529    | 电镀工艺与设备               | 54.00 |
| 7502540407/TM | 工人岗位培训实用技术读本——电镀技术    | 27.00 |
| 7502590307    | 现代电镀 (原著第四版)          | 88.00 |
| 7502592547    | 镀镍技术丛书——镀镍工艺基础        |       |
| 750259521X    | 镀镍技术丛书——光亮镀镍          |       |
| 7502589546X   | 实用装饰性镀层和涂层            | 36.00 |
| 7502592156    | 电镀企业的数据化管理            |       |
|               | 电镀生产管理 8 讲            |       |
|               | 纳米电镀 (引进图书)           |       |
|               | 电镀挂具                  |       |
|               | 复合电镀技术                |       |

## 表面清洗技术

|               |                             |       |
|---------------|-----------------------------|-------|
| 7502576541    | 石材清洗、防护、粘接与深加工              | 68.00 |
| 7502563121/X  | 精密洗净技术                      | 26.00 |
| 7502536043/TQ | 工业清洗剂及清洗技术                  | 45.00 |
| 7502563806/TB | 电力工业清洗技术                    | 40.00 |
| 7502570497    | 洗净技术基础                      | 58.00 |
| 7502568034/TQ | 实用清洗技术手册 (二版)               | 69.00 |
| 7502546111/TQ | 金属清洗技术                      | 28.00 |
| 7502544925/TQ | 表面活性剂应用技术丛书——表面活性剂在洗涤工业中的应用 | 20.00 |
| 7502530010/TQ | 实用化学清洗技术 (二版)               | 20.00 |

|                |                      |       |
|----------------|----------------------|-------|
| 7502545034 /TQ | 工业清洗及应用实例            | 25.00 |
| 7502543430 /TQ | 工人岗位培训实用技术读本——工业清洗技术 | 35.00 |
| 7502577785     | 高压水射流清洗技术及应用         | 29.00 |

### 其他表面技术

|                |                         |       |
|----------------|-------------------------|-------|
| 7502555501 /TQ | 铝合金阳极氧化与表面处理技术          | 45.00 |
| 7502558659 /TQ | 不锈钢表面处理技术               | 32.00 |
| 7502586539     | 金属表面抛光技术                | 29.00 |
| 7502551433 /TQ | 超细粉体表面修饰                | 45.00 |
| 7502577521     | 金属表面技术丛书——表面淬火技术        | 22.00 |
| 7502582746     | 金属表面技术丛书——化学热处理技术       | 35.00 |
| 7502569766     | 金属表面技术丛书——表面熔融凝固强化技术    | 35.00 |
| 7502570551     | 金属表面技术丛书——水溶液沉积技术       | 20.00 |
| 7502566414 /TB | 材料表面强化技术                | 55.00 |
| 7502553630 /TQ | 玻璃表面处理技术                | 76.00 |
| 7502548491 /TQ | 纳米粉体的分散及表面改性            | 30.00 |
| 7502581944     | 陶瓷材料表面改性技术              | 38.00 |
| 7502579214     | 现代表面工程技术(教材)            | 32.00 |
| 7502556982 /TQ | 硅及其氧化物的电化学——表面反应、结构和微加工 | 68.00 |
| 750255890X /TB | 喷丸清理技术                  | 38.00 |

化学工业出版社出版机械、电气、化学、化工、环境、安全、生物、医药、材料工程、腐蚀和表面技术等专业科技图书。如要邮购图书，请与发行部联系。如要出版新著，请与编辑联系。如要以上图书的内容简介和详细目录，或要更多的科技图书信息，请登录 [www. cip. com. cn](http://www.cip.com.cn)。

**地址：**(100029) 北京市朝阳区惠新里3号 化学工业出版社

**邮购：**010-64982530, 64918013, 64982630(传真)(发行部邮购科)

**编辑：**010-64982532, 64982556 (机电分社金属材料编辑部)

**Email：**[dzp@cip.com.cn](mailto:dzp@cip.com.cn) [llh3227@sina.com](mailto:llh3227@sina.com)

# 目 录

|                              |          |
|------------------------------|----------|
| <b>第 1 章 镀镍的历史与发展</b>        | <b>1</b> |
| 1.1 我国早期镀镍的历史 (1880~1935 年)  | 1        |
| 1.2 镀镍溶液的发展                  | 5        |
| 1.2.1 瓦特镀镍溶液的问世              | 5        |
| 1.2.2 现代光亮镀镍的基础液             | 6        |
| 1.2.3 其他镀镍种类的发展              | 6        |
| 1.3 早期光亮镍的发展                 | 7        |
| 1.4 国外早期镀镍有机添加剂专利            | 8        |
| 1.4.1 国外镀镍光亮剂专利              | 9        |
| 1.4.2 国外早期镀镍润湿剂专利            | 10       |
| 1.4.3 国外镀镍整平剂论著和专利           | 11       |
| 1.5 国外 20 世纪 70 年代镀镍应用       | 12       |
| 1.5.1 铝合金电镀双层镍-微孔铬应用的可靠性     | 12       |
| 1.5.2 HSLA 钢镀双层镍的可靠性         | 13       |
| 1.5.3 STEP 试验的应用             | 14       |
| 1.5.4 塑料电镀应用                 | 14       |
| 1.5.5 装饰镍-铁镀层                | 15       |
| 1.6 国外 20 世纪 70 年代电镀技术与装备的发展 | 15       |
| 1.6.1 计算机模型化及在电镀生产中的应用       | 15       |
| 1.6.2 高效低温表面预处理方法            | 15       |
| 1.6.3 高速电镀装备                 | 15       |
| 1.6.4 复合电镀的应用                | 16       |
| 1.6.5 脉冲电镀的应用                | 16       |
| 1.6.6 电镀设备及检测仪器的发展           | 16       |
| 1.7 我国近期镀镍的发展                | 17       |
| 1.7.1 20 世纪 40 年代手工抛光镀镍概况    | 17       |
| 1.7.2 20 世纪 50 年代蔡磺酸半光亮镀镍概况  | 17       |

|       |                                |    |
|-------|--------------------------------|----|
| 1.7.3 | 20 世纪 60 年代丁炔二醇全光亮镀镍概况 .....   | 18 |
| 1.7.4 | 20 世纪 70 年代铜-镍-铬自动线的运用概况 ..... | 18 |
| 1.7.5 | 20 世纪 80 年代镀镍品种多样化发展概况 .....   | 18 |
| 1.7.6 | 20 世纪 90 年代镀镍中间体开发运用概况 .....   | 19 |
|       | 参考文献 .....                     | 19 |

|              |                   |           |
|--------------|-------------------|-----------|
| <b>第 2 章</b> | <b>镀镍原理 .....</b> | <b>21</b> |
| 2.1          | 镀镍简单原理 .....      | 21        |
| 2.1.1        | 镀镍电解液 .....       | 21        |
| 2.1.2        | 电解现象 .....        | 21        |
| 2.1.3        | 镀镍过程 .....        | 22        |
| 2.1.4        | 电流回路 .....        | 22        |
| 2.2          | 电解定律 .....        | 22        |
| 2.2.1        | 电解第一定律 .....      | 22        |
| 2.2.2        | 电解第二定律 .....      | 23        |
| 2.2.3        | 电化当量 $k$ .....    | 23        |
| 2.2.4        | 电流效率 .....        | 24        |
| 2.2.5        | 镀层厚度计算 .....      | 24        |
| 2.2.6        | 电镀时间计算 .....      | 25        |
| 2.2.7        | 镍沉积所需时间 .....     | 25        |
| 2.3          | 影响镀镍的因素 .....     | 26        |
| 2.3.1        | 阴极极化曲线 .....      | 26        |
| 2.3.2        | 络合剂 .....         | 26        |
| 2.3.3        | 溶液的 pH 值 .....    | 28        |
| 2.3.4        | 溶液的温度 .....       | 31        |
| 2.3.5        | 溶液中的氯化物含量 .....   | 32        |
| 2.3.6        | 溶液中的导电盐 .....     | 34        |
| 2.3.7        | 溶液中的缓冲剂 .....     | 34        |
| 2.3.8        | 主盐镍盐 .....        | 35        |
| 2.3.9        | 铁、铜、锌杂质的影响 .....  | 37        |
| 2.4          | 镀镍时的阳极反应 .....    | 39        |
| 2.5          | 镍层性能的影响因素 .....   | 42        |
| 2.5.1        | 镀镍表面的针孔(麻点) ..... | 42        |
| 2.5.2        | 镍镀层表面的硬度 .....    | 46        |
| 2.5.3        | 镍镀层的组织结构 .....    | 48        |

|                      |    |
|----------------------|----|
| 2.5.4 镍镀层的力学性能 ..... | 49 |
| 2.5.5 镍镀层的孔隙率 .....  | 49 |
| 2.6 镍镀层的应力 .....     | 51 |
| 参考文献 .....           | 53 |

### 第3章 普通镀镍 .....

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 3.1 概述 .....                | 54 |
| 3.1.1 镍的性质 .....            | 54 |
| 3.1.2 镀镍的应用 .....           | 54 |
| 3.1.3 普通镀镍发展史 .....         | 55 |
| 3.2 普通镀镍溶液组成及工艺条件 .....     | 55 |
| 3.3 普通镀镍成分及工艺条件对镀层的影响 ..... | 57 |
| 3.4 普通镀镍溶液的维护 .....         | 66 |
| 3.5 普通镀镍层力学性能的影响因素 .....    | 67 |
| 3.5.1 张应力 .....             | 67 |
| 3.5.2 延伸率 .....             | 67 |
| 3.5.3 硬度 .....              | 67 |
| 3.5.4 内应力 .....             | 68 |
| 3.6 普通镀镍溶液的配制 .....         | 68 |
| 3.7 普通镀镍工艺流程 .....          | 69 |
| 3.8 普通镀镍层的质量检验 .....        | 70 |
| 3.9 普通镀镍层推荐最低厚度 .....       | 73 |
| 3.10 普通镀镍故障原因及处理办法 .....    | 74 |
| 参考文献 .....                  | 76 |

### 第4章 光亮镀镍 .....

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 4.1 概述 .....              | 77 |
| 4.2 光亮镀镍溶液 .....          | 78 |
| 4.2.1 光亮镀镍溶液组成及工艺条件 ..... | 78 |
| 4.2.2 光亮镀镍溶液的配制 .....     | 81 |
| 4.2.3 光亮镀镍溶液的维护 .....     | 81 |
| 4.3 光亮镀镍的电沉积理论 .....      | 84 |
| 4.4 装饰性光亮镀镍工艺流程 .....     | 87 |
| 4.5 镀光亮镍的后处理 .....        | 90 |
| 4.5.1 传统镀镍后处理工艺 .....     | 90 |

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 4.5.2 革新的镀镍处理工艺 .....         | 91 |
| 4.5.3 钢铁基体镀镍 LP-80N 保护剂 ..... | 92 |
| 参考文献 .....                    | 95 |

## 第 5 章 镀黑镍 .....

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 5.1 概述 .....                | 96  |
| 5.1.1 国内外镀黑镍发展概况 .....      | 96  |
| 5.1.2 黑镍层应用 .....           | 98  |
| 5.1.3 黑镍镀层在应用中的优缺点 .....    | 98  |
| 5.2 黑镍镀层的组成 .....           | 98  |
| 5.3 黑镍镀层的发黑机理 .....         | 99  |
| 5.4 镀黑镍溶液组成及工艺条件 .....      | 102 |
| 5.5 镀黑镍工艺流程 .....           | 104 |
| 5.6 黑镍溶液成分及工艺条件对黑镍的影响 ..... | 105 |
| 5.7 镀黑镍溶液配制方法 .....         | 110 |
| 5.8 镀黑镍溶液性能 .....           | 111 |
| 5.9 黑镍镀层性能 .....            | 113 |
| 5.10 镀黑镍操作要点和工作制度 .....     | 116 |
| 5.11 镀黑镍层后处理 .....          | 117 |
| 5.12 镀黑镍故障处理 .....          | 117 |
| 参考文献 .....                  | 119 |

## 第 6 章 镀枪黑色锡-镍合金 .....

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 6.1 概述 .....                      | 120 |
| 6.1.1 国内外镀枪黑发展概况 .....            | 120 |
| 6.1.2 枪黑色镀层的应用 .....              | 121 |
| 6.2 枪黑色镍镀液类型 .....                | 122 |
| 6.2.1 焦磷酸盐枪黑色镀液成分及工艺条件 .....      | 122 |
| 6.2.2 柠檬酸盐枪黑色镀液成分及工艺条件 .....      | 122 |
| 6.2.3 氰化物型枪黑色镀液成分及工艺条件 .....      | 122 |
| 6.2.4 锡-镍-铜三元合金枪黑色镀液成分及工艺条件 ..... | 122 |
| 6.2.5 酸性氟化物枪黑色镀液成分及工艺条件 .....     | 122 |
| 6.2.6 单一镍金属枪黑色镀液成分及工艺条件 .....     | 122 |
| 6.3 枪黑色溶液配制 .....                 | 125 |
| 6.4 电镀枪黑色镍工艺流程 .....              | 127 |

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 6.5 镀枪色镍溶液成分及工艺条件的影响 .....     | 129 |
| 6.5.1 氯化亚锡 .....               | 129 |
| 6.5.2 氯化镍 .....                | 130 |
| 6.5.3 焦磷酸钾 .....               | 131 |
| 6.5.4 辅助络合剂 .....              | 132 |
| 6.5.5 亚锡稳定剂 .....              | 132 |
| 6.5.6 枪黑剂 .....                | 132 |
| 6.5.7 pH 值 .....               | 134 |
| 6.5.8 温度 .....                 | 135 |
| 6.5.9 电流密度 .....               | 136 |
| 6.5.10 阳极 .....                | 136 |
| 6.6 锡-镍合金共沉积机理 .....           | 137 |
| 6.7 镀枪色用添加剂商品 .....            | 141 |
| 6.8 枪黑色镀层性能 .....              | 144 |
| 6.8.1 枪黑色色调 .....              | 144 |
| 6.8.2 枪色镀层的半透明性 .....          | 144 |
| 6.8.3 枪色镀层的硬度 .....            | 145 |
| 6.8.4 枪色镀层的耐磨性及抗变色性 .....      | 145 |
| 6.8.5 枪色锡-镍镀层的代镍镀层-锡-钴镀层 ..... | 147 |
| 6.8.6 锡-镍镀层的物理性能 .....         | 147 |
| 6.9 枪黑色镀液性能 .....              | 147 |
| 6.9.1 枪黑色镀液的光亮范围 .....         | 147 |
| 6.9.2 沉积速度 .....               | 148 |
| 6.9.3 分散能力与覆盖能力 .....          | 150 |
| 6.9.4 微酸性枪色镀液的深镀能力 .....       | 151 |
| 6.9.5 枪色锡-镍合金镀液的稳定性 .....      | 151 |
| 6.10 枪黑色镀液维护 .....             | 152 |
| 6.11 枪黑色镀层质量控制 .....           | 153 |
| 6.12 电镀锡-镍-铜三元合金枪色镀层 .....     | 154 |
| 6.13 枪色镀层镀后处理 .....            | 155 |
| 6.14 枪色镀液中杂质的影响 .....          | 156 |
| 6.15 枪黑色镀液故障排除 .....           | 159 |
| 6.15.1 镀液中杂质的清除 .....          | 159 |
| 6.15.2 枪色电镀液故障排除 .....         | 160 |
| 6.16 枪色流行装饰法 .....             | 162 |
| 6.17 不良枪色镀层退除法 .....           | 163 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 6.18 枪色镀液中镍、锡补充法 ..... | 164 |
| 参考文献 .....             | 166 |

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| <b>第7章 镍封</b> .....       | <b>167</b> |
| 7.1 概述 .....              | 167        |
| 7.1.1 国外镍封的发展 .....       | 167        |
| 7.1.2 镍封镀层的形成 .....       | 167        |
| 7.1.3 镍封-微孔铬的经济技术意义 ..... | 168        |
| 7.1.4 镍封层的微孔密度 .....      | 168        |
| 7.2 镍封-微孔铬的耐蚀性能 .....     | 169        |
| 7.3 镍封镀液组成及工艺条件 .....     | 172        |
| 7.4 国内外镍封添加剂商品 .....      | 172        |
| 7.5 镍封镀液配制 .....          | 175        |
| 7.6 镍封溶液成分及工艺条件的影响 .....  | 176        |
| 7.6.1 硫酸镍 .....           | 176        |
| 7.6.2 硼酸 .....            | 176        |
| 7.6.3 氯化钠或氯化镍 .....       | 176        |
| 7.6.4 柔软剂 .....           | 176        |
| 7.6.5 主光剂 .....           | 177        |
| 7.6.6 微粒 .....            | 177        |
| 7.6.7 分散剂(促进剂) .....      | 178        |
| 7.6.8 电流密度 .....          | 179        |
| 7.6.9 pH值 .....           | 180        |
| 7.6.10 搅拌 .....           | 180        |
| 7.6.11 电镀时间 .....         | 181        |
| 7.7 镍封电镀工艺流程 .....        | 182        |
| 7.8 镍封镀层质量控制与检测 .....     | 183        |
| 7.8.1 微孔密度测定方法 .....      | 183        |
| 7.8.2 光亮度的测定 .....        | 183        |
| 7.8.3 耐蚀性测定结果 .....       | 184        |
| 7.9 镍封用设备 .....           | 184        |
| 7.10 镍封镀槽的维护与操作 .....     | 185        |
| 7.11 提高镍封耐蚀性的因素 .....     | 188        |
| 7.12 镍封镀液大处理 .....        | 189        |
| 7.13 镍封镀液故障处理 .....       | 189        |