

当代新型

电镀技术

交通部《镀铁课题组》编译

河海大学出版社



数据加载失败，请稍后重试！

当代新型电镀技术

《镀铁课题组》编译

河海大学出版社

编译者的话

八十年代的电镀技术已进入复合电镀、合金电镀和非晶态电镀的新型电镀技术时代。本书是编译者通过多年来的科学研究工作，搜集了近几年来公开发表的有关外文资料与专利文献，经过删选按系统编写而成。书中对这些新型电镀技术的机理、工艺操作、设备以及镀层的特性与应用都作了系统的分析与报导。在章节编排上尽量做到循序渐进，由浅入深。在内容上，则力求保持原文的完整性和科学性。但考虑到金相照片翻印效果不佳，作用也不大，故在编译时将原著的这些插图予以删节。本书取材，尽量选用内容新颖而又有实用价值的文章，以适应广大电镀工作者系统的学习和参考。它不仅是一本现代电镀技术的科学报导，还可作为新型电镀技术培训班的教学参考书。

本书资料的选择范围，以复合电镀和合金电镀为主流，但也不忽视非晶态电镀和第二代镀铬液的发展趋势。在电镀领域内，这些电镀技术都是相互渗透的，而且有的合金电镀在一定工艺范围内可以获得非晶态电镀层，中间没有不可逾越的鸿沟。第二代镀铬液以三价格为主盐，可以避免使用六价格而大大减少环境污染，并在非晶态电镀层中占有重要地位，因而也占有一定的篇幅。

复合电镀和非晶态镀层，在我国尚处于科研试验阶段，至今在国际上也只在小范围内使用。复合电镀是金属与非金属（也可以是第二相金属）的“微粒”共同沉积的组合镀层。其

中“微粒”的作用是主要的，且材料的来源丰富品种繁多，可以是超硬的，也可以是减摩的，与金属组合形成抗磨或减摩镀层，用于修复和强化金属零件。与常规的金属热处理相比，复合电镀层比较机动灵活，且镀层可以增厚。非晶态镀层的机械物理性能和防腐蚀能力，优于现有的晶态的金属镀层，尤其是它的耐蚀性，即使在强酸、强碱溶液中也难以溶解。有些化工用的仪器设备，使用它作防腐蚀装饰镀层就更为理想。目前，它很少被人们用于生产，主要原因是人们对它的认识还不足，科研工作还跟不上形势的发展。因此，我们编译本书希望能起到扩大视野，抛砖引玉，促使国内电镀工作者迅速行动起来赶超国际水平的作用，使新型电镀技术能在我国开花结果，逐步推广应用，并取代目前惯用的那些污染严重、质量又不能符合现代科学技术发展要求的镀层。

目 录

序 言

第一章 复合电镀层电解沉积的基本原理.....(3)

- § 1—1 复合电镀层的分类、获得方法和应用范围.....(3)
- § 1—2 单金属复合电镀层.....(10)
- § 1—3 组合复合电镀层.....(12)
- § 1—4 镀层结构.....(29)

第二章 复合电镀层的电镀工艺过程.....(51)

- § 2—1 微小分散颗粒的制备.....(51)
- § 2—2 电解液的配制及使其进入工作状态.....
.....(54)
- § 2—3 电解液的分析.....(55)
- § 2—4 电流和温度规范.....(56)
- § 2—5 单金属和组合复合电镀层的电镀工艺过程.....(58)

第三章 镍、铁、铜复合镀层的性质及其工艺特点...(63)

- § 3—1 镀镍.....(63)
- § 3—2 镀铁.....(71)
- § 3—3 镀铜.....(73)

第四章 应用复合镀层的技术经济效益……………(77)

第五章 夹持镀……………(81)

§ 5—1 用降沉法共沉积——夹持镀的一种
新方法……………(81)

§ 5—2 镍-石墨复合镀层的夹持镀……………(82)

§ 5—3 铜-碳化硅复合镀层的夹持镀……………(88)

第六章 化学复合镀……………(97)

第七章 镍基、铜基、钴基等复合镀层的摩擦磨损
特性……………(108)

§ 7—1 电解沉积镍-石墨与镍-二硫化钼复
合镀层的摩擦磨损特性……………(108)

§ 7—2 铜与石墨(或与二硫化钼、二硫化
钨)电解沉积的减摩复合镀层……………(116)

§ 7—3 有微粒分布在镀层内的复合电镀层
的摩擦特性……………(125)

第八章 非晶态电镀层……………(138)

§ 8—1 制造非晶态合金的方法…………… 38

§ 8—2 用镀膜法制造非晶态……………(153)

第九章 三价铬的电镀……………(167)

§ 9—1 含三价铬的甲酸盐镀铁-铬合金……………(167)

§ 9—2 镀铬(三价)……………(178)

第十章 镍合金电镀.....(188)

§10—1 镍-磷合金电镀层的镀液.....(188)

§10—2 电解沉积镍铅磷 (Ni—Pb—P) 合金.....(191)

第十一章 电刷镀技术.....(205)

§11—1 新型刷镀阳极装置.....(205)

§11—2 现场刷镀技术.....(208)

序 言

单一的镀层或所谓“纯净的”电镀层，其物理机械性能和化学性能，在大多数情况下已不能满足二十世纪科学技术革命时代在生产上的各种要求和开发新产品时更进一步的要求。

最近几年来复合电镀与合金电镀获得了广泛的使用，为此，本书*将论述由单金属构成的电镀层（МСКЭП）和组合的复合电镀层（ККЭП）的理论，以及采用这些技术所取得的实际成果。

目前，采用电镀方法可以获得大量的金属复合材料的制品，即复合电镀层，最常见的是以铬基、镍基、铁基和铜基为基体而取得的，很少用贵金属和其他金属作为基体。尤其在镀铬时可获得大量的各种单金属镀层（МСКЭП）和组合的复合电镀层（ККЭП），这就使作者不得不特别着重镀铬、镀镍、镀铁和镀铜的阐述。

本书还将详尽地阐明МСКЭП和ККЭП所取得的工艺特性，以及镀层的物理机械性质和化学性质，并指出获得这些镀层的合理条件与规范。当具备一定条件的综合仪器和设备装置时，就可获得高质量的复合镀层。在本书中，这些问题都得到了应有的反映。

*指《Комбинированные электролитические покрытия》一书，〔苏〕В.Ф.Молчанов, Ф.А.Аюпов, В.А.Валдышев, В.М.Дзыццук著，1976年《技术》出版社出版——译者注

目前，正在大量研究各种电镀液以及获得镀层的方式和方法。但不论那一个生产部门，即使是特别发达的生产部门，要拥有各种规格的电镀液是不可能的。因此，这就产生了如何根据企业的具体条件来选择电镀液的科学研究问题。

书中还引用了一些实用的例子，提供了各种参考资料和必要的计算方法，以及利用优化的试验方法而获得的电镀规范和电镀方法。当采用这样的优化规范和方法时，不仅能够提高产品的质量，而且能够得到显著的经济效益。

第一章 复合电镀层电解沉积的基本原理

§1-1 复合电镀层的分类、获得方法和应用范围

所谓复合电镀层是指有多层沉积，即由两种或几种化学成分不同的金属经电解沉积而构成的镀层（见图1-1）。

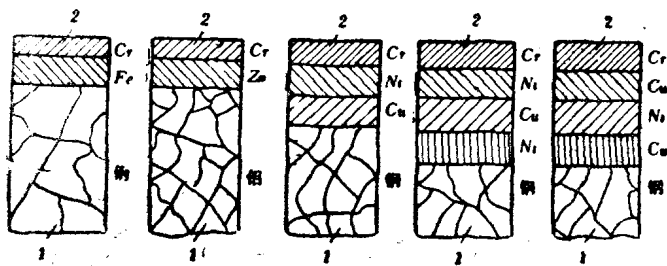


图1-1 利用多种金属形成的复合电镀层的某些例子
1—基底金属； 2—复合电镀层。

有时它们被称为多金属镀复层，按其结构和性质它们是复合电解沉积物。有时把复合电镀层理解为双金属，因为它们由两种金属经电解沉积所构成，而这两种金属具有不同的膨胀系数、硬度、耐磨性、导电性、耐蚀性等等。

В.И. Лайнер 和 О.А. Петрова 定名为“复合电镀层”术语的系指单一的电解沉积金属。例如铬构成的层状沉积便具有各种不同的结构：在乳白色层上的光亮沉积，在光亮层上的乳白色沉积；或在表面沉积的是由硫酸电解液形成的铜沉积，或由氰化物电解液获得的铜沉积等等。属于复合电镀层这一术语内容的还有所谓分界镀层，用作各种产品表面的装饰加工（见图1-2）。

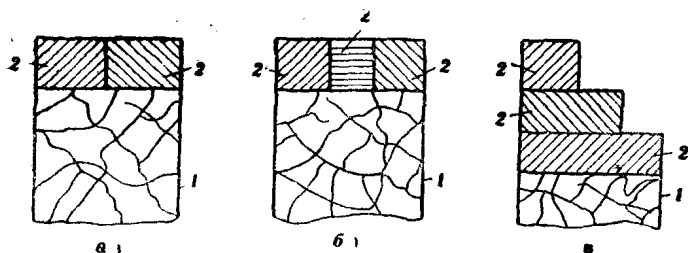


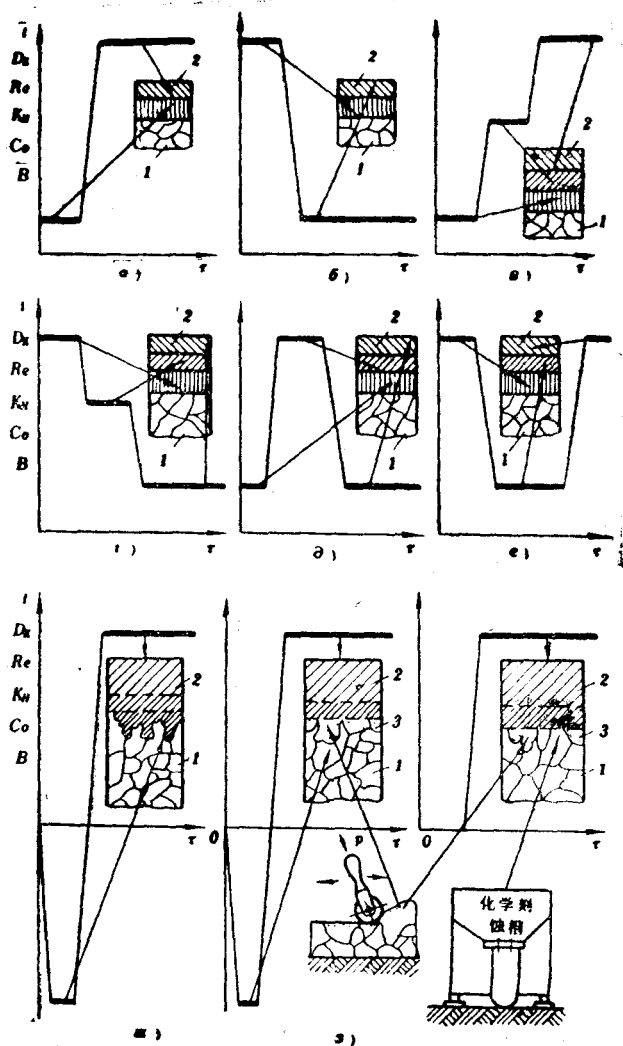
图1-2 复合电镀层的分界镀层模式

1—基底金属； 2—各种沉积层。

近几年来又在电镀车间的实践中，研究出了一种组合式的复合镀层(ККЭП)，即在基体金属镀层内含有“杂质”，这种“杂质”有天然化合物的和人造化合物的各种物质。这种镀层现已获得了广泛的应用。另一种方法是改变工艺参数——电解液温度 t 、电流密度 D_K 、电解液成份的浓度 C_0 、搅拌速度 Re 、磁场强度 H 、电解液规范的不稳定性系数 K_H ，依次序镀得的沉积层（每一种可以是单一的金属层或为组合式的），从而获得各种不同性质和结构的复合镀层，例如双层的（见图1-3中的а、б、в、е、ж和з），三层的（见图1-3中的г、д、е）和甚至是半层的（见图1-3中的к）。

此处所述的复合镀层，是指采用不同的电镀方法而获得的具有不同结构、化学成份以及不同性能的镀层。这种复合镀层的理论基础和生产实践过程，与其它所称的“复合镀层”有着明显的分歧。

在生产和修理机器、机构与仪器中，所采用的电镀层可按一系列特征分类，而最常见的分类为：一层的单金属（或《纯的》）电镀层；复合电镀层；合金电镀层。《纯的》电镀层这一术语，是不久前才在钢的电镀工艺文献中采用的。



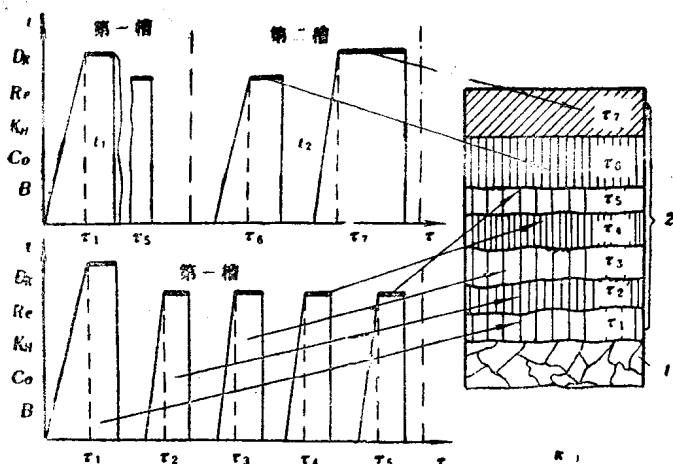


图1—3 单金属层状复合电镀层的获得

1—基底金属；2—复合镀层；3—充填用的电镀层。

这里所称的复合电镀层是用一种特殊的电解液而获得的。在这种电解液的成份中含有各种不溶解的或难溶解的、天然的和人工的化合物以及单质。这些物质通常又称为电解液悬浮体。但是，《纯的》电镀层这一概念应是有条件的，因为有外延层（外延生长）的存在。外延生长现象的本质是各种不同的镀层，在电解沉积的初始阶段就形成，沉积的结构类似基底金属的结构或它沉积之前的结构（见图1-4），然后赋予该镀层以现有的特性。从一个结构向另一个结构过渡的过渡层，便称为外延层。它仿佛把前一层建好后，并使之与赋予现有特性的电镀层结构联接起来。根据上述的纯电镀层概念，它应看作是复合电镀层的特种镀层，它包括外延层和表面沉积层。复合电镀层按电镀过程（见图1-5）中形成的沉积物结构的性质，分为层状复合电镀层（ККЭП）和组合的复合电镀层（ККЭП）。层状复合电镀层按化学成份的

不同又分为依次序沉积方法形成的多金属镀层——ПСКЭП (见图1-1) 和依次序沉积而具有同一化学成份或化学成份稍有区别的单金属镀层——МСКЭП (见图1-3)。

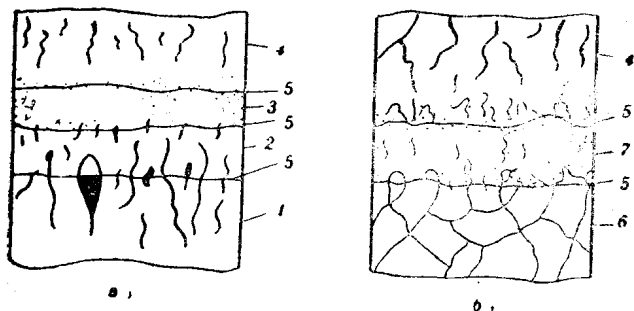


图1-4 复合电镀层模型

(a) 一在钢的基底上; (b) 一在钢的基底上;
1 和 6—基底材料; 2 和 4—由硫酸电解液获得的铜沉积;
3—镍沉积; 5—外延层; 7—在氰化电解液中的铜沉积。

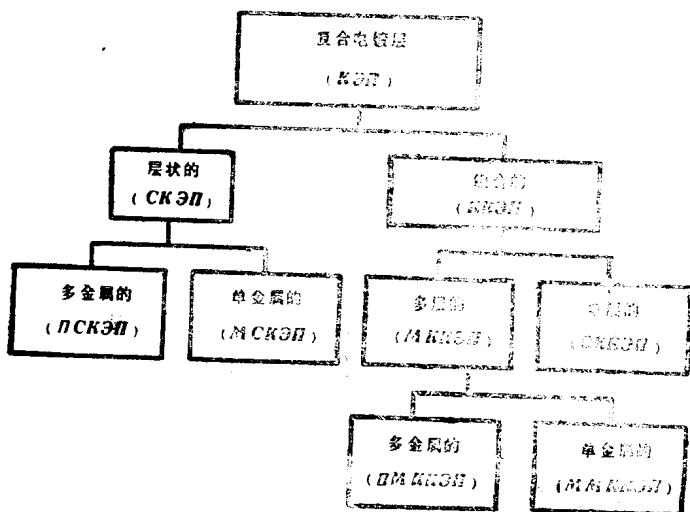


图1-5 根据沉积物形成的结构性质КЭП的分类

组合的复合电镀层 (KKЭП) 则可分为单层的组合复合电镀层——OKKЭП (见图1-6中的a图) 和多层的组合复合电镀层——MKKЭП (见图1-6中的б与в图)。同样, 多层组合复合电镀层又分为多金属的组合复合电镀层——ПМККЭП (见图1-6中的в图) 和单金属的组合复合电镀层——ММККЭП (见图1-6中的б图)。

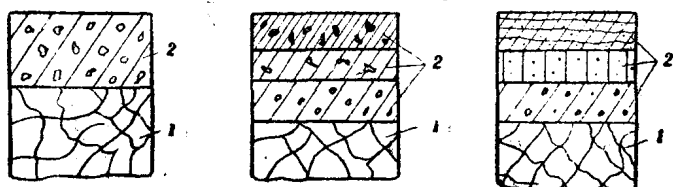


图1-6 组合复合电镀层
1—基底材料; 2—组合层。

复合电镀层同样也可按其自身沉积物结构的内部特性来分类。可是, 这种分类型式还没有得到普及, 因为对各种沉积物的内部结构还缺少足够的研究。众所周知, 例如电解沉积铬时, 它所形成的沉积物便有六角形的, 立方形的与 α -Mn型的晶格。如果考虑到所获得的沉积物在大多数情况下具有混合结构, 那末, 它们根据这个特征来分类将是困难的。不过, 如若仔细地研究复合电镀层微观与宏观的金相组织试片图时, 就可把复合电镀层区分为形成微观与宏观体积 (外延结构) 以及按全部沉积物厚度的镀层。

A. П. Эйчис在评定电镀层质量的美感时, 将它们区分为均匀的、分界的和混合的三种。这种分类完全可以适用于复合电镀层。

复合电镀层既可在电解过程中获得, 也可在下列处理过

程中获得：如用化学的、电化学的、热化学的处理，甚至采用机械的处理。在现代机器、机构和仪器的产品中，单纯采用纯金属的电解沉积层已不能满足现代化的要求，必须采用复合镀层才能扩大电镀的应用范围。因为，复合镀层可以赋予零件表面很多宝贵的特性，诸如抗摩耗性、耐腐蚀性、耐高温以及装饰性。因此，在生产中使用复合电镀层的规模正处于日益增长的状态中。

层状复合电镀层首先用来赋予处在不同温度和气候条件下的机器零件表面以高的抗磨性和抗腐蚀的稳定性。例如镀铬的层状复合电镀层已用于液压缸、活塞、起重机械与机构的操作联接杆、炮兵的大炮筒以及射击兵器等。

采用层状复合电镀层可减少车间电镀槽的数目和电镀分间，解放出辅助的生产面积，以及减少电镀生产中的项目。

大家都知道，在汽车修理企业中，如不采用以镀铜、镀镍为基底，再用镀铬为表面镀层的单金属层状复合镀层（МСКЭП）法，则要使零件表面获得保护和进行装饰是不可能的。

众所周知，等离子喷镀层和用粉末冶金方法获得的陶瓷，其抗磨粒磨损性能最好。而ККЭП与它们比较，则具有不可辩驳的优越性：

1. 可以更广泛地使用陶制的，金属制的和其它天然的、人工合成的化合物，以及单质；
2. 可以利用天然的粉状材料，例如粉状石英——石英粉、河砂、云母、陶土等；
3. 用低温获得的 ККЭП、可以排除对制造零件的材料造成物理机械性能的影响；
4. 可以对镀层进行程序控制以提高精制质量；