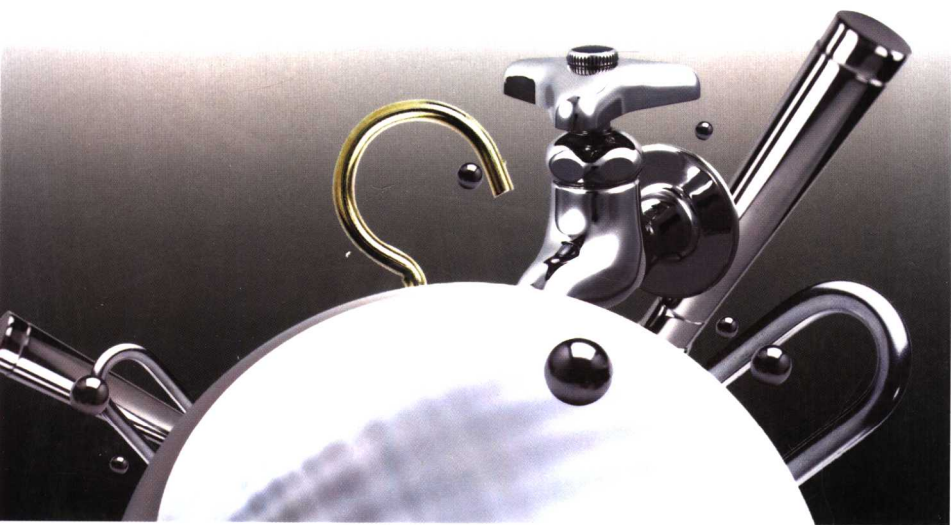


镀 镍

技术丛书



# 光亮镀镍

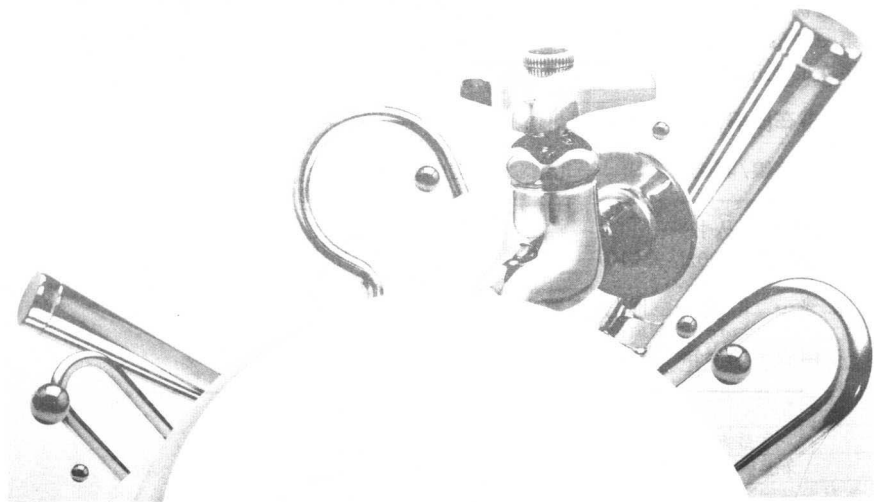
● 陈天玉 编著 ●



化学工业出版社

镀 镍

技术丛书



# 光亮镀镍

○ 陈天玉 编著 ○



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是《镀镍技术丛书》之一。

本书简要介绍了光亮镀镍的原理、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了详细介绍。本书立足于提高镀镍的技术水平,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。

### 图书在版编目(CIP)数据

光亮镀镍/陈天玉编著. —北京:化学工业出版社,  
2006.9

(镀镍技术丛书)

ISBN 978-7-5025-9521-0

I. 光… II. 陈… III. 光亮镀-镀镍 IV. TQ153.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 117965 号

---

镀镍技术丛书

### 光亮镀镍

陈天玉 编著

责任编辑:段志兵

文字编辑:孙凤英

责任校对:顾淑云

封面设计:尹琳琳

\*

化学工业出版社出版发行

(北京市东城区青年湖南路 13 号 邮政编码 100011)

购书咨询:(010)64518888

(010)64518899

购书传真:(010)64518888

<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

三河市宇新装订厂装订

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 13¼ 字数 369 千字

2007 年 1 月第 1 版 2007 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-5025-9521-0

定 价:30.00 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。光亮镍、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，如属于电位较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。

镀镍至今已有 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。虽然镀镍的种类很多，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，促进镀镍的发展，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。

这套丛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。有关未公开的添加剂组成请根据参考文献向相关作者或公司咨询。

# 目 录

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 第 1 章 光亮镀镍工艺和镀层 .....            | 1  |
| 1.1 概述 .....                     | 1  |
| 1.2 光亮镀镍溶液组成及工艺条件 .....          | 2  |
| 1.3 光亮镀镍溶液的配制 .....              | 5  |
| 1.4 光亮镀镍溶液的维护 .....              | 6  |
| 1.5 光亮镀镍的电沉积理论 .....             | 8  |
| 1.6 光亮镀镍液中硫酸镍的作用与影响 .....        | 11 |
| 1.7 光亮镀镍液中氯化物的作用与影响 .....        | 14 |
| 1.8 镀镍溶液中硼酸的作用与影响 .....          | 18 |
| 1.9 镀镍溶液中硫酸钠或钠离子的作用与影响 .....     | 21 |
| 1.10 光亮镀镍液 pH 值的作用与影响 .....      | 27 |
| 1.11 光亮镀镍液中糖精的作用与影响 .....        | 36 |
| 1.12 光亮镀镍液中丁炔二醇及其衍生物的作用与影响 ..... | 41 |
| 1.13 光亮镀镍液中十二烷基硫酸钠的作用与影响 .....   | 51 |
| 1.14 工艺条件对光亮镀镍的影响 .....          | 59 |
| 1.14.1 温度 .....                  | 59 |
| 1.14.2 阴极电流密度 .....              | 60 |
| 1.14.3 镀液搅拌 .....                | 61 |
| 1.15 装饰性光亮镀镍工艺流程 .....           | 62 |
| 1.16 光亮镀镍溶液分散能力的影响因素 .....       | 65 |
| 1.16.1 分散能力概念 .....              | 65 |
| 1.16.2 影响镀液分散能力的因素 .....         | 66 |
| 1.16.3 改进沉积镍的分布 .....            | 69 |
| 1.17 光亮镍层的性能 .....               | 70 |
| 1.17.1 外观 .....                  | 70 |
| 1.17.2 孔隙率 .....                 | 71 |
| 1.17.3 结合力 .....                 | 71 |

|          |                   |    |
|----------|-------------------|----|
| 1. 17. 4 | 镍层脆性              | 71 |
| 1. 17. 5 | 硬度                | 72 |
| 1. 18    | 镀光亮镍的后处理          | 72 |
| 1. 18. 1 | 传统镀镍后处理工艺         | 72 |
| 1. 18. 2 | 革新的镀镍处理工艺         | 73 |
| 1. 18. 3 | 钢铁基体镀镍 LP-80N 保护剂 | 74 |
| 1. 19    | 镍镀层的防扩散作用和导致皮肤的过敏 | 77 |
| 1. 19. 1 | 镍镀层的防扩散作用         | 77 |
| 1. 19. 2 | 镍导致皮肤过敏           | 77 |
| 1. 19. 3 | 镍溶出测试标准           | 79 |
| 1. 20    | 镍镀层的防钝化工艺与镍的可焊性   | 80 |
| 1. 20. 1 | 未防钝化的线路板镍镀层上锡困难   | 80 |
| 1. 20. 2 | 镀镍防钝化工艺           | 80 |
| 1. 20. 3 | 镀镍防钝化原理           | 81 |
| 1. 20. 4 | 影响镀镍件可焊性的原因       | 81 |
|          | 参考文献              | 82 |

## 第 2 章 镀镍用光亮剂 84

|         |                      |     |
|---------|----------------------|-----|
| 2. 1    | 镀镍光亮剂的发展历史           | 84  |
| 2. 2    | 镀镍光亮剂的种类             | 86  |
| 2. 2. 1 | 光亮镀镍添加剂的种类           | 86  |
| 2. 2. 2 | 初级光亮剂                | 86  |
| 2. 2. 3 | 次级光亮剂                | 88  |
| 2. 2. 4 | 辅助光亮剂                | 92  |
| 2. 3    | 镀镍光亮剂的合成             | 95  |
| 2. 3. 1 | 镀镍光亮剂的合成进展           | 95  |
| 2. 3. 2 | 炔醇与环氧化物加成的醚化物        | 95  |
| 2. 3. 3 | 丁炔二醇与环氧化物合成的第三代镀镍光亮剂 | 98  |
| 2. 3. 4 | 镀镍光亮剂的合成实例           | 99  |
| 2. 3. 5 | 861 镀镍光亮剂的合成         | 100 |
| 2. 3. 6 | BE 镀镍光亮剂的合成          | 101 |
| 2. 3. 7 | 几个第三代镀镍光亮剂的性能对比      | 102 |
| 2. 4    | 镀镍光亮剂的分子结构           | 104 |
| 2. 4. 1 | 镀镍添加剂结构对镀层性能的影响      | 104 |
| 2. 4. 2 | 整平作用的机理与分子结构         | 105 |



|        |                          |     |
|--------|--------------------------|-----|
| 2.4.3  | 分子结构参数的选择                | 107 |
| 2.4.4  | 添加剂整平能力的表示               | 108 |
| 2.4.5  | 整平能力与分子连接性指数的关系          | 109 |
| 2.4.6  | 镀镍光亮剂的分子结构               | 111 |
| 2.5    | 镀镍添加剂的作用机理               | 113 |
| 2.5.1  | 镀镍添加剂的作用                 | 113 |
| 2.5.2  | 镀液组成、添加剂和电镀条件对镍镀层整平性能的影响 | 118 |
| 2.5.3  | 添加剂的整平能力                 | 123 |
| 2.5.4  | 电镀添加剂的三种整平机理             | 125 |
| 2.6    | 无机元素作镀镍光亮剂               | 128 |
| 2.6.1  | 微量锡在光亮镀镍中的应用             | 128 |
| 2.6.2  | 微量钴在光亮镀镍中的应用             | 129 |
| 2.7    | 光亮镀镍用中间体                 | 130 |
| 2.7.1  | 概述                       | 130 |
| 2.7.2  | 镀镍中间体的种类                 | 130 |
| 2.7.3  | 第四代镀镍光亮剂中的柔软剂            | 137 |
| 2.7.4  | 第四代镀镍光亮剂中的主光剂            | 138 |
| 2.7.5  | 炔类化合物的整平性能               | 139 |
| 2.7.6  | 中间体 DEP 的性能              | 140 |
| 2.8    | 镀镍光亮剂的组合                 | 143 |
| 2.8.1  | 概述                       | 143 |
| 2.8.2  | 以丁炔二醇为主的镀镍光亮剂组合试验        | 144 |
| 2.8.3  | 791 光亮剂的组合试验             | 146 |
| 2.8.4  | BE 改制组合光亮剂               | 150 |
| 2.8.5  | 用中间体组合的第四代镀镍光亮剂          | 150 |
| 2.8.6  | 第四代镀镍光亮剂的配方              | 152 |
| 2.9    | 镀镍光亮剂的消耗                 | 155 |
| 2.9.1  | 电镀过程添加剂消耗速度的决定因素         | 155 |
| 2.9.2  | 镀液光亮剂浓度的分析测定             | 155 |
| 2.9.3  | 转盘电极阳极溶出法测定添加剂浓度         | 155 |
| 2.9.4  | 镀镍过程光亮剂消耗或浓度测试           | 160 |
| 2.10   | 镀镍添加剂的分解产物               | 163 |
| 2.10.1 | 香豆素的分解产物                 | 163 |
| 2.10.2 | 丁炔二醇的分解产物                | 163 |
| 2.11   | 典型镀镍光亮剂产品介绍              | 166 |
| 2.11.1 | E-82 镀镍光亮剂               | 166 |

|            |                      |     |
|------------|----------------------|-----|
| 2. 11. 2   | BH-90 光亮镀镍添加剂 .....  | 168 |
| 2. 11. 3   | BNB-1 光亮镀镍添加剂 .....  | 173 |
| 2. 11. 4   | 亮镍 1 号镀镍光亮剂 .....    | 174 |
| 2. 11. 5   | 871 镀镍光亮剂 .....      | 176 |
| 2. 11. 6   | BH-931 光亮镀镍添加剂 ..... | 177 |
| 2. 11. 7   | BN-99 光亮镀镍添加剂 .....  | 182 |
| 2. 11. 8   | 76BRN 光亮镀镍添加剂 .....  | 182 |
| 2. 11. 9   | 光亮镀镍其他添加剂商品 .....    | 183 |
| 参考文献 ..... |                      | 190 |

|              |                      |            |
|--------------|----------------------|------------|
| <b>第 3 章</b> | <b>双层光亮镀镍 .....</b>  | <b>193</b> |
| 3. 1         | 半光亮镍 .....           | 193        |
| 3. 1. 1      | 概述 .....             | 193        |
| 3. 1. 2      | 半光亮镍的基础溶液 .....      | 193        |
| 3. 1. 3      | 半光亮镍添加剂 .....        | 194        |
| 3. 1. 4      | DN-1 半光亮添加剂 .....    | 196        |
| 3. 1. 5      | BH-933 半光亮镍添加剂 ..... | 201        |
| 3. 1. 6      | 半光亮镍-94 添加剂 .....    | 203        |
| 3. 1. 7      | DN-99 半光亮镍添加剂 .....  | 203        |
| 3. 1. 8      | BTL 半光亮镍添加剂 .....    | 204        |
| 3. 1. 9      | 半光亮镍添加剂商品 .....      | 204        |
| 3. 2         | 双层光亮镀镍 .....         | 209        |
| 3. 3         | 双层镍的腐蚀机理 .....       | 211        |
| 3. 3. 1      | 阴极保护型腐蚀机理 .....      | 211        |
| 3. 3. 2      | 腐蚀障碍型腐蚀机理 .....      | 212        |
| 3. 3. 3      | 阳极牺牲型腐蚀机理 .....      | 212        |
| 3. 4         | 双层镀镍工艺流程 .....       | 214        |
| 3. 5         | 半光亮镍溶液成分及工艺条件 .....  | 214        |
| 3. 6         | 半光亮镍镀液维护及操作要点 .....  | 215        |
| 3. 7         | 半光亮镍镀液性能 .....       | 218        |
| 3. 8         | 双层镍镀层性能 .....        | 219        |
| 3. 9         | 双层镍故障、原因及纠正方法 .....  | 229        |
| 3. 10        | 双层镍镀液中杂质的影响及除去 ..... | 230        |
| 3. 11        | 双层镍的经济效益 .....       | 232        |
| 参考文献 .....   |                      | 233        |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| <b>第4章 多层光亮镍</b>            | 234 |
| 4.1 多层镍概述                   | 234 |
| 4.1.1 三层镍                   | 234 |
| 4.1.2 高硫镍                   | 235 |
| 4.1.3 惰性镍                   | 236 |
| 4.1.4 三层镍各层之间电位差及各层厚度检测     | 237 |
| 4.2 国内外多层镍发展概况              | 238 |
| 4.2.1 国外多层镍的发展              | 238 |
| 4.2.2 国内多层镍的发展              | 240 |
| 4.3 多层镍镀层的组合与厚度             | 242 |
| 4.4 多层镍镀液组成及工艺条件            | 249 |
| 4.4.1 三层镍体系                 | 249 |
| 4.4.2 三层镍溶液成分及工艺条件          | 250 |
| 4.4.3 高硫镍添加剂商品              | 250 |
| 4.5 多层镍电镀工艺流程               | 255 |
| 4.6 多层镍工艺管理                 | 256 |
| 4.7 多层镍镀液维护及工艺条件的控制         | 264 |
| 4.8 多层镍镀层性能的检测与控制           | 267 |
| 4.8.1 多层镍的耐蚀性控制             | 267 |
| 4.8.2 半光亮镍脆性控制              | 268 |
| 4.8.3 多层镍产品外观控制             | 268 |
| 4.9 多层镍添加剂的性能               | 269 |
| 4.9.1 高硫镍添加剂的使用             | 269 |
| 4.9.2 高硫镍添加剂 TN-1、TN-2      | 270 |
| 4.9.3 高硫镍添加剂 BH-935         | 276 |
| 4.9.4 高硫镍-94 添加剂            | 277 |
| 4.9.5 TN-99 高硫镍添加剂          | 278 |
| 4.9.6 NS-32 高硫镍添加剂          | 278 |
| 4.9.7 TRi Ni 高硫镍添加剂         | 283 |
| 4.10 多层镍厚度与电位差测量            | 283 |
| 4.10.1 概述                   | 283 |
| 4.10.2 三层镍的电位差              | 284 |
| 4.10.3 STEP 试验方法            | 286 |
| 4.10.4 DNY-II 型多层镍层厚度-电位测试仪 | 289 |
| 4.10.5 DJH-D 多层镍镀层厚度-电位测定仪  | 289 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 4.11 多层镍电位差调整 .....         | 290 |
| 4.12 多层镍应用及经济效益 .....       | 292 |
| 4.12.1 多层镍应用 .....          | 292 |
| 4.12.2 多层镍经济效益 .....        | 292 |
| 4.12.3 经济效益分析 .....         | 295 |
| 4.12.4 多层镍工艺优点带来的经济效益 ..... | 295 |
| 4.12.5 多层镍添加剂的选择 .....      | 296 |
| 4.13 多层镍故障处理 .....          | 297 |
| 参考文献 .....                  | 299 |

## 第5章 低浓度低温光亮镀镍 .....

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 5.1 概述 .....                | 301 |
| 5.1.1 LTC 光亮镀镍 .....        | 301 |
| 5.1.2 采用 LTC 光亮镀镍的目的 .....  | 301 |
| 5.2 LTC 镀镍溶液组成及工艺条件 .....   | 302 |
| 5.3 转化为 LTC 型槽的过程 .....     | 303 |
| 5.4 LTC 镀镍光亮剂及镀液与镀层性能 ..... | 303 |
| 5.4.1 LTC 镀镍光亮剂 .....       | 303 |
| 5.4.2 含有都村光亮剂的 LTC 镀镍 ..... | 303 |
| 5.4.3 含有不同光亮剂的低浓度镀镍 .....   | 306 |
| 5.4.4 小西三郎等提出的低浓度镀镍 .....   | 313 |
| 5.4.5 LTC 全光亮镀镍 .....       | 316 |
| 5.4.6 英国贝克低温低浓度镀镍 .....     | 319 |
| 5.4.7 871 光亮剂中温镀镍 .....     | 320 |
| 5.4.8 DH 常温低浓度镀光亮镍 .....    | 323 |
| 5.4.9 低浓度低温稀土 LQ 光亮镀镍 ..... | 324 |
| 5.5 低浓度低温度镀镍的优缺点 .....      | 325 |
| 参考文献 .....                  | 327 |

## 第6章 滚镀镍 .....

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 6.1 概述 .....             | 328 |
| 6.1.1 滚镀镍的特点 .....       | 328 |
| 6.1.2 滚镀镍的优点 .....       | 329 |
| 6.1.3 滚镀镍与挂镀镍的镀液比较 ..... | 329 |
| 6.2 滚镀镍光亮剂 .....         | 329 |

|        |                         |     |
|--------|-------------------------|-----|
| 6.2.1  | 滚镀镍光亮剂的发展 .....         | 329 |
| 6.2.2  | NF-6B 滚镀镍添加剂 .....      | 332 |
| 6.2.3  | 常用的国内外滚镀镍光亮剂商品 .....    | 332 |
| 6.3    | 滚镀镍溶液成分及工艺条件 .....      | 338 |
| 6.3.1  | 第一~三代光亮剂滚镀镍 .....       | 338 |
| 6.3.2  | 第四代光亮剂滚镀镍 .....         | 340 |
| 6.3.3  | 柠檬酸盐中性滚镀亮镍 .....        | 342 |
| 6.4    | 滚镀镍工艺流程 .....           | 345 |
| 6.5    | 滚镀镍溶液性能和镀层性能 .....      | 348 |
| 6.5.1  | 操作条件对滚镀质量的影响 .....      | 348 |
| 6.5.2  | 溶液成分及工艺条件对滚镀质量的影响 ..... | 352 |
| 6.5.3  | 添加剂对镀液和镀层性能的影响 .....    | 355 |
| 6.6    | 滚镀镍层抗蚀性提高的措施 .....      | 358 |
| 6.6.1  | 防变色工艺 .....             | 358 |
| 6.6.2  | 镀双层镍 .....              | 359 |
| 6.6.3  | 镍上套铬或镀其他镀层 .....        | 359 |
| 6.6.4  | 高效抗锈防护剂 .....           | 359 |
| 6.6.5  | RR 镀镍层保护剂(防锈剂) .....    | 360 |
| 6.6.6  | WA 镀后脱水浸渍剂 .....        | 360 |
| 6.7    | 滚镀镍溶液的管理与维护 .....       | 360 |
| 6.7.1  | pH 值 .....              | 360 |
| 6.7.2  | 氯离子 .....               | 361 |
| 6.7.3  | 光亮剂 .....               | 361 |
| 6.7.4  | 镀液基础成分的控制 .....         | 362 |
| 6.7.5  | 硫酸镁 .....               | 362 |
| 6.7.6  | 润湿剂 .....               | 362 |
| 6.7.7  | 滚筒装载量的影响因素 .....        | 363 |
| 6.7.8  | 滚筒内阴极导电部件的形式 .....      | 363 |
| 6.7.9  | 滚筒上孔眼大小的选择 .....        | 363 |
| 6.7.10 | 滚镀电流的计算和控制 .....        | 364 |
| 6.7.11 | 滚筒转速 .....              | 365 |
| 6.7.12 | 滚筒装载量 .....             | 366 |
| 6.7.13 | 适宜滚镀工件形状的选择 .....       | 366 |
| 6.7.14 | 不宜搭配在一起混合滚镀的工件 .....    | 367 |
| 6.7.15 | 滚镀时的阳极面积 .....          | 367 |
| 6.7.16 | 减少滚镀溶液损失的措施 .....       | 367 |

|                                          |            |
|------------------------------------------|------------|
| 6.7.17 滚镀槽宜设周转槽和备用槽 .....                | 367        |
| 6.7.18 防止溶液被金属铁杂质污染 .....                | 368        |
| 6.7.19 滚镀的工作步骤 .....                     | 368        |
| 6.7.20 全面管理 .....                        | 369        |
| 6.8 滚镀镍的故障处理 .....                       | 370        |
| 6.8.1 滚镀中滚镀件的疵病 .....                    | 370        |
| 6.8.2 滚镀镍常见故障 .....                      | 375        |
| 参考文献 .....                               | 377        |
| <b>第7章 深孔镀镍</b> .....                    | <b>379</b> |
| 7.1 概述 .....                             | 379        |
| 7.1.1 深孔镀镍的目的 .....                      | 379        |
| 7.1.2 对深孔镀镍层性能的要求 .....                  | 379        |
| 7.1.3 深孔镀镍光亮剂的研制 .....                   | 379        |
| 7.2 深孔光亮镀镍溶液组成及工艺条件 .....                | 380        |
| 7.3 深孔光亮镀镍工艺流程 .....                     | 380        |
| 7.4 深孔镀镍用添加剂商品 .....                     | 383        |
| 7.5 深孔镀镍溶液性能 .....                       | 386        |
| 7.5.1 BH 添加剂深孔镀镍溶液 (表 7-1 配方 2) 性能 ..... | 386        |
| 7.5.2 G-78 深孔镀镍溶液 (表 7-1 配方 3) 性能 .....  | 389        |
| 7.5.3 SX 系列添加剂镀镍溶液 (表 7-1 配方 4) 性能 ..... | 390        |
| 7.6 深孔镀镍层性能及质量检测 .....                   | 391        |
| 7.7 深孔滚镀镍最佳条件选择 .....                    | 393        |
| 7.8 深孔镀镍的维护与净化 .....                     | 396        |
| 7.9 深孔镀镍件后处理 .....                       | 398        |
| 7.10 深孔镀镍故障处理 .....                      | 402        |
| 参考文献 .....                               | 403        |
| <b>附录</b> .....                          | <b>404</b> |

# 第1章 光亮镀镍工艺和镀层

## 1.1 概 述

现代光亮镀镍配方以 1916 年发明的瓦特 (Watts) 镍液, 即由硫酸镍、氯化镍和硼酸组成的镍液为基础, 加入各种光亮剂和润湿剂构成。

### (1) 光亮镀镍的特点

① 能够在镀液中直接获得全光亮并具有一定整平性的镍层。光亮镀镍是依靠不同光亮剂的良好配合而获得, 能够达到原来普通镀镍层经抛光后的装饰性镀镍层。

② 有利于连续生产, 省去了中间抛光工序, 降低劳动强度, 改善操作环境, 提高劳动生产率, 降低生产成本。

③ 光亮镍层的耐蚀性较差。因为光亮镍层含硫量较高, 化学活性较强, 单独使用时耐蚀性不如普通镀镍, 必须采用铜底层或双层镍, 使其耐蚀性得到改善和提高。或对光亮镍进行有效封闭, 以提高其抗变暗能力。或镀一层铬, 提高其耐蚀性和抗磨性。

### (2) 光亮镀镍的简史

1912 年, 英国爱尔金顿 (Elkington) 发现镉盐可作为镀镍的光亮剂, 是最早使用无机盐作光亮剂的, 无机盐称为第一代镀镍光亮剂。

从 1927 年开始应用蔡三磺酸, 蔡三磺酸是最早使用的有机光亮剂, 但光亮度还不够全光亮。

1940 年, 布朗 (H. Brown) 开始应用糖精, 糖精是最早使用的初级光亮剂。

1945 年, 开始应用香豆素, 香豆素是最早使用的整平剂。

1955 年, 卡陀斯 (Kardos) 发现使用 1,4-丁炔二醇可使镀层

光亮达全光，使用寿命较长，1,4-丁炔二醇的使用使光亮镀镍向前迈出了一大步。1,4-丁炔二醇是第二代镀镍光亮剂。

1976年，我国何鸿星率先用环氧丙烷与丁炔二醇缩聚，陈泳森以环氧氯丙烷与丁炔二醇缩聚，制成光亮剂BE系列。

1979年，上海轻工业研究所将BE用亚硫酸钠磺化制成791镀镍光亮剂。791镀镍光亮剂在低电区比BE略好些，丁炔二醇衍生物称为第三代镀镍光亮剂，这是目前国内电镀行业在用的光亮剂。

1980年后，国外发展以吡啶类、丙炔醇、丙炔胺衍生物为主的镀镍光亮剂，其优点是用量少、出光速度快、分解产物少、镀层白亮。其被称为第四代镀镍光亮剂，多制成中间体配制。

## 1.2 光亮镀镍溶液组成及工艺条件

第一代光亮镀镍溶液组成及工艺条件见表1-1。

第二代光亮镀镍溶液组成及工艺条件见表1-2。

第三代光亮镀镍溶液组成及工艺条件见表1-3。

第四代光亮镀镍溶液组成及工艺条件见表1-4。

国外进口光亮镀镍溶液组成及工艺条件见表1-5。

表 1-1 第一代光亮镀镍溶液组成及工艺条件

| 溶液组成及工艺条件                                                               | 1          | 2       | 3       |
|-------------------------------------------------------------------------|------------|---------|---------|
| 硫酸镍( $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )/(g/L)                  | 200~250    | 300~400 | 250~300 |
| 氯化钠( $\text{NaCl}$ )/(g/L)                                              | 15~20      | 25~35   | 10~12   |
| 硼酸( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )/(g/L)                                     | 35~40      | 30~40   | 35~40   |
| 硫酸镁( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )/(g/L)                  | 20~25      |         |         |
| 糖精/(g/L)                                                                | 0.5~1      | 0.3~0.6 |         |
| 对甲苯磺酰胺( $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2\text{NH}_2$ )/(g/L) |            |         | 0.2~0.3 |
| 氯化镉( $\text{CdCl}_2 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ )/(g/L)        | 0.001~0.01 |         |         |
| 苯酚/(g/L)                                                                |            | 0.3~0.6 |         |
| 水合三氯乙醛( $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2\text{Cl}_3$ )/(g/L)             |            |         | 0.4~0.6 |
| pH值                                                                     | 4.2~4.6    | 4.5~4.8 | 4~4.5   |
| 温度/℃                                                                    | 20~35      | 25~40   | 50~55   |
| 阴极电流密度/(A/dm <sup>2</sup> )                                             | 0.5~1.0    | 0.5~1.5 | 1.5~2.5 |
| 阴极移动                                                                    | 阴极移动       | 滚镀      | 阴极移动    |



表 1-2 第二代光亮镀镍溶液组成及工艺条件

| 溶液组成及工艺条件                                                         | 1         | 2        | 3        |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|----------|----------|
| 硫酸镍( $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )/(g/L)            | 250~300   | 250~300  | 300~350  |
| 氯化镍( $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )/(g/L)            | 30~50     | 30~50    |          |
| 氯化钠( $\text{NaCl}$ )/(g/L)                                        |           |          | 12~15    |
| 硼酸( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )/(g/L)                               | 35~40     | 35~40    | 35~40    |
| 糖精/(g/L)                                                          | 0.8~1     | 0.6~1    | 0.8~1    |
| 丁炔二醇( $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$ )/(g/L)                    | 0.4~0.5   | 0.3~0.5  | 0.4~0.5  |
| 十二烷基硫酸钠( $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{SO}_4\text{Na}$ )/(g/L) | 0.05~0.15 | 0.05~0.1 | 0.05~0.1 |
| 香豆素/(g/L)                                                         |           | 0.1~0.2  |          |
| pH 值                                                              | 4~4.6     | 3.8~4.6  | 4.8~5.2  |
| 温度/℃                                                              | 40~50     | 45~55    | 40~50    |
| 阴极电流密度/(A/dm <sup>2</sup> )                                       | 1.5~3.0   | 2~4      | 2~3      |
| 阴极移动                                                              | 阴极移动      | 阴极移动     | 阴极移动     |

表 1-3 第三代光亮镀镍溶液组成及工艺条件

| 溶液组成及工艺条件                                                         | 1(791 型) | 2(BE 型) | 3 <sup>[51]</sup> (广州第二轻工业研究所)    | 4(上海普来得公司)                           |
|-------------------------------------------------------------------|----------|---------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| 硫酸镍( $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )/(g/L)            | 320~350  | 280~320 | 250~350                           | 230~340                              |
| 氯化镍( $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )/(g/L)            | 50~60    | 40~60   | 45~55                             | 40~60                                |
| 硼酸( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )/(g/L)                               | 40~45    | 40~50   | 40~50                             | 35~50                                |
| 糖精/(g/L)                                                          | 0.8~1.2  | 0.8~1   |                                   | 主光剂 SPL-101A<br>0.4~0.8mL/L,         |
| 791 光亮剂/(g/L)                                                     | 3~5      |         |                                   | 柔软剂 SPL-101B<br>4~8mL/L,             |
| 苯亚磺酸钠/(g/L)                                                       | 0.05~0.2 | 0~0.2   |                                   | 润湿剂 SPL-160<br>(空气搅拌)<br>0.1~0.5mL/L |
| BE 光亮剂/(g/L)                                                      |          | 0.4~0.6 | BH-90 开缸剂<br>8~12, 补给剂<br>0.8~1.2 | 或 SPL-161<br>(阴极移动)<br>0.1~0.5mL/L   |
| 十二烷基硫酸钠( $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{SO}_4\text{Na}$ )/(g/L) | 0.1~0.15 | 0.1~0.2 |                                   |                                      |
| pH 值                                                              | 3.8~4.4  | 4.0~4.8 | 4.0~4.8                           | 3.8~4.5                              |
| 温度/℃                                                              | 45~55    | 45~50   | 50~60                             | 50~60                                |
| 阴极电流密度/(A/dm <sup>2</sup> )                                       | 2~5      | 2~5     | 2~8                               | 1~12                                 |
| 搅拌                                                                | 阴极移动     | 阴极移动    | 阴极移动或<br>空气搅拌                     | 空气搅拌或<br>阴极移动                        |