



实用电镀工艺

陆江祥编

351
97



实用电镀工艺

陆江祥 编

湖南科学技术出版社

内 容 简 介

电镀，就是给金属或非金属零部件穿上一件难于脱落的具有防腐蚀和装饰作用的金属外衣，这样既美化了产品，又延长了使用寿命。因此，电镀成为现代工业中一个重要的环节，受到了人们的重视。目前全国拥有电镀生产能力的单位已达数万之多。

本书编者根据有关资料和自己从事40年电镀工作的切身体会，编写了本书。全书不仅介绍了有关电镀技术的基本理论，而且较详细地介绍了电镀工艺中的实际操作和提高产品质量的关键。同时还收集了不少的电镀老厂成功的经验配方，使本书显得更有特色。

本书适用于电镀工程技术人员、工人、技术学校学生阅读。内容通俗，简明易懂。

实 用 电 镀 工 艺

陆江祥 编

责任编辑：罗盛祖

湖南科学技术出版社出版

(长沙市展览馆路14号)

湖南省新华书店发行 湘潭市彩色印刷厂印刷

1983年12月第1版第1次印刷

开本：787×1092毫米1/32 印张：5.625 字数：127,000

印数：1—14,700

统一书号：15204·112 定价：0.65元

编 者 的 话

电镀工艺是利用电化学方法给金属及非金属制品表面覆盖一层具有防腐和装饰作用的金属的加工技术。它在我国起源较晚,但发展迅速,应用范围越来越广泛。它已深入到国防军工、经济建设和人们的日常生活的各个方面,可以说几乎每个人都要使用电镀产品。电镀产品质量如何?这是人们极为关心的问题。在某种情况下,电镀质量的优劣可决定产品的前途。

因此,目前许多厂家都十分重视电镀工人的技术培训。为了满足广大电镀工人学习技术的需要,编者根据有关实用资料和四十年来从事电镀工作的体会,编写了这本《实用电镀工艺》。本书材料经过去粗取精的筛选过程,力求深入浅出、简明扼要,使之既适合于初学者自学,又适合于已经从事电镀工作的同志参考。

本书在编写过程中得到了上海自行车三厂领导的支持和同事们的配合,湘江机器厂金宝芝、张向宇二位工程师对书稿进行了仔细地审阅和修改。在此表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,错误之处,在所难免,恳请读者批评指正。

编 者 1983年5月于上海

目 录

第一章 镀前处理	(1)
第一节 研磨.....	(2)
第二节 抛光.....	(6)
第三节 除油.....	(9)
第四节 浸蚀.....	(24)
第二章 镀铜	(27)
第一节 概述.....	(27)
第二节 氰化镀铜.....	(29)
第三节 焦磷酸盐镀铜.....	(33)
第四节 酸性光亮镀铜.....	(43)
第三章 镀镍	(52)
第一节 概述.....	(52)
第二节 普通镀镍.....	(55)
第三节 光亮镀镍.....	(62)
第四节 镀液管理及常见故障.....	(70)
第四章 镀铬	(74)
第一节 概述.....	(74)
第二节 电极反应与电极.....	(76)
第三节 防护—装饰性镀铬.....	(79)
第四节 镀液成分和各种因素的影响.....	(81)
第五节 镀铬层质量控制及常见故障.....	(87)
第五章 镀锌	(91)
第一节 概述.....	(91)

第二节	氰化镀锌	(92)
第三节	氯化铵—氨三乙酸镀锌	(96)
第四节	锌酸盐镀锌	(104)
第五节	无铵光亮氯化物镀锌	(108)
第六节	镀锌层的钝化和漂白处理	(110)
第六章	合金电镀	(116)
第一节	概述	(116)
第二节	氰化镀铜锡合金的特性	(118)
第三节	焦磷酸盐镀铜锡合金	(121)
第四节	镀铜锌合金	(129)
第七章	几种典型的电镀工艺流程	(134)
第一节	概述	(134)
第二节	自动线电镀工艺流程	(135)
第八章	电镀挂具	(144)
第一节	挂具形式和结构	(144)
第二节	挂具材料的选用和截面计算	(150)
第三节	挂具使用要求	(153)
第四节	挂具绝缘	(156)
第九章	常用化学知识	(161)
第一节	化学反应方程式	(161)
第二节	其它计算	(168)
第十章	电镀槽液的质量控制	(169)
附录一	铜锡合金板的铸造	(173)
附录二	抛磨材料的规格	(173)
附录三	常用电镀药品的规格与产地	(174)

第一章 镀前处理

多年来的实践证明，电镀生产过程中影响质量的因素，不全出于电镀工艺本身，而往往是由于电镀前处理不当或欠佳而引起的各种质量问题。如镀层的结合力、整平性和抗腐蚀能力差等等。

为了保证镀层有平整而光滑的外观，有良好的抗蚀能力，以及与基体金属牢固地结合，在镀前必须认真对待镀的金属制品进行预处理，要求尽可能地把制品表面磨抛整平，消除制品表面上的严重划痕、麻点和毛刺，除去油污、锈蚀和氧化皮等。通常镀前预处理的方法有如下两种：

①机械处理，主要用于整平制品表面，清除一些明显缺陷（如严重划痕及粗糙不平的麻点毛刺等）和锈蚀。处理方法有：磨光、抛光、滚光、喷砂等。

②化学处理，主要用于清除制品表面上的油污、锈蚀和氧化皮等。常用的方法有：有机溶剂除油、无机碱液中除油以及在适当的酸性溶液中进行强浸蚀或弱浸蚀（即酸洗）等。

镀前，预处理方式的选择、化学与电化学处理的配方与工艺条件以及处理工序安排都将直接影响镀层质量的好坏。因此必须注意如下事项：

①了解金属制品的材料组成，针对不同性质的金属采取不同的方法处理其表面缺陷。

②确定产品表面存在的油脂种类或氧化物，制订出除油的

方案。

③分析产品表面附着物(即油污、氧化皮)及缺陷的程度,提出清理表面的工序要求。

④根据金属的特性和表面存在缺陷的程度来选用合理的工艺配方和清洗方法。

⑤在选用化学清洗剂的同时,必须考虑本单位的污水处理条件。

⑥镀前处理的水源质量要符合要求。

电镀前处理的方法有:毛坯待镀件的强浸蚀(即酸洗)、研磨、化学除油、电解除油、弱浸蚀(即浸酸活化)、浸氰活化、小零件滚桶除油、除锈等步骤。

第一节 研 磨

一、镀前抛磨的目的

人们对于日常使用的汽车、自行车、缝纫机、家用电器等零件的要求是:既要防腐蚀,更需要装饰上的美观。为了保证电镀后具有较高平整度和光洁度,必须在电镀前将待镀件进行研磨,去掉表面的各种宏观缺陷、划痕、毛刺、氧化皮、锈斑、麻点、砂眼、模子印、焊轮印、拉丝痕等,以提高电镀质量,从而达到防腐、装饰的目的。

二、毛坯件的强浸蚀(即酸洗)

研磨前毛坯件的酸洗工序主要是除去产品表面的氧化皮、锈斑、焊接硼砂等及其它不良表面物质,如:硬化表面、脱碳层、疏松层等以及粗化零件表面。但是在酸洗中要注意硫酸、盐酸的浓度和比例及其酸洗温度和时间。如果温度过高,时间过长,那么产品势必会引起过腐蚀,反而会产生麻点、微孔,引起基

体氢脆，不能达到酸洗的目的。因此，一定要根据产品的具体情况适当掌握。

硫酸

在室温下，硫酸浓溶液对金属氧化物的溶解能力较弱。40%以上的硫酸溶液对氧化铁的溶解能力显著降低，60%以上的硫酸几乎不溶解氧化铁。因此，硫酸酸洗液的浓度一般控制在100~150克/升，加温到50~60℃左右，热硫酸对钢铁基体浸蚀能力较强，对氧化皮有较大的剥落作用，但温度不能过高。否则会引起基体氢脆。但在浸蚀过程中，被积累的铁盐会降低硫酸溶液的浸蚀能力。钢铁是易氧化腐蚀的金属，常见有氧化亚铁(FeO)，灰色，三氧化二铁(Fe₂O₃)，赤色。它们都能溶于酸，所以酸溶液里会有大量铁盐积累。要定期调换新溶液，否则酸洗效率会减低，酸洗质量下降。因此，硫酸溶液中的铁含量，一般不应大于60克/升。

盐酸

盐酸在常温下对金属氧化物有较强的浸蚀能力，但对钢铁等基体金属的溶解却比较缓慢，因此盐酸浸蚀时不易发生过腐蚀。盐酸的去锈力随着浓度的提高而提高，但浓盐酸挥发性较强(尤其是加温时)，容易腐蚀设备，并污染环境。因此盐酸的浓度一般不超过350克/升，并且多数是在常温下进行操作。

硝酸

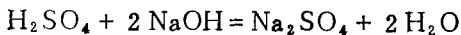
硝酸是一种氧化性的强酸，铜和铜合金在硝酸及其它混合酸中可以进行光泽酸洗。低碳钢零件在30%的硝酸溶液中酸洗后，表面洁净、均匀。中高碳钢和低合金钢零件，在此溶液中酸洗后，表面残渣较多，需在碱液中进行阳极处理。不锈钢和耐热钢在硝酸中易钝化，必须加入盐酸和氢氟酸后，才能腐蚀这些金属。

三、缓蚀剂的作用

酸洗液中加入缓蚀剂，可以减少基体金属的溶解，防止基体金属产生氢脆，并且也能减少原材料的消耗。缓蚀剂能吸附在裸露金属的活性表面上，提高了析氢超电压，从而减缓金属腐蚀，能防止过腐蚀现象发生。缓蚀剂一般不被金属的氧化物所吸附，因此不影响氧化物的溶解。常用的缓蚀剂有：皂荚粉、二磷甲苯、硫脲、尿素、六次甲基四胺，以及氯化亚锡等等。

四、酸碱中和原理和要求

凡经酸洗后产生的微孔、坑凹、深管子处等必然有残留的酸洗液存在，因此一定要严格地用清水洗净残留的酸洗液，并在氢氧化钠、碳酸钠、磷酸三钠等碱性溶液中进行中和。以硫酸酸洗液采用氢氧化钠中和为例，其反应如下：



反应后产生盐和水。这样除去了残留的酸洗液。在酸碱中和后先用冷流水冲洗干净，而后用热水烫干，以便使零件不再氧化生锈和产生麻点。

五、研磨与光洁度

表面氧化皮锈斑较为严重的凹凸不平的零件，先用80°—100°—120°—140°粗砂轮进行初步打磨，而后进一步用细砂轮磨光，最后用160°—180°—200°—220°—240°砂粉加黄油进行磨光。凡经上述研磨后的零件表面光洁度应在▽9~▽10左右，再经电镀之后就可达到▽10~▽12级水平，这样才能符合轻工业部的部颁标准要求。毛坯的研磨质量的优劣对电镀后的防腐、装饰、使用寿命等都有密切关系。

六、研磨工具的使用及维护

1. 砂轮的保养方法

砂轮的好坏对抛磨零件的光洁度有直接的影响。抛磨工应熟知本工序的工艺要求，熟知抛光砂粉和砂轮的规格。砂轮应由使用的人自己保管，不能混合使用。否则，容易造成砂轮变形损坏，结果也导致抛磨质量的下降。砂轮使用后，应把硬块砂疤刮清，然后再滚上砂粉，砂轮使用一段时间，必须重新刮修整。同时对抛磨机床也要正确调整，否则由于抛磨机床跳动，会造成砂轮左右摆动，直接影响抛磨质量。所以，一个熟练的抛磨工人既要能正确地校正、使用，抛光机床，也要会刮修砂轮。

2. 滚砂轮的注意事项

滚砂轮时，首先要识别砂粉的型号，正确判别砂粉的粗细，同时必须严格按规格分档，不能混淆。还要注意粗砂不能落入细砂盘内，砂盘上要写好标记，切勿弄错。

3. 牛皮胶的溶解和使用

表1-1 牛皮胶的配方

含量% (重量) 成分	砂粒 度	80~100	120~160	180~280
	胶		35~33	33~30
水		65~67	67~70	70~69

牛皮胶、骨胶常常用来作为滚砂轮的粘结剂。它的外观色泽从金黄色至暗褐色的都有，有半透明的也有不透明的，形状有块状、粒状与粉状的。在用热水溶解前必须先室温下用少

量水浸泡 6~12 小时使其膨胀，且放在有隔套的水桶内蒸溶，然后按配方加入余下的水，于 60~70℃ 的温度下不断搅拌溶液直至完全溶解。不允许在炉子上直接加热来溶解牛皮胶，否则容易烧焦，影响配制牛皮胶粘结剂的质量。根据不同的砂粒度配制牛皮胶溶液的配方见表 1-1。

胶水配好后，采用粘胶机或用手涂刷胶液，压实后，再滚上砂粉。在滚上砂时不能吹冷风，否则会使胶液迅速变成凝固块，影响使用质量。

4. 砂轮的烘干及堆放

砂轮的烘干在烘房或烘箱里进行，其烘烤温度控制在 30~40℃ 为宜，烘烤 8~16 小时后才能使用。温度太低会使胶液冻结，不易干燥；温度太高，也会使滚上的砂粉胶液迅速溶化，一旦取出烘房遇到冷风就变硬，影响使用寿命和抛磨质量。

滚好砂的砂轮必须堆放在干燥平整的地方，不能淋水受潮，因为砂轮是由棉布、皮革等制成，一旦受潮，就会变形翘裂，影响性能。

第二节 抛 光

一、基本原理

当抛光轮高速旋转时，零件与布轮摩擦产生高温，使金属的塑性提高，而且在抛光力的作用下，金属表面产生塑性变形，凸起的部分被压平并流动，凹下的部分被填平，从而使细微不平的表面进一步得到改善。同时，在抛光过程中，金属往往与周围空气发生氧化反应，在其表面生成一层很薄的氧化膜。因此，抛光金属表面时实质上被抛下来的是金属的氧化膜层，这层膜层被抛去后，新的金属表面又迅速氧化，然后又被抛去，

这样反复进行抛光，最终就可获得光泽、平整的抛光表面。

二、铜镀层的抛光

1. 铜镀层抛光多用于抛光后镀铬。该工艺比较普遍，也是行之有效的成熟工艺。在生产中会经常碰到一些问题，如铜镀层表面粗糙且有毛刺，或由于电镀后存放时间太久而使表面产生一层碱式碳酸铜（铜绿）。若由于铜层表面产生的铜绿，会使抛光布轮有粘结的现象，则不仅操作劳累，而且会拉粘白抛光膏（白油），稍不小心就会把镀层局部抛掉以至露底，光亮度也不均匀。若白抛光膏灰（白油灰）粘附在镀件上，不仅会使镀铬层发黄；而且会使铜镍铬镀层脱壳、起泡、产生花斑。所以必须除净油灰后才电镀。

2. 对于产生较厚氧化膜的铜镀层零件，若不易抛光，可以放在原镀液或者回收铬酸中浸蚀 2~4 分钟（活化表面），经冷水和热水冲洗，干燥后再抛光。这样处理后，白油灰也就不易粘附。要使铜镀层易于抛光，最好镀后立即抛光。或者存放时间尽可能短，否则会产生氧化膜而影响抛光。

3. 抹白抛光膏要贯彻“勤抹少粘”的原则。如果用力过重，势必把白油膏粘得太多，这样不仅浪费白油，而且会使白油灰粘附在镀件上影响产品质量。在一般情况下，凡经白油抛光过的镀件应用去污粉除油，且浸于稀硫酸中，再清洗，然后镀铬。当然，在镀件经白油抛光后也可以用阳极电解除油。用磷酸三钠 10~15 克/升，海鸥洗涤剂 1~2 毫升/升，小电流电解 30~40 秒左右，再用清水洗涤后浸酸、镀铬（或者电镀其它镀层）。凡抛光后的产品，均须除油处理，才可电镀。

三、镍镀层的抛光

目前，大多是以光亮镀镍层取代普通镍镀层，因此，镍镀层抛光的产品就较少了。凡是需要抛光的镍镀层，必须注意如

下几点：

1. 手工抛光工序用力轻重必须视产品的几何形状而定，平面可用力重些；对于弯凹处和斜角处用力要轻些；否则容易掉镀层致使局部露底而影响质量。

2. 镀层必须均匀抛光，不能抛到底镀层，并且要注意不使白油膏粘附在镀件上。凡经白油抛光过的产品，要经去污粉除油才能镀铬，否则会使铬层发花，发雾。

3. 抛光轮的规格视被抛件的几何形状、尺寸大小进行选用。如果形状简单，尺寸较大，可以使用较厚一些的上浆布；形状较复杂的零件就要选用软质的无浆抛布，或者是无纺布（纸制品）。直径也不宜过大，否则会把镀层抛掉而露底，并且易出工伤事故。

四、铬镀层抛光

1. 不管是一步法电镀还是分步法电镀，铬镀层都应该给予抛光。经过抛光，铬镀层不仅色泽均匀，表面美观，而且光洁度、光亮度都有提高。铬层上有烧黑、白雾、水渍等各种缺陷，经抛光后都能除掉。

2. 铬层抛光，重要的是使镀层提高抗蚀性和抗裂性，延长使用寿命。铬层必须抛得均匀，不能因为镀件上没有烧黑、白雾等疵病就马马虎虎，流于形式。一定要认真按工艺要求进行操作。

3. 铬层抛光，一般使用白、绿两种抛光膏，无烧黑、白雾的镀层可使用白油加少量绿油；有烧黑的铬层要多抹绿油，因为绿油含有三氧化二铬、硬脂酸等成分，硬度较高。对毛刺、铬雾、烧黑等疵病用绿油经机械抛光后可以基本上去除掉。无论使用白油还是绿油都必须贯彻勤抹少粘的操作原则，不能时抹时不抹，一抹一大堆，以免影响质量。

4. 凡需抛光的产品在操作过程中必须轻拿轻放，切勿使之

碰伤擦毛而报废。在存放搬运时亦须十分小心，以免把电镀层碰伤擦毛而造成废品或次品。

第三节 除 油

在镀前，电镀零件表面粘附油污是不可避免的。因为产品在机械加工过程中必然要使用润滑油；材料或半成品在加工工序间或库存期间都要喷涂防锈油，有许多电镀产品在电镀前要经过研磨或抛光，在磨抛过程中必然要沾染矿物油或动、植物油脂（如黄油、白油、绿油和红油等）。此外，操作人员手上的分泌物也含有油脂，凡是被人手触摸过的金属表面也将被手上的油脂沾污。在待镀零件上，无论沾污了哪种油脂污迹都必须在电镀前清除干净，方可进入镀槽。否则，就会造成电镀零件的镀层起泡、脱皮、疏松、花斑以及局部无镀层等等疵病。所以，除油这道工序虽然不太复杂，然而却非常重要，切勿忽视。

常用的除油方法有有机溶剂除油、化学除油、电解除油、手工除油、机械除油等。方法较多，但必须根据电镀零件粘附的油污多少、油污种类，产品的几何形状、质量要求等，以及各单位的具体条件来选择有效的方法。

电镀产品遇到的油脂种类，按其化学性质可以分为皂化油和非皂化油两大类。所有的动物油和植物油主要由高级脂肪酸的甘油酯组成。由于这些油与碱作用后生成肥皂，故称其为皂化油。而矿物油主要为各种高级脂肪烃类混合物，如凡士林、石蜡、矿物防锈脂与防锈油以及矿物润滑油等，由于它们与碱不起作用，故称为非皂化油。

本节将着重讨论轻工与民用产品常用的化学除油。

一、有机溶剂除油

有机溶剂除油的特点是除油速度比较快，而且对金属无腐蚀（个别情况除外）。但要彻底清除油污，在通常情况下却是不理想的。因为有机溶剂挥发以后，在零件表面上势必会有高沸点的遗留残油。所以，凡是用有机溶剂除油之后的电镀零件，必须再进一步采用化学除油或电化学除油，以便彻底清除残留在零件表面上的少量油脂。由于有机溶剂多为脂肪烃、芳香烃及氯代烃化合物，而这类化合物通常是易燃或有毒的，因此，使用时应采取适当的安全防护措施。与碱液除油相比它的价格也较贵。常用的有机溶剂有三氯乙烯、三氯乙烷、四氯化碳、苯、甲苯、丙酮、丁酮、溶剂汽油、煤油、酒精等。

表1 2 常用有机溶剂的性质

名称	分子式	比重 20℃/4℃	沸点 ℃	闪点 ℃	在水中 溶解性 20℃% (重量)	蒸气压 20℃ (毫米 汞柱)
乙醇	CH ₃ CH ₂ OH	0.789	78.32	14.0	完全溶解	43.9
丙酮	CH ₃ COCH ₃	0.7906	56.24	-17	完全溶解	184
丁酮	CH ₃ COCH ₂ CH ₃	0.8047	79.75	-5.5	26.8	71.7
苯	C ₆ H ₆	0.8791	80.1	8	0.1	74.7
甲苯	C ₆ H ₅ CH ₃	0.8668	110.7	7	0.1	22.2
三氯乙烯	CHCl=CCl ₂	1.4649	86.95	不燃	0.032	58
四氯化碳	CCl ₄	1.595	76.8	不燃	微溶	
洗涤汽油	C ₄ ~C ₁₂ 饱和烃					

溶剂除油，除采用专用洗涤槽洗涤之外，一般小厂多采用棉纱沾有机溶剂对零件擦拭的手工操作。在现代大工业生产中

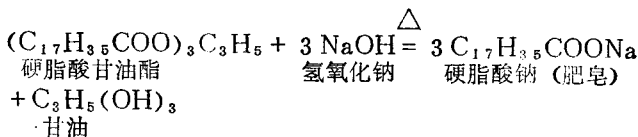
也有采用三氯乙烯蒸气除油，这种方法除油质量好，但要专用的三氯乙烯蒸气清洗槽，溶剂可以循环使用。采用氯代烃（三氯乙烯、四氯化碳等）除油，由于这些溶剂有强烈的麻醉作用，遇水会产生盐酸、甚至会产生剧毒的光气，因此使用时必须注意。对钛合金等严禁采用氯代烃除油。在表 1—2 中列出了常用有机溶剂的性质。

二、化学除油

目前，大多数厂家在镀前使用碱液进行化学除油和电解除油。生产实践证明，这种除油方法无毒、不易燃烧、生产设备简单而又经济实用。它适用于工业化大批量产品的除油。

1. 化学除油的原理

油污中的动、植物油的除去是靠皂化反应进行的。所谓“皂化”，也就是动、植物油的主要成分脂肪酸甘油酯和除油液中的碱起化学反应生成肥皂的过程。以硬脂酸甘油酯为例，它与碱的皂化反应式如下：



所生成的肥皂和甘油都易溶于水的，所以动、植物油脂可很快除去。

矿物油与碱不发生上述反应，只是在加入乳化剂的热碱溶液中才形成乳浊液，从而能从金属表面将油除去。乳化作用是矿物油（非皂化油）在碱性溶液中进行乳化的过程。乳化是使镀件表面上的油膜变成很多小油珠，分散在碱溶液中形成二种互不溶解的液体混合物的过程。人们常把促进乳化的物质称为