

FUHE DIANDU JISHU

复合电镀技术

郭鹤桐 张三元 著



化学工业出版社

FUHE DIANDU JISHU

复合电镀技术

郭鹤桐 张三元 著



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

复合电镀技术/郭鹤桐, 张三元著. —北京:
化学工业出版社, 2006.10
ISBN 978-7-5025-9327-8

I. 复… II. ①郭…②张… III. 电镀-技术
IV. TQ153

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 126790 号

复合电镀技术

郭鹤桐 张三元 著

责任编辑: 段志兵 刘丽宏

责任校对: 顾淑云

封面设计: 韩 飞

*

化学工业出版社出版发行

(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

购书咨询: (010)64518899

购书传真: (010)64519686

售后服务: (010)64518899

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 19 $\frac{3}{4}$ 字数 551 千字

2007 年 1 月第 1 版 2007 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-5025-9327-8

定 价: 48.00 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

在传统的电镀工艺中，为了保证镀层质量，总是设法防止镀液中出现固体悬浮物。但复合电镀却反其道而行之，有意识地向镀液中添加固体微粒，采取相应措施，使其与基质金属共沉积，形成各种新型镀层。不过三十多年以前，国内对此项新技术都还不太熟悉，我们自己也只是刚刚开始在这方面进行试验与研究。随着认识的逐步深入，深感复合电镀在电镀科技发展中的意义重大。它不但极大地丰富了镀种数量，而且可使镀层获得许多可喜的优异性能，既可解决普通镀层无法满足的某些需求，又为采用电沉积方法取代其他技术制备某些新型材料，提供了可能。

经过十多年的努力，当我们在科研中取得一定成果的时候，张三元高级工程师与我商议，觉得有必要写一本有关复合电镀的书，为推广此项技术尽些微薄之力。由于当时国内外还没有比较系统而全面地论述复合电镀理论与实践的书籍，无现成模式可资借鉴，因而实现这种设想，也属一项创举。不过随之而来的自然是编纂工作中的重重困难。通过收集国内外大量资料，去粗取精，认真整理，设计出了一个比较合理的方案，终于使《复合镀层》一书得以在1991年年底出版发行。为了弘扬我国的科技成就，书中取材比较偏重于国内，有些内容是我们自己的科研成果，甚至包括尚未公开发表的重要资料。还应当指出，书中的大量素材是张三元高级工程师提供的，他功不可没。

1962年毕业于天津大学的张三元高级工程师是新中国高校培养的第一代从事电镀工艺研究与开发的技术人员。他曾在第一汽车制造厂和第二汽车制造厂的工艺研究所工作多年。参与和组织了东风汽车集团下属各子公司电镀车间的筹建工作。其中包括电镀生产

面积近一万平方米，号称亚洲第一的电镀车间。后转入湖北汽车工业学院任教，直至退休。退休后仍在广东、江苏等地参与和主持多条自动线的筹建和生产工作。他脚踏实地、不计得失地在电镀科技领域奋斗了四十余年，学识渊博，具有很强的解决实际问题的能力。他曾在国内外刊物上发表过多篇很有价值的学术论文。例如在1965年《材料保护》发表的论文，曾为电解法测定金属镀层厚度终点方案的制定奠定了理论基础，且设计了简单的测定装置，并已被《电镀手册》等大型工具书采用。他不但在《国外铸造》等杂志上发表过译自英、俄文的文章数篇，而且还具有阅读日、德文电镀专业文献的能力。他是我国最早从事复合电镀的研究者之一，对复合镀铁、复合化学镀、超硬材料工具制备等工艺，都有着自己独到的见解。确系电镀界难得的优秀人材。

从《复合镀层》面世至今，又已过去了十几年。在此期间，虽然复合电镀理论方面突破性的进展并不很大，但在制备工艺与实际应用中却是取得了大量有价值的新成果。看来，在原著的基础上加以改进与发挥，出版新书，使之进一步反映出当前复合电镀技术水平的崭新面貌，已成为我们义不容辞的责任。在这种情况下，我们一方面要将原书中存在的某些不足予以补充修正，另一方面更要在书中比较全面而准确地展示出此项技术的最新成就。于是我们尽了最大努力，使这本《复合电镀技术》早日与读者见面。

毋庸讳言，著者对现有资料的取舍与评价，已经能很自然地显露出个人的观点，但在写作过程中著者仍然还会对某些问题发表自己的见解，这也是很正常的。例如，本书中提出了能将化学镀、铝氧化、电化学抛光等均包括在内的广义电镀定义；认为某些复合镀层中基质金属与固体微粒间存在着相互作用；不主张开发研制成分过于复杂的复合镀层；将纳米级的叠层金属镀层也视为复合镀层的一种特殊类型；觉得某些黑镍、黑铬镀层理应归入由均相镀液形成的一类复合镀层中，等等。其他像对复合镀层的分类以及表示方法等，也都提出了我们的看法。这种抛砖引玉的做法，若能导致不同意见的争鸣，也是学术界的一件好事。

本书除前四章由我执笔外，其余各章均系张三元高级工程师提

供初稿，经我与他商讨后修改定稿的。虽然我们自以为已足够慎重，但无论在体例上，还是内容上，都还存在着不少值得商榷的地方，竭诚欢迎广大读者予以批评指正。

化学工业出版社的编辑曾对促成本书的出版出过不少力，天津大学王为教授也帮助核对过很多文献，特在此一并致以诚挚的谢意。

郭鹤桐

2006年7月于天津大学

目 录

| | |
|--|----|
| 第一章 绪论 | 1 |
| 第一节 基本概念 | 1 |
| 一、电镀与金属电沉积 | 1 |
| 二、复合电镀的特点 | 4 |
| 三、金属基复合材料中的一支新军——复合镀层 | 6 |
| 第二节 复合电镀的发展过程 | 9 |
| 第三节 复合镀层的分类 | 13 |
| 一、依据构成复合镀层的组分分类 | 13 |
| 二、依据复合镀层的用途分类 | 14 |
| 三、依据复合镀层中组分起作用的地位分类 | 17 |
| 第四节 复合镀层及其中微粒含量的表示方法 | 20 |
| 参考文献 | 24 |
| 第二章 复合电镀工艺 | 26 |
| 第一节 固体微粒的制备与预处理 | 26 |
| 一、进入镀槽前固体微粒的制备 | 26 |
| 二、将固体微粒加入镀槽前的预处理 | 28 |
| 三、微粒粒径的测定 | 29 |
| 四、在镀液中通过反应形成的微粒 | 31 |
| 第二节 较大颗粒与细长纤维丝在基体表面的配置 | 32 |
| 第三节 固体微粒在镀液中的悬浮与沉降 | 33 |
| 一、搅拌镀液的方法 | 34 |
| 二、固体微粒在镀液中的沉降 | 37 |
| 三、镀液中固体微粒的定期处理 | 45 |
| 第四节 微粒本性及其在镀液中含量对镀层中微粒含量的影响 | 45 |
| 一、微粒的本性 | 46 |
| 二、微粒在镀液中的含量 | 50 |

| | |
|--------------------------------|-----------|
| 第五节 镀液组成对镀层中微粒含量的影响 | 52 |
| 一、镀液中的基本组分及与其相关的添加剂 | 53 |
| 二、微粒共沉积促进剂 | 55 |
| 三、镀液的 pH 值 | 57 |
| 第六节 复合电镀的操作条件对镀层中微粒含量的影响 | 60 |
| 一、阴极电流密度 | 60 |
| 二、搅拌强度与搅拌方式 | 63 |
| 三、温度 | 66 |
| 四、施镀时间 | 67 |
| 五、调制电流 | 68 |
| 第七节 复合化学镀工艺 | 70 |
| 一、镀液的稳定性 | 71 |
| 二、镀层的沉积速度 | 72 |
| 三、镀层中微粒含量 | 74 |
| 参考文献 | 75 |
| 第三章 与复合电镀有关的理论问题 | 77 |
| 第一节 概述 | 77 |
| 第二节 外电场对复合电镀的作用 | 82 |
| 一、微粒的 ζ 电位和有效电荷密度 | 82 |
| 二、电极与溶液界面间场强 | 88 |
| 第三节 两步吸附模型 | 91 |
| 一、镀层中微粒含量与镀液中微粒浓度及过电位的关系 | 91 |
| 二、影响强吸附的参量 | 97 |
| 三、速度控制步骤 | 98 |
| 第四节 流体动力因素对复合电镀的作用 | 100 |
| 一、镀液运动对镀层中微粒含量的影响 | 100 |
| 二、镀液运动对镀层中微粒粒度的影响 | 104 |
| 三、相似理论的应用 | 109 |
| 第五节 与复合电镀机理有关的其他模型 | 110 |
| 一、“理想陷阱”与界面间电子转移模型 | 111 |
| 二、轨线分析模型 | 112 |
| 三、吸附离子还原模型 | 113 |
| 第六节 微粒在电极表面上的附着力 | 114 |
| 第七节 镀层中固体微粒与基质金属间的相互作用 | 119 |

| | |
|--------------------------|------------|
| 参考文献 | 125 |
| 第四章 复合镀层的性能 | 127 |
| 第一节 复合镀层的强化机理 | 127 |
| 第二节 复合镀层的力学性能 | 135 |
| 一、硬度 | 135 |
| 二、强度与塑性 | 143 |
| 第三节 复合镀层的内应力 | 147 |
| 第四节 复合镀层的电性能 | 152 |
| 第五节 复合镀层的化学性能 | 157 |
| 一、耐蚀性 | 157 |
| 二、抗高温氧化性 | 159 |
| 三、催化活性 | 161 |
| 参考文献 | 163 |
| 第五章 防护装饰性复合镀层 | 166 |
| 第一节 概述 | 166 |
| 一、含多层镍的组合镀层 | 166 |
| 二、微孔铬提高镀层耐蚀性的原理 | 169 |
| 第二节 镍封 | 174 |
| 一、镀液的配制 | 174 |
| 二、工艺规范 | 175 |
| 三、生产的维护与故障处理 | 182 |
| 第三节 微孔铬 | 184 |
| 第四节 缎面镍 | 193 |
| 第五节 锌基耐蚀性复合镀层 | 203 |
| 一、Zn-Al 粉复合镀层 | 203 |
| 二、其他耐蚀性锌基复合镀层 | 208 |
| 第六节 荧光复合镀层 | 214 |
| 一、共沉积微粒吸附荧光染料的镍基复合镀层 | 215 |
| 二、Ni-荧光颜料复合镀层 | 218 |
| 参考文献 | 225 |
| 第六章 用于制造钻磨工具的复合镀层 | 229 |
| 第一节 概述 | 229 |
| 一、金刚石的物理化学特性 | 229 |
| 二、立方氮化硼 (CBN) 的物理化学特性 | 233 |

| | |
|---------------------------|------------|
| 三、金刚石工具的制造方法 | 234 |
| 第二节 金刚石钻头及扩孔器 | 240 |
| 一、金刚石钻头的结构 | 241 |
| 二、金刚石钻头的制造方法 | 245 |
| 第三节 金刚石磨具 | 253 |
| 一、布砂法 | 255 |
| 二、制造实例 | 261 |
| 第四节 金刚石滚轮 | 264 |
| 一、金刚石滚轮的结构 | 267 |
| 二、金刚石滚轮的制造方法 | 269 |
| 第五节 用作钻磨工具的复合镀层近十余年的进展 | 276 |
| 一、人造金刚石工具的研发与应用 | 279 |
| 二、立方氮化硼工具的研发与应用 | 284 |
| 三、提高电镀制钻磨工具效率的措施 | 285 |
| 四、提高超硬材料工具质量的三个共同性问题 | 287 |
| 参考文献 | 295 |
| 第七章 耐磨复合镀层 | 298 |
| 第一节 摩擦磨损的基本概念 | 298 |
| 一、磨损的类型 | 298 |
| 二、影响磨损的因素 | 300 |
| 三、摩擦磨损试验 | 304 |
| 第二节 影响复合镀层耐磨性的因素 | 307 |
| 一、耐磨复合镀层模型 | 308 |
| 二、影响耐磨性的因素 | 312 |
| 第三节 提高汽缸缸体耐磨性的复合镀层 | 318 |
| 第四节 铬基耐磨复合镀层 | 330 |
| 第五节 化学镀耐磨复合镀层 | 341 |
| 第六节 提高复合镀层耐磨性的某些设想与措施 | 347 |
| 一、在保持足够韧性的前提下,选择硬度较高的基质金属 | 347 |
| 二、选择硬度较高、粒径较小接近球形的固体微粒 | 364 |
| 参考文献 | 370 |
| 第八章 自润滑复合镀层 | 374 |
| 第一节 概述 | 374 |
| 一、固体润滑剂与高新技术的发展 | 374 |

| | |
|---|------------|
| 二、固体润滑剂的种类 | 376 |
| 三、复合电镀中常用的固体润滑剂 | 376 |
| 四、固体润滑剂材料的特点及制备方法 | 379 |
| 第二节 镍基自润滑复合电镀层 | 382 |
| 第三节 铜基自润滑复合电镀层 | 401 |
| 第四节 其他类型自润滑复合电镀层 | 411 |
| 一、铁基复合镀层 | 411 |
| 二、锡基复合镀层 | 413 |
| 三、锌基复合镀层 | 415 |
| 四、钴基复合镀层 | 419 |
| 五、银基与金基复合镀层 | 419 |
| 六、以合金为基质的复合镀层 | 420 |
| 第五节 化学镀自润滑复合镀层 | 423 |
| 一、镀层的实用性 | 423 |
| 二、镀液的稳定性 | 427 |
| 第六节 以纳米微粒制备的新型高效自润滑复合镀层 | 428 |
| 一、以球形(或椭圆形)纳米人造金刚石制备的复合镀层 | 429 |
| 二、以非碳无机类富勒烯纳米材料制备的复合镀层 | 431 |
| 三、以纳米碳管制备的复合镀层 | 434 |
| 参考文献 | 438 |
| 第九章 纤维增强复合镀层及叠层状复合材料 | 442 |
| 第一节 概述 | 442 |
| 第二节 复合电铸工艺 | 446 |
| 第三节 碳纤维增强的复合镀层 | 451 |
| 一、铝基复合镀层 | 452 |
| 二、镍基复合镀层 | 453 |
| 三、铅基复合镀层 | 454 |
| 四、铜基复合镀层 | 456 |
| 五、功能性材料 | 457 |
| 第四节 其他纤维增强的复合镀层 | 461 |
| 一、难熔金属丝增强的复合镀层 | 462 |
| 二、碳纤维增强的复合镀层 | 463 |
| 三、 α - Al_2O_3 纤维增强的复合镀层 | 466 |
| 第五节 叠层状复合材料 | 470 |

| | |
|-------------------------------|------------|
| 一、增强性叠层状复合材料 | 470 |
| 二、功能性叠层状复合材料 | 473 |
| 三、纳米叠层状复合材料 | 474 |
| 参考文献 | 480 |
| 第十章 其他功能性复合镀层 | 483 |
| 第一节 高温下耐磨与抗氧化复合镀层 | 483 |
| 第二节 用作电接触材料的复合镀层 | 492 |
| 一、镀层的接触电阻 | 493 |
| 二、金基复合镀层 | 495 |
| 三、银基复合镀层 | 499 |
| 第三节 具有催化功能的复合镀层 | 505 |
| 一、具有电催化功能的镀层 | 505 |
| 二、具有光催化功能的镀层 | 517 |
| 第四节 具有光电转换效应的复合镀层 | 520 |
| 第五节 用作有机膜底层的复合镀层 | 524 |
| 第六节 利用内应力下降效应的复合镀层 | 534 |
| 第七节 具有生物活性的金属-HAP 复合镀层 | 538 |
| 一、具有生物活性的 HAP | 538 |
| 二、阴极电结晶沉积 HAP 涂层 | 539 |
| 三、金属-HAP 复合镀层 | 540 |
| 第八节 其他几种值得介绍的复合镀层 | 543 |
| 一、无铅的可焊性复合镀层 | 543 |
| 二、用于高分子 PTC 热敏电阻器上的 Ni-炭黑复合镀层 | 545 |
| 三、具有疏水性的复合镀层 | 546 |
| 参考文献 | 547 |
| 第十一章 几种复合电镀的新工艺 | 551 |
| 第一节 纳米复合电镀 | 551 |
| 一、概述 | 551 |
| 二、纳米微粒的表面改性 | 554 |
| 三、纳米微粒在镀液中的稳定分散悬浮 | 556 |
| 第二节 复合电刷镀技术及复合流镀技术 | 566 |
| 一、电刷镀复合镀层 | 566 |
| 二、流镀复合镀层 | 567 |
| 三、复合电刷镀及复合流镀的一些应用实例 | 571 |

| | |
|---|-----|
| 第三节 梯度复合镀技术..... | 580 |
| 第四节 脉冲复合镀技术..... | 592 |
| 第五节 在均相镀液内通过电极反应形成微粒 直接进入镀层的复合镀技术..... | 598 |
| 一、利用电聚合作用生成高分子短细纤维或 微粒并同时与基质金属共沉积..... | 599 |
| 二、利用电极上的还原反应生成固体微粒并 同时与基质金属共沉积..... | 601 |
| 参考文献..... | 606 |

第一章 绪 论

第一节 基本概念

一、电镀与金属电沉积

复合电镀是一种特殊类型的电镀。在讨论复合电镀之前，宜对电镀先作一简要介绍。

一般认为，在电流作用下使金属离子在金属和非金属制品与零件的表面上还原，并能形成符合使用要求的平滑致密的金属覆盖层工艺，就是通常所说的电镀。尽管通过电镀形成的金属镀层是多种多样的，它们的性能和用途也均有着不小的差异，但它们也有共性，即对它们有着最基本的共同要求。首先，镀层应当结构致密，表面光滑平整，有的甚至要具有一定的光亮度。镀层致密无孔，不仅有利于防护基体金属免遭腐蚀，有可能在较长时间内保持着镀层的良好装饰性外观，而且可以更有效地发挥镀层所具有的各种特殊功能。

其次，在基体的各个不同部位上，镀层厚度的差别要尽可能地小。提高镀层在基体表面上厚度的均匀性，可以延长制品及零件的使用寿命。在它们遭受腐蚀或磨损时，总是镀层最薄的部分表面首先露出基体，致使整个制品和零件提前报废。

第三，镀层与基体的结合必须牢固，不允许出现镀层起鼓、爆皮等现象。显然，与基体结合不牢固的镀层，根本没有任何使用价值。即使镀层并未从基体上脱落，在使用中这种镀层的性能，也是极其靠不住的。

为了满足上述三项基本要求，在镀层的制备工艺中有许多工作要做。首要任务是必须对被镀制品及零件的表面进行镀前处理（包

括磨光、抛光、除锈、除油、浸蚀等工序)。这才能给镀层表面平滑以及与基体结合力良好,提供出一定的前期保证。此外,应当调整好镀液的成分,选择适当的能增加电化学极化的添加剂,为获得表面结构细致光亮的镀层创造条件。采用适宜的电流密度和温度,并采取一定的措施(例如使阴极周期性地移动)让镀液流动,以提高金属沉积速度和降低浓差极化,从而达到保证镀层质量的目的。为了获取厚度均匀的镀层,除了改变镀液的组分,从电化学角度改善镀液的分散能力外,还可从几何因素上使用象形阳极、辅助阳极、防护阴极等措施来达到目的。有时,为了满足镀层的使用要求,尚需进行某些镀后处理,包括采用钝化、出光、除氢、染色、活化等各种手段。

当然,任何事物都不是绝对的。上面对镀层提出的具有极大普遍意义的三项要求,也仍然会出现个别的例外。例如,为了降低一些零件的磨损,需要采用孔隙与网纹较深的松孔镀铬层。又如,在激光作用下进行选择性地电镀时,可使局部小区域内镀层的厚度远远高出其他部位。此外,在通过电铸复制某些工艺品时,又希望沉积物易于从基体上剥离。总之,人们既要反对以偏概全,把个别当作一般,也不应该否认个别事物的特殊性。

以电化学方法使金属离子阴极还原为金属的过程,称为金属电沉积。电镀工艺中在镀槽中进行电化学反应的工序是电镀的核心部分,它也正是金属电沉积。但金属电沉积并不等于电镀。电镀除包括在电解槽中的金属离子阴极还原之外,还应将为满足镀层质量要求而必须进行镀前处理(镀前基体的表面准备工作)和镀后处理包括在内。

电镀属于金属电沉积中有新相生成(电结晶)的一类。无论从理论上,还是在实践中,显然这一类是非常重要的,然而电镀绝不是此类的全部内容。有些情况下,金属离子阴极还原后,虽也形成新的金属晶体,但它是粉状的,完全不符合电镀的要求。这是以金属电沉积制备金属粉的过程。另外,还有些是以制备金属材料为目的的湿法冶金。在金属电沉积过程中,它们也会在基体表面形成完整的很厚的块状金属板,但对表面的平整与否,以及与基体结合力

的好坏，无明确的要求。虽然它们也都属于金属电沉积，但并非电镀。

特别值得一提的是，金属离子阴极还原为金属的过程，还可在液态阴极上进行。例如，锌离子在汞阴极上还原为锌原子并溶解于汞中形成锌汞齐。电解食盐水溶液时，若以汞为阴极，则钠离子会于其上还原成液态的钠汞齐。这时并无新的金属相生成，不存在电结晶过程，但这些同样都是金属电沉积。也就是说，形成金属晶体并不是金属电沉积的必然结果。

总之，不管是否形成金属晶体，也不管形成的金属晶体是什么模样，只要是金属离子在阴极上还原为金属原子，就一定属于金属电沉积。

显然，金属电沉积包括的范围比较广，绝非仅指电镀，而电镀中的一些工序（如镀前处理与镀后处理）又不属于金属电沉积。所以，严格说来，金属电沉积与电镀是两个不同的概念，不宜于将它们随意混淆在一起。不过因为金属电沉积是电镀的关键与核心部分，故在不少情况下也常常容许人们以金属电沉积来表示电镀。

历史上人们并未把电镀的含义局限于通过金属电沉积形成合乎质量要求的金属镀层的范围以内。多年来各种电镀书籍和手册常常都把化学镀、金属表面的化学氧化、磷化、电化学阳极氧化、化学和电化学抛光等内容列入其中。有的手册甚至将真空镀、热浸镀、机械镀等也包括在内。企业的生产管理中常把这些工艺与电镀放在一起，称为电镀车间。当然，这种做法有可能是因为它们所承担的任务比较接近，都是以改善各种制品与零件的表面状态和性能为目的，在应用中有一定的联系。既然“电镀”一词也可以包括上述各种工艺在内，于是就提醒人们考虑一下是否应给电镀下一个概括面较广的新定义。也就是说，本节开始时所介绍的电镀定义，只是个狭义的。

经过仔细推敲，这里认为，广义的电镀应当是指：为了改进金属或非金属表面状态和性能，依据电化学原理，使其表面得以精饰，或于其上形成覆盖层和转化膜层的各种工艺。狭义的电镀、金属阳极氧化及电化学抛光，同属在电流作用下的氧化还原反应，自

然是在电化学原理下于表面上形成了膜层或得到了精饰。化学镀、化学氧化、化学抛光、磷化等过程都是在金属与溶液界面间进行的氧化还原反应。在这些过程中虽未出现外电流，但其反应实质仍然服从电化学规律。它们相当于与氧化反应相对应的阳极电流以及与还原反应相对应的阴极电流发生在金属表面的同一位置上，直接进行着电子转移。也可以认为，在这里阳极与阴极出现了短路，故外电流无法体现出来。因此，这些过程也自然均可纳入广义电镀定义之中。这样一来，将这些以化学反应为基础的工艺列入电镀书籍和电镀手册中，就顺理成章了。这不但在实际应用中是合理的，而且从理论上也存在着内在的联系。

二、复合电镀的特点

各种材料在性能上都各有所长，当然它们也都有自己的短处。若把几种材料合理地组合在一起，往往能综合它们各自的优点，在一定程度上弥补其不足，有可能形成性能优异的新型复合材料。最近三十多年来高速发展着的复合电镀（composite plating）就是一种制备复合材料的新方法，在工程技术中获得了广泛的应用。

复合电镀是在普通的镀液中添加不溶性的固体微粒，并使之在镀液中充分悬浮，或者采取必要的措施将微粒合理地配置于基体表面，在金属离子阴极还原的同时，得以将微粒包覆使之进入镀层中的过程。这种夹杂着固体微粒的特殊镀层就是复合镀层。这种镀层基本上是由两类物质组成的：一类是通过阴极还原而形成镀层的那种金属，可称为基质金属；另一类则是不溶性的固体微粒。

复合电镀在国内外也还有一些其他名称，例如，弥散电镀（dispersion plating）、分散电镀或组合电镀等。不过考虑到它可作为制备复合材料的一种方法，还是复合电镀这一名称，更能反映出此类过程的实质性作用^[1]。利用化学镀技术来获取复合镀层时，可称为复合化学镀。若通过电铸来制备复合镀层，则为复合电铸。最近，使用电刷镀技术制取复合镀层的技术——复合电刷镀，也引起了人们的关注。当然，复合电镀的应用，远比复合化学镀、复合电铸和复合电刷镀广泛得多，而且从广义电镀的角度来看，也可以