

# 第一章 绪论

## § 1.1 电镀在国民经济中的意义

电镀是一种表面加工工艺，它是利用电化学方法将金属离子还原为金属，并沉积在金属或非金属制品的表面上，形成符合要求的平滑致密的金属覆盖层。其实质是给各种制品穿上一层金属“外衣”。这层金属“外衣”就叫做电镀层，它的性能在很大程度上取代了原来基体的性质。

随着科学技术与生产的发展，电镀工业所涉及的领域越来越广，人们对镀层的要求也越来越高。目前，金属镀层的应用已遍及经济活动的各个生产和研究部门，例如机器制造、电子、仪器仪表、能源、化工、轻工、交通运输、兵器、航空、航天、原子能等，在生产实践中有着重大意义。根据需要，概括起来，进行电镀的目的主要有三：

(1) 提高金属制品的耐腐蚀能力，赋予制品表面装饰性外观；

(2) 赋予制品表面某种特殊功能，例如提高硬度、耐磨性、导电性、磁性、钎焊性、抗高温氧化性、减小接触面的滑动摩擦、增强反光能力、防止射线的破坏和防止钢铁件热处理时的渗碳和渗氮等；

(3) 提供新型材料，以满足当前科技与生产发展的需要，

例如制备具有高强度的各种金属基复合材料，合金、非晶态材料，纳米材料等。

为防止金属制品腐蚀所需要的电镀层的数量很大。例如，一辆普通载重汽车上的零部件，受镀面积达  $10\text{m}^2$  左右其中绝大部分都是用来防止外露的金属结构及紧固件的腐蚀。防止金属腐蚀的任务十分艰巨，据目前粗略估计，全世界每年因腐蚀而报废的钢铁产品约占钢铁年产量的  $1/3$ 。如果其中的  $2/3$  可以回收冶炼的话，也还有  $1/9$  是无法使用的。尽管电镀并不能完全解决这个严重的问题，但是作为抗腐蚀手段之一，电镀工艺无疑是可以做出可观的贡献的。而且，腐蚀的后果，并不仅限于原材料的浪费和加工费用的损失，关键零部件或结构的破坏，还有可能造成无法弥补的损失。当前人们对以防护制品免遭腐蚀为目的的镀层，常常又提出了一定的装饰要求 例如自行车、摩托车、钟表、家用电器、建筑五金等所使用的镀层，都具有防护与装饰的双重作用。此外，有些专以装饰为目的的镀层，例如仿金镀层，也必须具有一定的防护性能，否则它们的装饰作用就不可能持久。所以说，镀层的装饰性与防护性是分不开的。

具有特殊功能的各种镀层，早已广泛地用于生产，满足了各种各样的需要。按理说，耐大气腐蚀也是镀层的一种功能，但考虑到它所涉及的范围非常广泛，是任何一种存在于空气中的物体都会遇到的问题，它的普遍性远远大于特殊性。所以，耐大气腐蚀的镀层不属于功能镀层。随着科学技术的发展，新的交叉学科不断涌现，对材料性能也提出了许多新的特殊要求。在很多情况下，往往只要有一个符合性能要求的表面层，就可以解决科学技术中的迫切需要。选择适当的电镀

层，常常就能够很好地完成这一任务。因此，功能镀层的重要性越来越突出。还有，使用镀层代替整体材料，也是节约贵重金属的一个好途径。例如在普通碳钢表面镀一层硬度高的铬，即可在很多应用场合取代硬质合金钢。这就是说，在当前，电镀不仅仅是为防护与装饰目的服务的重要手段，而且已发展成为制备表面功能材料的一种有效的方法。

在金属材料中加入具有高强度的第二相，可使结构材料的强度显著提高。例如，用 70% 体积的铜和 30% 体积的碳石墨纤维制成的复合材料其抗拉强度是纯铜的三倍而密度只有铜的 3/4，还有一些其他特殊性能。制备金属基复合材料的方法有很多种与其他方法相比电镀电铸法具有工艺设备简单操作比较容易控制不需要高温、高压、高真空等繁杂技术而且能源消耗低等特点。所以以电镀电铸法制备新型材料有着广阔的前途，在当前新技术的发展与应用中具有重大的意义。

在全世界科学技术与生产飞速前进的过程中，对各种功能材料和结构材料的需求与日俱增，作为制备各种类型材料的一种手段，电镀技术越来越受到人们的重视。目前电镀生产所承担的任务，已经由原来的以对某些零部件的表面加工服务为主，进一步发展到有能力独立完成一定产品的制备，使电镀技术的发展进入了一个新的阶段。

在我国现代化建设过程中，既要大力发展生产，又要厉行节约。因此，电镀工业在提高镀层质量的同时，还必须努力研究，在满足一定要求的前提下，减薄金属镀层的厚度，使工艺过程中的能耗尽可能地降低，设法减轻对环境的污染和降低污水处理的费用等等。总之，只要充分发挥电镀工业的特点

和长处，经过大量的科学实践，就一定能在我国的经济发展中做出更大的贡献。

## § 1.2 我国电镀工业的发展概况

旧中国的电镀工业，可以说是一个“空白”。只是在上海、天津等少数几个沿海城市有一些小的电镀作坊，也大多是外国资本家控制。而且技术保密、生产落后、工人的劳动条件恶劣，仅能为一些日用小商品的生产服务。

新中国成立后，随着大规模经济建设的开展，机器制造业迅速发展起来，大型的汽车和拖拉机制造厂、飞机制造厂、电子工厂以及仪器仪表工厂等的相继建立，一些老企业也得到了扩大改造。在所有新建和改建的机器制造企业中，大都有电镀车间投入生产，为电镀工业在我国的发展提供了物质基础。

随着国家的改革开放，科学技术的进步，近二十年来我国的电镀工业又有了新的发展。首先，根据生产中提出的各种各样的要求，镀层的品种在不断增加。在一般生产中用作镀层的单金属不过二十来种，加上使用过和研究过的合金镀层，则可达到数百种。如果再把不溶于水的固体微粒与金属共沉积而形成的复合镀层计算进去，则可镀的品种数量将进一步剧增。

其次，随着科学技术的发展，需要在其上镀覆金属层的基体材料品种也越来越多。除了通常在钢铁和铜等基体材料上电镀外，还实现了在轻金属铝、镁及其合金及锌基合金压铸件上的电镀。还发展了在非金属材料上的电镀，除了常见的

在塑料上的电镀外，还可以将金属层镀在玻璃、陶瓷、石膏以及纤维等上面。

此外，在广大电镀科技工作者的努力下，电镀工艺方面也有非常大的变化。电镀添加剂的开发，对电镀工艺的发展起着非常重要的作用。向镀液中加入具有光亮、润湿、整平、导电、缓冲等作用的各种添加剂，对改善镀液性能和镀层质量可产生重要的影响。特别是通过光亮剂的作用，可在镀槽中直接获得光亮镀层（光亮镍、光亮铜等），省掉了抛光工序，不仅能够提高产品质量，还可节约贵重金属材料、棉布、动力及劳力，改善工人的劳动条件，提高劳动生产效率，并有利于实现生产自动化。为了解决环境污染问题，近年来向镀液无毒和低毒化方面的发展中，也取得了相当大的成绩，一些新的工艺配方已投入使用。对高速电镀与脉冲电镀等新工艺的开发，也取得了可喜的成果。

在高速流动的电解液中，缩小两极间的距离，有可能使金属的沉积速度提高几十倍或成百倍，这就是高速电镀。高速电镀对于一些特殊的镀件，例如金属线材或带材，有着突出的优越性。有时在镀液流速并非特别高的条件下，虽然够不上高速电镀，但也能使电镀速度提高好几倍，同样有很大的实际意义。

脉冲电镀是使用能产生脉冲电流的电源，在一定频率和一定宽度的脉冲电流下进行电镀。与一般直流电镀相比，脉冲电镀可明显提高镀层质量。例如，可降低镀层的孔隙率，提高镀层与基体的结合力，改善镀层在基体表面上的分布状况，提高镀层的耐磨性和其他一些物理机械性能等等。当前脉冲电镀主要用于贵金属电镀（特别是镀金），可以改善镀层性能，

减薄镀层的厚度，达到节约贵重金属材料的目的。此外，脉冲阳极氧化也已进入生产实用阶段。

近一个时期，电镀生产设备方面的革新速度相当快，已由简单的手工操作迅速地发展到机械化，并形成了各式各样的电镀生产自动线。对一些工艺参数采用微机控制的电镀生产线也已经在生产中使用。另外，一些辅助性设备，如过滤机、无油空气压缩机、添加剂自动加料机、清洗机及干燥机等也都有不小的发展和变化。

通常所说的电镀，都是在水溶液中进行的。但是，为了使那些在水溶液中不可能沉积的较活泼金属如铝、镁、铍等能够形成镀层，也在探索着在非水电解质中电镀的途径。例如，从  $\text{AlCl}_3\text{-LiAlH}_4$ -二乙醚电解质中可以电镀铝。

总之，尽管电镀工业已经发展了一百六十多年，但它依然生气勃勃，有关金属电沉积的新事物不断出现。对这样一门既成熟而又年轻的科学，广大电镀科技工作者理应大有作为。

### § 1.3 电镀层的分类

电镀层有各式各样的分类方法。可以按照镀层的使用目的来分类，也可以根据在金属腐蚀过程中镀层与基体间的电化学关系来分类，还可以根据镀层的结构来分类。

按照镀层的使用目的，可以粗略地将它们分为防护—装饰性镀层与功能性镀层两大类。

既能防护制品免受腐蚀，又能赋予制品某种经久不变的光泽外观的镀层，在生产与生活中的使用量很大，是防护—装饰性镀层的典型代表。这类镀层多半是由多层镀层组合而

成 即首先在基体上镀上“底”层 然后再镀上“表”层 有时还要有“中间”层。之所以如此，是因为很难找到一种单一的金属镀层能够同时满足防护与装饰的双重要求。一些镀层金属虽然防腐蚀能力很强，但在使用条件下它不能持久保持光泽，而且往往是质软，易磨损。另外一些镀层金属虽然防腐蚀能力较差，但它能赋予制品外表以悦目的光泽，且不易磨损，在使用条件下这种光泽外观可保持经久不变。因此，人们发现并利用了它们各自的长处，对其进行一定的搭配使用，弥补了它们各自的不足，从而得到既耐腐蚀又美观耐磨的多层防护—装饰性镀层。例如我们常见的小汽车、自行车、摩托车、钟表等产品的外露部件的光泽镀层，均属此类。目前国内多半采用 Cu/Ni/Cr 或 Ni/Ni/Cr 等组合镀层。

在这类镀层中，以防护钢铁材料免遭大气腐蚀为主要目的的镀锌层，应用最广。在海洋气候条件下，通常选用镀镉层。考虑到镉对环境污染的严重性，近年来多采用锌基合金镀层取代镀镉层。对于接触有机酸的黑色金属制品（如食品容器）则应采用镀锡层，它不仅防腐蚀能力强，且产生的腐蚀产物对人体无害。另外，还有一些镀层的使用目的侧重于它们的装饰性，例如仿金镀层等。

功能性镀层是利用镀层金属的各种机械、物理、化学性能来满足各类场合的需要，根据镀层的性能，又可将它们分为以下主要的几类。

#### 一、耐磨和减磨镀层

耐磨镀层主要是靠提高制品的表面硬度来增加其抗磨损能力，在工业上多采用镀硬铬，如各种轴和曲轴的轴颈、印花辊的辊面、发动机的汽缸内壁和活塞环、冲压模具的内腔等。

减磨镀层多用于滑动接触面。在这些接触面上电镀一层能起固态润滑剂作用的韧性金属（减磨合金），就可以减少滑动摩擦。这种镀层多用在轴瓦和轴套上，如镀锡、Sn-Pb合金、Sn-Pb-Sb三元合金等。

## 二、抗高温氧化镀层

不少技术部门需要使用高熔点的金属材料制造特殊用途的零部件，但这些材料有可能在高温下被氧化（高温腐蚀）而使零、部件损坏。为解决此问题，可在零件表面镀高温抗氧化层。例如，转子发动机内腔需用镀铬防护，喷气发动机转子叶片也可采用铬合金镀层。在特殊情况下，甚至可采用Pt-Rh合金镀层作为高温抗氧化层。

## 三、导电性镀层

在电子工业中需要大量使用能提高表面导电性能的镀层。在一般情况下，可以镀铜或镀银。既要求导电性能好，同时还要具有一定的耐磨性时，则应镀以Ag-Sb、Ag-Ni、Au-Sb、Au-Co合金等。银与 $\text{La}_2\text{O}_3$ 等微粒形成的复合镀层具有较强的抗电蚀能力，可用它来取代整体纯银制备电触头，用于开关、继电器等装置。另外在高频波导管的生产中，大都采用镜面光泽的镀银层。

## 四、磁性镀层

在电子计算机设备中的磁环、磁鼓、磁盘、磁膜等储存部件，均需使用磁性材料。目前多采用以电镀法形成的镀层来满足这方面的要求。通过改变电镀工艺参数，还可以调整镀层的磁性能参数。常用的电沉积磁性合金有Ni-Fe、Fe-Ni、Co-Ni和Co-Ni-P等。

## 五、热处理用镀层

为了改善机械零件的表面物理性能，常常需要进行热处理。但是，如果零件的某些部位，在热处理时不允许改变它原来的性能，就需要把这个部位局部地保护起来。例如，防止局部渗碳需镀铜，防止局部渗氮则应镀锡。

## 六、修复性镀层

一些重要的机械零部件，例如各种轴、花键、齿轮及压辊等，在使用过程中被磨损，或在加工过程中磨削过度，均可用电镀法予以修复，使其重新发挥作用。可用于修复尺寸的镀层金属有铜、铁、铬等。

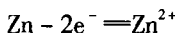
## 七、可焊性镀层

一些电子元器件组装时，需要进行钎焊。为了改善它们的焊接性能 需要镀以锡、银或 Sn-Pb 合金等。

## 八、其他功能镀层

在生产实践中应用的其他功能镀层还有很多。例如，为了增强钢丝与橡胶热压时的粘合性，可以在钢丝上镀黄铜（Cu-Zn 合金）；为了抵抗硫酸及铬酸的腐蚀，可以镀铅；为了增加反光能力，可以镀铬、银或高锡青铜；为了消光或吸收光能转变为热能 可镀黑镍、黑铬等。

根据在金属腐蚀过程中镀层与基体间的电化学关系，可将它们分为阳极镀层，如图 1-1(a) 和阴极镀层 如图 1-1(b) 两类。如在铁上镀锌时，由于锌的标准电极电位比铁负，当镀层有缺陷 针孔、划伤等 露出基体且有水汽凝结于该处时 则铁锌电偶就形成了图 1-1(a) 所示的腐蚀电池。此时锌作为阳极而溶解：



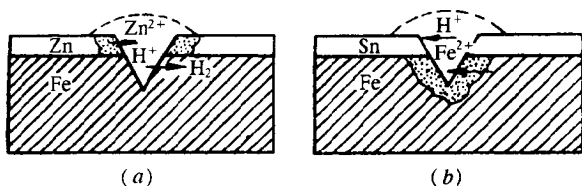
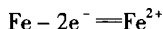


图 1-1 阳极镀层与阴极镀层

而铁作为阴极，可能是  $H^+$  在其上放电而析出  $H_2$  气，也可能是  $O_2$  分子在该处还原，但铁并未受到腐蚀。我们把这种情况下的镀层叫做阳极镀层。在致密无孔时，阳极镀层对基体起机械保护作用。当镀层破损时，它对基体起电化学保护作用。从防止黑色金属腐蚀的角度来看，应尽可能选用阳极镀层。

如果把锡镀在钢铁制品上，当镀层有缺陷时，如图 1-1 (b) 所示，由于在铁锡电偶中，锡的标准电极电位比铁正，它是阴极，因而腐蚀电池的作用将导致铁的阳极溶解：



这时，在作为阴极的锡上，发生  $H^+$  离子或  $O_2$  分子的还原。这样一来，镀层尚存，而镀层下面的基体却被腐蚀破坏了。这类镀层就是阴极镀层。只有在它完整无损（连针孔都没有）时，才对基体有机械保护作用。一旦镀层被损伤，它不但保护不了基体，反而起了加速腐蚀的作用。

金属的电极电位随介质与工作条件的不同而发生变化，因而镀层究竟是阳极镀层，还是阴极镀层，这要看它所处的介质和环境来定。对铁而言，在一般条件下锌是典型的阳极镀层，但在  $70^\circ C \sim 80^\circ C$  的热水中锌的电极电位却变得比铁正，因而成了阴极镀层。再如锡对铁来说，在一般条件下是阴极镀层，但在有机酸的介质中却变成了阳极镀层。

值得注意的是，并非所有的电极电位比基体金属负的金属，均可作为防护性镀层。有时尽管它是阳极镀层，但若它自身在介质中不稳定，则它将迅速被介质破坏，而失去对基体的保护作用。锌在大气中是黑色金属的阳极镀层，其自身又能形成碱式碳酸锌〔 $\text{ZnCO}_3 \cdot 3\text{Zn}(\text{OH})_2$ 〕保护膜因而很稳定。但是在海水中，对铁而言锌虽仍为阳极镀层，但由于它在氯化物溶液中很不稳定，很快便被破坏，从而失去了对基体金属的保护作用。所以，在海洋环境下工作的仪表都不能使用镀锌层。

再有一种分类方法，是根据镀层的结构将镀层分为三大类。一类是简单镀层，以一层金属即可完全满足使用要求，如镀锌层和镀锡层。第二类是组合镀层，这是由几层相同金属（如暗镍、半光亮镍、光亮镍）或不同金属（如铜、镍、铬）层叠加而成的多层镀层。第三类是复合镀层，这是由固体微粒（在镀液中不溶的无机或有机物质）均匀地分散在金属中而形成的镀层如  $\text{Ni-SiC}$ 、 $\text{Cu-Al}_2\text{O}_3$  等。

## § 1.4 电镀工艺实践及对镀层的要求

电镀是在基体表面上获得金属层的先进方法之一。通过控制电镀时的工艺条件（镀液的组成、温度、电流密度、电镀时间等），不仅可以根据需要调整镀层的厚度，而且还可以改变镀层的外观和性能。用电镀的方法既能在各种金属材料上镀覆所需的金属，也能在经过一些特殊处理后，使金属沉积于非金属材料的表面上。

电镀装置主要由阴极、阳极和镀液三部分组成。将被镀零件作为阴极与直流电源的负极相连，将金属阳极与直流电

源的正极相连，将它们一起放入镀槽中。镀槽内盛有含被镀金属盐的溶液，还添加有一些其他物质。当将镀槽与直流电源接通时，如图 1-2 所示，发现串联在电镀线路中的电流表 A 指针开始偏转，并指示出一定大小的电流值。为了控制电流值的大小在线路中还装有电流调节装置 R。这样在一定的温度和电流的条件下就可以进行电镀生产。

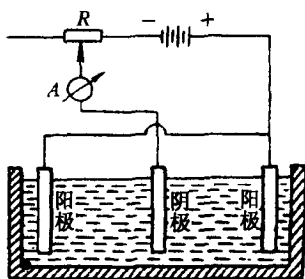


图 1-2 电镀装置示意图

在电镀电路接通后，如果接在电源正极上的金属阳极是可溶的，则随着阳极上金属氧化反应的进行，金属阳极的重量逐渐减轻；而接在电源负极上的被镀零件表面出现金属镀层，这是由于镀液中的金属离子在阴极上发生还原反应而生成的。显然，在电镀过程中阳极反应与阴极反应是互为依存的，失去其中的任何一方，另一方也就不存在了。也就是说，只有阳极反应和阴极反应同时发生，电镀过程才能够进行。

任何一种电镀层都是在镀槽中阴极上获得的，而且是在有电流通过镀槽时，阴极上才能形成镀层，这是电镀的必要条件。但是要想得到结构和性能都能满足要求的电镀层，还需要控制许多其他的参数。因此，电镀中的阴极过程是人们关注的重点，为了很好地掌握电镀的阴极过程，有大量的问题需要研究和讨论。与此同时阳极过程也不允许忽视。这是因为它对镀液的稳定性、电镀工艺参数的控制及电能的利用率等，都有着相当大的影响。

不同的金属镀层具有不同的特性，甚至同一种镀层因应

用场合不同，而对它的要求也有差异。这将在后面各章中详细讨论。但是，对通过电镀形成的金属镀层，不管其品种和性质如何，人们对它们都有如下一些共同的要求。

(1) 镀层应结构致密，表面光滑平整。致密无孔的镀层，不仅有利于防护基体金属免遭腐蚀，还有可能在较长时间内保持自身的良好装饰外观，而且可以更有效地发挥镀层所具有的各种功能。

(2) 镀层厚度要均匀，或者是基体表面各部位镀层厚度的差异尽可能地小，以保证制品或零件的使用寿命。

(3) 镀层与基体（如金属制品）间的结合必须牢固，不允许出现镀层起鼓或爆皮等现象。与基体结合不牢固的镀层，根本没有任何使用价值。

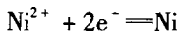
为了满足上述三项最主要的基本要求，必须对被镀的制品表面进行镀前处理（磨光、抛光、除油、浸蚀等）镀液的组成及电镀条件（温度、电流密度等）的控制，都应给予足够的重视。这是电镀中极为重要的任务。

当然，任何事物都不是绝对的。以上对镀层提出的三项要求具有极大的普遍意义，但仍然有个别的例外。例如，松孔镀铬，它是人们有意识地设法使镀铬层上的孔隙和网纹加深加宽，以便贮存润滑油，在工作时起到润滑作用，减少零件的磨损。又如局部电镀，是采取一定措施在零件上的预定部位镀上一定厚度的镀层，而其余部分镀层很薄，或甚至没有镀层。再有，如用电铸法制造模具或印染网时，最后需要将镀层从基体上剥离，因此根本不需要什么良好的结合力。总之，生产实践中的要求是各种各样的，在电镀生产中所采取的任何措施，都应以满足产品的要求为主要目的。

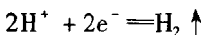
## 第二章 电镀基础知识

### § 2.1 金属在阴极上电沉积的可能性

电镀是一种电化学过程，是一种在水溶液中进行的氧化还原过程。以镀镍为例，将零件浸入含有镍盐（如  $\text{NiSO}_4$ ）的溶液中作为阴极，金属镍板作为阳极，接通直流电源后，就会在零件上沉积出金属镍镀层。此时在阴极上，发生镍离子得到电子还原为金属镍的反应，其反应式为：

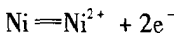


这是主要反应。同时，还有氢离子还原为氢的副反应：

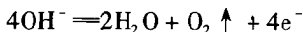


这是在电镀过程中不希望发生，但却又避免不了的反应。

在镍阳极上发生金属镍失去电子变为镍离子的氧化反应：



有时还可能有如下的副反应：



实际上，不是所有的金属离子都能从水溶液中沉积出来，一些化学性质十分活泼的金属是难以实现这种电沉积的。根据实验，金属离子从水溶液中电沉积的可能性，可从元素周期表中得出一定的规律，如表 2-1 所列。

表 2-1 金属从水溶液中电沉积的可能性

周期	IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VI B	VI B	VIB		IB	II B	IIIA	IVA	VA	VIA	VIA	OA	O	
3	Na	Mg												Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
	可从水溶液中获得汞沉积		从水溶液中不能获得纯金属沉积		从水溶液中可以电沉积出来				可以从络合物溶液中电沉积出来				非金属						

从表 2-1 中所划分的区域可以得知，哪些金属是可以实现从水溶液中电沉积的。能够从水溶液中电沉积的金属，都是分布在铬分族右方的第 4、5、6 周期中的元素。铬分族中的 Mo 和 W 的电沉积虽有可能，但很困难。必须强调，上述的分界仅仅是对从水溶液中电沉积出纯金属来说的。如果采用非水溶液体系，或者电沉积的产物是合金，而不是纯金属，那么表 2-1 中的区域划分将有所改变。

## § 2.2 电镀溶液的组成及其作用

电镀溶液的组成对电镀层的结构有着很重要的影响。不同的镀层金属所使用的电镀溶液的组成可以是各种各样的，但是都必须含有主盐。根据主盐性质的不同，可将电镀溶液分为简单盐电镀溶液和络合物电镀溶液两大类。

简单盐电镀溶液中主要金属离子以简单离子形式存在（如  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Ni}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$  等），其溶液都是酸性的。在络合物电镀溶液中，因含有络合剂，主要金属离子以络离子形式存在（如  $[\text{Cu}(\text{CN})_3]^{2-}$ 、 $[\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-}$ 、 $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$  等）其溶液多数是

碱性的，也有酸性的。除主盐和络合剂外，电镀溶液中经常还加有导电盐、缓冲剂、阳极去极化剂以及添加剂等，它们各有不同的作用。

### 一、主盐

能够在阴极上沉积出所要求的镀层金属的盐。

主盐浓度高，溶液的导电性和电流效率一般都较高，可使用较大的电流密度，加快沉积速度。在光亮电镀时，镀层的光亮度和整平性也较好。但是，主盐浓度升高会使阴极极化下降，出现镀层结晶较粗，镀液的分散能力下降，而且镀液的带出损失较大，成本较高，同时还增加了废水处理的负担。主盐浓度低，则采用的阴极电流密度较低，沉积速度较慢，但其分散能力和覆盖能力均较浓溶液好。

因此，主盐浓度要有一个适当的范围，并与溶液中其他成分的浓度维持一个适当的比值。有时，由于使用要求不同，即使同一类型的镀液，其主盐含量范围也不同。对于电镀形状复杂的零件或用于预镀、冲击镀时，要求较高的分散能力，一般多采用主盐浓度较低的电镀溶液。而快速电镀的溶液，则要求主盐含量高。

### 二、导电盐

能提高溶液的电导率，而对放电金属离子不起络合作用的物质。这类物质包括酸、碱和盐，由于它们的主要作用是用来提高溶液的导电性，习惯上通称为导电盐。如酸性镀铜溶液中的  $H_2SO_4$ 、氰化物镀锌溶液中的  $KCl$ 、 $NaCl$  及氰化物镀铜溶液中的  $NaOH$  和  $NaCO_3$  等。

导电盐的含量升高，槽电压下降，镀液的深镀能力得到改善，在多数情况下，镀液的分散能力也有所提高。

导电盐的含量受到溶解度的限制，而且大量导电盐的存在还会降低其他盐类的溶解度。对于含有较多表面活性剂的溶液，过多的导电盐会降低它们的溶解度，使溶液在较低的温度下发生乳浊现象，严重的会影响镀液的性能。所以导电盐的含量也应适当。

### 三、络合剂

在溶液中能与金属离子生成络合离子的物质称为络合剂。如氰化物镀液中的  $\text{NaCN}$  或  $\text{KCN}$ ，焦磷酸盐镀液中的  $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$  或  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  等。

在络合物镀液中，最具重要意义的，并不是络合剂的绝对含量，而是络合剂与主盐的相对含量，通常用络合剂的游离量来表示，即除络合金属离子以外多余的络合剂。

络合剂的游离量增加，阴极极化增大，可使镀层结晶细致，镀液的分散能力和覆盖能力都得到改善，但是，阴极电流效率下降，沉积速度减慢。过高时，大量析氢会造成镀层针孔，低电流密度区没有镀层，还会造成基体金属的氢脆。对于阳极来说，它将降低阳极极化，有利于阳极的正常溶解。络合剂的游离量低，镀层结晶变粗，镀液的分散能力和覆盖能力都较差。

### 四、缓冲剂

是用来稳定溶液的  $\text{pH}$  值，特别是阴极表面附近的  $\text{pH}$  值。缓冲剂一般是用弱酸或弱酸的酸式盐，如镀镍溶液中的  $\text{H}_3\text{BO}_3$  和焦磷酸盐镀液中的  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  等。

任何一种缓冲剂都只能在一定的范围内具有较好的缓冲作用，超过这一范围其缓冲作用将不明显或完全没有缓冲作用，而且还必须要有足够的量才能起到稳定溶液  $\text{pH}$  值的作