

高职高专电子制造类专业规划教材
英特尔公司推荐教材
江苏省高等学校立项精品教材

表面处理技术教程

陆 群 主编

 高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



高职高专电子制造类专业规划教材
英特尔公司推荐教材
江苏省高等学校立项精品教材

表面处理技术教程

Biaomian Chuli Jishu Jiaocheng

陆 群 主编

郭 萍 高 云 副主编

孙凤梅 张彦娜 陈和祥 武瑞璜 参编



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书选择了表面处理的各项技术中较有代表性的典型技术作为教材的主要内容,介绍各类表面处理技术,包括镀前处理、化学镀、电镀(单金属、合金)、特种电镀及转化膜等,讲述了通俗易懂的基础理论,同时还配有大量插图,把微观的现象形象化,便于理解学习,力求使学习者能深入浅出地掌握相关技术。

本书可作为高等职业院校、高等专科学校、成人高校、民办高校及本科院校举办的二级职业技术学院表面处理技术、电化学应用及相关专业的教学用书,也可作为社会从业人员的业务参考书及培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

表面处理技术教程/陆群主编. —北京:高等教育出版社, 2011. 1

ISBN 978-7-04-031370-3

I. ①表… II. ①陆… III. ①金属表面处理-高等学校: 技术学校-教材 IV. ①TG17

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 002085 号

策划编辑	牛旭东	责任编辑	田琳	封面设计	张志	版式设计	余杨
责任校对	刘莉	责任印制	朱学忠				

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120

购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 山东省高唐印刷有限责任公司

网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787×1092 1/16
印 张 18
字 数 440 000

版 次 2011 年 1 月第 1 版
印 次 2011 年 1 月第 1 次印刷
定 价 28.30 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 31370-00

序 言

短短的 20 年,消费类电子产品就发展成为继衣食住行后人们生活的必需品。中国在改革开放时恰逢世界电子产品普及的前夜,赶上了电子制造业飞速发展的步伐,一跃成为世界最大的电子产品制造国,电子工业也成为了世界第一大工业。

我国对电子制造工程(包括集成电路设计与制造、电子与光电子封装)方面各层次的人才需求非常旺盛,从低级(技工)到高级(博士)各层次的人才需求量都非常大。反观我们的中等和高等教育,没有形成培养适应电子工业发展的电子制造工程类专门人才的培养体系,造成了该领域人才奇缺的局面。目前电子制造业招募的大量工程技术人员都是来自材料、机械、物理、自动化等专业的人员,用人单位需要花大力气对其进行进一步培训(养)。

将电子制造与机械制造相类比:涉及机械制造的专业有很多,如机械、铸、锻、焊、热处理、机电一体化、工程机械、冶金机械、模具技术、工业设计等;而真正涉及电子制造专业的却没有一个,如果有的话,可能就是微电子专业了。电子制造对人才的需求与机械制造领域培养学生的相对过剩已经形成了非常鲜明的对比。

在欧美国家和日本,大量的机械、电子、物理、冶金、材料等人员均转向电子制造领域。在人才培养上,各专业已经在专业设置上开设了多门电子制造工程方面的专门课程,也形成了很多有影响的教材。现在的中国已经成为世界电子产品制造的基地,但现状是国外研发、中国制造,人才的需求自然具有中国的特色。我们在人才的培养上欠账太多,必须立即起步,大量培养电子制造领域的专科应用型人才和本科及更高层次的研发人才,才能有大量的属于中国的原创电子产品和先进的电子封装形式,真正将这一领域的发展掌握在中国人的手里。

近年来,无论是中央还是地方各级政府,都将加速微电子、光电子、平板显示、光伏太阳能、半导体照明等电子制造业的发展列为发展经济的一项重要工作。新型的电子制造行业不断出现,更加剧了对高素质技能型专门人才的旺盛需求。迫切要求开设光电子技术、平板显示技术、光伏太阳能、汽车电子等新专业,构建电子制造工程专业群,但这些新专业又很难找到合适的教材,严重制约了专业的发展和人才培养质量的提高。

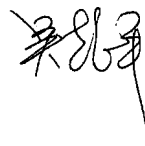
为此,2009 年 11 月,高等教育出版社联合英特尔(中国)有限公司在南京召开了“高职高专电子制造工程专业教学研讨与教材组稿会”。此次会上组建了高职高专电子制造类专业规划教材编写组,确定了近 20 本教材,基本涵盖电子制造工程专业群各专业的教材需求。在英特尔公司的大力支持和国内多所业内知名的高职高专院校通力合作下,在各位作者的辛勤努力下,高职高专电子制造类专业规划教材即将由高等教育出版社出版。这是我国高职高专电子制造工程专业群教育史上的一个划时代的事件,标志着我们构建了一个面向电子制造工业的全新和完整的高职高专电子制造工程人才培养体系。

随着电子制造工程专业群各专业选用本丛书系列教材，定会为我国乃至世界的电子制造业培养大量优秀的高素质技能型专门人才。这套教材丛书的出版也能够为正在从事电子制造领域的科技工作者以及工业界的朋友提供一个系列参考书。

华中科技大学教授 博士生导师

武汉光电国家实验室教授

北京理工大学兼职教授



2010年8月27日

前 言

表面处理技术是一门理论与实践紧密结合的学科。本书为江苏省2010年的精品立项教材,本书的撰写立足信息产业类制造业,兼向其他行业辐射,注重实用性。立足高职高专院校学生学习和就业需要、兼顾企业培训和个人自学需求。在内容处理上,理论知识深入浅出,易于理解;工艺配方翔实具体,紧跟前沿;案例操作实用,易于掌握,使本书内容体系较为完整,能很好地满足不同类型人才的需求。学习和运用本书的理论知识能更好地指导实践;实践后再学习本书的理论内容,则理论与实践前后印证,在进一步的实践中能更好地运用所学知识,指导解决实践过程中的问题和优化操作。

进入21世纪以来,表面处理技术所涉及的领域越来越广,尤其在机械制造、电子信息、交通运输、仪器仪表、航空国防等领域,应用日益增加,因此,各行业对专业技能人才的需求也在不断增长。

表面处理技术的应用领域较为广泛,包括提高产品的使用性能,节约材料,延长寿命,美化产品等。目前有关表面处理技术的大部分工艺和理论均比较成熟,但许多关于表面处理技术的书籍都不适宜作高职高专类教材,特别是信息产业类专业。为了更好地服务于学生、服务于专业、服务于社会,紧跟生产的前沿技术,我们经过多年的实践,长期积累了表面处理的相关技术,贴近专业和就业需求,着重收集最新工艺、新技术,结合校企合作项目来编写本书,内容体系成熟稳定,理论知识浅显易懂。本书分八章,主要内容包括基体材料的前处理、化学镀、单金属电镀、合金电镀、特种电镀、腐蚀与防腐、转化膜和表面处理工艺的辅助技术,并附相关案例。经过校内的教学实践表明,本书的内容程度适合高职高专院校教学、公司员工培训、个人自学等,可作为其他院校相关专业选作教材。

本书各章内容完整、翔实,自成体系,可作单独教学、自学、培训之用。八章内容之间又相互联系、前后呼应。各学校可根据需要灵活选用。在教学中,可根据教学对象的岗位能力和职业能力的要求,选取课程内容,构建教学的课程体系,从而将学习内容分解,在每一个内容中都有学习目标。每章内容可独立授课,对应企业的一个或一类具体的岗位;当把所需学章节串联后,就可组合成生产相关的工艺流程。在教学中建议采用多种教学形式,将多媒体课件、教学录像、3D动画引入到教学中,配合现场教学、技能训练等,加深学生对内容的理解。

本书主编为陆群(南京信息职业技术学院),副主编郭萍(南京信息职业技术学院)、高云(瀚宇博德(江阴)科技有限公司)。主编陆群确定了全书编写框架、写作思路及内容层次安排,第1、5、6章由郭萍、武瑞璜编写,第2章由孙凤梅编写,第3、4章由张彦娜编写,第7、8章由陈和祥编写。全书由陆群统稿,由南京工业大学潘志华教授审稿,本书在编写过程中得到了南京信息职业技术学院微电子学院的金鸿院长、陈森副院长的大力协助,同时还得到南京依利安达电子有限公司、瀚宇博德(江阴)科技有限公司、先丰光电等企业的关心与帮助,在此表示衷心的感谢。

因为表面处理技术涉及的学科较为广泛，技术更新速度较快，编著者多为中青年教师，尽管我们竭尽所能，但水平有限，书中难免存在不妥或错误之处，敬请读者提出宝贵意见。

编者

2010年9月

目 录

绪论	1	4.4 仿金电镀	166
第1章 基体材料的前处理	4	案例六 电镀镍铁合金	172
1.1 概述	4	第5章 特种电镀	175
1.2 除油	8	5.1 概述	175
1.3 电化学抛光和化学抛光	17	5.2 脉冲电镀	175
案例一 镀前表面联合除油除锈	20	5.3 电刷镀	180
第2章 化学镀	26	5.4 电泳涂装	184
2.1 概述	26	5.5 双极性电镀	187
2.2 化学镀铜	27	5.6 其他特种电镀	190
2.3 化学镀镍	41	案例七 树叶电镀	194
2.4 化学镀其他金属	49	第6章 腐蚀与防腐	198
案例二 EDTA 化学镀铜	55	6.1 概述	198
案例三 酸性次磷酸盐化学镀镍	57	6.2 印制电路技术中的蚀刻	200
第3章 单金属电镀	60	6.3 铜及铜合金的腐蚀	216
3.1 概述	60	6.4 钢铁的腐蚀	219
3.2 电化学基础	65	6.5 玻璃及玻璃的腐蚀	221
3.3 金属电沉积基础	73	6.6 防腐	224
3.4 电镀铜	83	6.7 半导体制作过程中的蚀刻	227
3.5 电镀镍	99	案例八 印制电路板的蚀刻	230
3.6 镀锌	108	第7章 转化膜	233
3.7 镀锡	115	7.1 概述	233
3.8 镀铬	121	7.2 氧化膜	233
3.9 镀金	129	7.3 磷化膜	242
3.10 镀银	135	7.4 钝化膜	244
3.11 其他单金属电镀	142	7.5 着色膜	247
案例四 硫酸盐镀铜	143	案例九 钢铁的磷化	249
案例五 碱性镀锡	145	案例十 铜的着色	251
第4章 合金电镀	148	第8章 表面处理工艺的辅助技术	254
4.1 概述	148	8.1 镀液分析和工艺性能测试	254
4.2 电镀锡合金	153	8.2 镀层与膜层性能检验	263
4.3 电镀镍合金	160	参考文献	277

结 论

电镀、化学镀、腐蚀等技术是许多产品表面处理和表面装饰的重要技术，经过十几年的发展已形成了一个工业生产中不可或缺的行业。

一、表面处理的内涵

表面处理技术是跨学科、跨行业的新兴领域，包括表面物理、表面化学、有机化学、无机化学、电化学、冶金学和材料学等学科技术。表面处理不仅使产品质量和处理达到美观、新颖和耐用，而且对一些有特殊要求的工业产品还能起到修复或赋予耐蚀、导电、易焊、耐磨及耐高温等特殊功能的效果。主要有：

(1) 以廉价材料为基体，获得特殊的表面性能。对工件表面进行处理，使其获得特殊的功能，如防腐、耐磨、耐高温、抗氧化等。

(2) 以节能节材为目的，大大提高资源的利用率。经过表面处理的工件，能承受腐蚀与磨损，延长使用寿命，提高经济效益。

表面处理技术几乎涉及绝大部分的工业产品，例如，汽车、自行车、船舶、飞机、照相机、家用电器、建筑五金，甚至文教用品等，都需进行防护装饰性的表面处理，以提高产品的性能，节约材料，延长寿命，装饰产品。

二、表面处理的意义

表面处理中对工件进行电镀处理等，是以金属为基体材料的产品进行防腐蚀处理的重要手段。金属基材在各种环境中的腐蚀破坏是非常严重的，给现代工业带来了巨大损失。据统计，全世界有九分之一的钢铁产量因腐蚀而浪费。我国的金属材料的腐蚀破坏也是很严重的，尤其是化学工业、石油工业和沿海、湿热地区因腐蚀造成的损失更大。通过表面处理技术对金属基材进行防护起到了良好的作用。与此同时，在现代工业生产中，已不仅要求镀层有防护性，而且要有良好的装饰性，达到美化的目的，所以装饰性电镀在工业应用上也是一个重要的领域。此外，通过表面处理还可以获得各种功能性镀层，如电性能、磁性能、光学性能的镀层等，例如在半导体上镀金，可以获得很低的接触电阻；在电子元器件上镀锡合金，可以获得很好的焊接性能；在活套环及轴上镀硬铬可以获得很高的耐磨性。铝和铝合金的氧化、着色不仅用于打火机、口琴、金笔等小五金件上，而且现已发展到建筑用材上。高级宾馆的门框、窗框，售货台的框架、厨房用具等均大量采用铝氧化的零件。此外，在许多元器件的生产过程中也离不开表面处理技术，例如，几乎每一种电子产品都离不开的印制电路板，表面处理技术贯穿其生产全过程，通过不同的表面处理工艺达到对线路板的外观、可焊性、耐蚀性、耐磨性的要求。

表面处理技术既是工业上必不可少的工艺，又是满足人民生活需要，提高产品在国际市场

上的竞争能力所必不可缺的一门技术。表面处理工艺产生某些有害的废水、废气和废渣等, 严重危害人民的身体健康。因此, 在发展表面处理工艺的同时, 必须考虑污染的控制和治理的措施。

三、表面处理的分类

没有一种万能的材料可以适用于所有的产品, 也没有一种表面处理技术可以适应千差万别材料; 只有根据不同的用途采用相应的表面处理技术, 才能满足种类繁多的产品需求。

表面处理技术的种类繁多, 目前根据使用方法大致可分类为五大类 16 种工艺。

(一) 电化学方法

电化学方法的特点是利用电极反应, 在工件表面上形成镀覆层, 其中应用最广的工艺有:

(1) 电镀 当具有导电表面的制件与电解质溶液接触并作为阴极, 在外电流作用下, 在其表面上形成与基体牢固结合的镀覆层的过程称为电镀。镀覆层可以是金属、合金、半导体以及含有各类固体微粒的复合性镀层, 如镀铜、镀镍磷合金等。

(2) 阳极氧化 当具有导电表面的工件与电解质溶液接触, 并作为阳极, 在外电流作用下, 在工件表面形成与基体结合牢固的氧化膜层的过程称为阳极氧化, 如铝及铝合金的阳极氧化。

(二) 化学方法

化学方法的特点是在没有外电流通过的情况下, 利用化学物质的相互作用, 在工件表面形成镀覆层。常见的工艺有:

(1) 化学镀 当具有一定催化作用的工件表面与电解质溶液相接触, 在无外电流通过的情况下, 利用化学物质的还原作用, 将有关物质沉积于工件表面并形成与基体牢固的镀覆层的过程称为化学镀, 如化学镀镍、化学镀铜。

(2) 化学转化膜处理 当金属工件与电解质溶液相接触, 在无外电流通过的情况下, 利用电解质溶液中的化学物质与工件表面的相互作用, 在表面上形成与基体结合牢固的镀覆层的过程称为化学转化膜处理, 如锌的铬酸盐钝化, 钢铁的磷化、铝的氧化等。

(三) 热加工方法

热加工方法是利用高温条件下材料熔融或热扩散, 在制件表面形成镀覆层。常见的工艺方法有:

(1) 热浸镀 将金属工件浸入熔融金属中, 使其表面上形成与基体牢固结合的金属镀层的过程称为热浸镀, 如热浸锡铅等。

(2) 热喷镀 将熔融状态的金属雾化并连续喷射在工件的表面上, 形成与基体牢固结合的金属覆盖层的过程称为热喷镀, 如热喷锌等。

(3) 热烫印 将各类金属箔在加温加压下覆盖于工件表面的过程称为热烫印, 如烫印铝箔等。

(4) 化学热处理 将工件与化学物质相接触, 在高温下使有关元素进入工件表面层的过程称为化学热处理, 如渗碳、渗氮等。

(四) 高真空方法

高真空方法是利用材料在高真空下的气化中受激离子化而在工件表面形成镀覆层的过程。

常见的工艺有：

(1) 真空蒸发镀 在高真空容器中，将金属或非金属材料加热蒸发，并镀着在工件表面上，形成与基体牢固结合的金属或非金属覆盖层的过程称为真空蒸发镀，简称真空镀或蒸发镀，如真空蒸镀铝，真空镀金等。

(2) 溅射镀 在高真空容器中，在低气压下使离子在强电场作用下轰击膜料，使其表面原子逸出并沉积在工件表面上形成薄膜的过程称为溅射镀，如溅射硅、溅射银等。

(3) 离子镀 在高真空容器中，在低气压下利用蒸发源蒸发出的粒子，经过辉光放电区部分电离，通过扩散和电场作用，沉积于工件表面形成与基体牢固结合镀覆层的过程称为离子镀，如镀氮化钛等。

(4) 化学气相镀 在低压下，利用气态物质在固态表面上进行化学反应生成与基体结合良好的固体沉积层的过程称为化学气相镀(有时也在常压下进行)，如气相沉积氧化硅、氮化硅等。

(5) 离子注入 在高电压下，将不同离子注入工件表面以改变表面性质的过程称为离子注入，如注硼。

(五) 其他物理方法

其他的物理方法主要利用机械的或化学的方法将有关金属或非金属镀覆于工件表面。属于这一类的有：

(1) 冲击镀 利用机械冲击作用将有关金属镀覆于工件表面并形成与基体牢固结合的镀覆层的过程称为冲击镀，如冲击镀锌。

(2) 涂装 利用喷射、涂饰等方法，将涂料涂覆于工件表面并形成与基体牢固结合的涂覆层过程称为涂装，如涂漆等。

(3) 激光表面加工 利用激光对工件表面进行辐照，使工件表面结构改变的过程称为激光表面加工，如激光淬火等。

上述的分类只是相对的，因很多工艺往往兼具几种方法的特点。由于篇幅所限，本书在以后几章中重点介绍其中的常用技术。

表面处理技术的发展促进和推动传统产业技术进步，使传统的表面处理技术在工艺、设备、生产控制、产品检测以及环境保护等环节上都遇到了新的挑战。表面处理技术作为材料科学的前沿学科，是人类科学进步的里程碑。

第1章 基体材料的前处理

学习目标

- 理解表面处理与镀覆的意义、目的和作用；
- 了解不锈钢、铜和铜基合金、铝和铝合金等基体材料的前处理工艺流程；
- 掌握前处理原理，了解前处理案例；
- 通过学习，能基本掌握前处理的操作技能。

1.1 概述

一、前处理的原因及意义

无论是金属基体材料还是非金属基体材料，通常在对基体材料进行加工以前都要对其表面进行前处理，这个过程通常也称之为镀前处理、预处理。进行前处理在工业生产中意义重大，应用的行业、涉及的领域非常广泛。为什么要对基体材料进行前处理呢？下面从以下几个方面进行阐述。

（一）材料的加工和使用

基体材料的表面和内部物理、化学性质不同，影响材料的加工和使用。材料并非是无限连续的，它总是有尽头的，这个尽头即是材料的表面。在工件生产制造时，需要对金属基体材料或非金属基体材料进行加工切割，这样就存在材料的表面和内部两个部分。“表面”是指基体材料与各种外部介质如气体（空气、氨的分解气、煤油裂解气、吸热性气氛等）、液体（各种镀液、浸镀液等）、固体（各种固体渗剂，如渗碳剂、渗硼剂、渗铝剂等）相接触的界面。基体材料的表面与内部在物理和化学性质上存在很大差异，特别是金属基体材料，处于界面上的原子不可能像内部原子那样规则排列，其原子周期性的排列被中断，就可能出现各种各样的缺陷，如：晶界露头、位错露头、台阶、弯折、空位等；还可能造成金属基体材料表面与内部在组分上的区别，使某些合金元素在表面上富集起来。

为什么某些合金元素会在表面上富集呢？这是因为，处于界面上的原子除受到来自基体材料内部原子的作用力外，还受到外部介质分子（或原子）的作用力，其受到的作用力是不平衡的，这使得表面原子偏离正常的平衡位置，从而牵动临近的几层原子，造成表层产生畸变。表面的各种缺陷更加重了这种畸变，这样就使表层原子的能量比内部原子要高很多，将它们增加的能量叠加起来，平均在单位面积上的超额能量称为比表面能，简称为表面能，也可以用表面张力来表示（单位为 $\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$ ）。比较大的表面能有剩余吸引力，导致这样一种趋势：通过原子

迁移或吸附外来物质以调整结构；在基体材料表面形成合金并富集起来；向低能态演变。这一现象以晶态物质、表面有众多微孔和巨大表面积以及活性大的物质更为突出。

这种表面缺陷及合金元素的富集使得基体材料表面和内部的物理及化学性质极不相同，而这种物理和化学性质的不同对基体材料后续的加工和使用有极大的影响。而且，工件表面缺陷的存在会降低镀层金属与基体金属间的结合力，甚至使工件局部或整个表面不能获得镀层，即使勉强获得镀层，也容易产生疏松、发花、起泡、蜕皮、不连续等瑕疵。基体材料的使用需要消除这些影响，因而要对基体材料表面进行前处理。

（二）基体材料性质及其与镀层的结合力

基体材料在加工后其表面瞬间就被外界气体等物质所污染，如被几十至几百个原子厚度的氧化膜、水蒸气、油、腐蚀生成物等所覆盖，这样就使工件表面呈现介电、疏松、钝态、电阻大等不良状况，从而改变了基体材料原有的特性。而基体材料在使用过程中需要保持材料的原有特性，这就需要影响基体材料性质的氧化膜等除去。另外，工件上的氧化膜、水蒸气、油、腐蚀生成物等在一系列操作中会污染各道工序的工作液，增加工作液中的有害杂质，从而引起工作液不能正常工作甚至报废，造成不必要的损失。表面前处理的常用设备如图 1-1 所示。

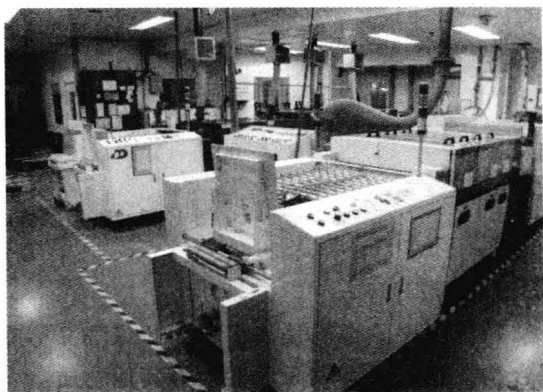


图 1-1 表面前处理设备

前处理就是恢复基体材料表面状态的过
程，对基体材料表面进行前处理，使表面尽快恢复洁净的活性状态，形成活性中心。因此前处理技术在表面处理与镀覆的技术中是一个至关重要的环节。

重点提示：

基体材料在加工后表面和内部会存在性质差异，这些差异可能是基体材料本身发生变化或缺陷造成的，也有可能是表面覆盖了其他物质造成的，这都会使基体材料在后续加工和使用过程中产生许多障碍，需要采用一定方式将基体材料表面进行处理，还原基体材料本来的性质，从而更好地发挥基体材料的性能。

二、基体材料前处理方式

工件经机械处理后，基体材料表面因为毛刺、油污或氧化膜等物质的存在，一般需要进行前处理。前处理方式有水洗、去毛刺、碱洗（去油污）、酸洗（去氧化膜等）、微蚀等，基体材料根据需要进行一定的表面前处理后，才能进行化学镀、电镀等表面处理与镀覆的操作。

（一）前处理方式

1. 水洗

前处理方式中有一道简单常用却很重要的工序，即水洗。水洗工序的具体方式有清水洗、逆流水洗（也称溢流水洗）、加压水洗等。其操作方式有喷淋式和槽式。

2. 去毛刺

去毛刺是用去毛刺机对所要加工的基体材料进行粗加工，可以去除毛刺及基体材料表面一定的氧化物和油污，去毛刺机在使用时需结合水洗进行，去毛刺机内部刷轮和传动的运动方式如图 1-2 所示。

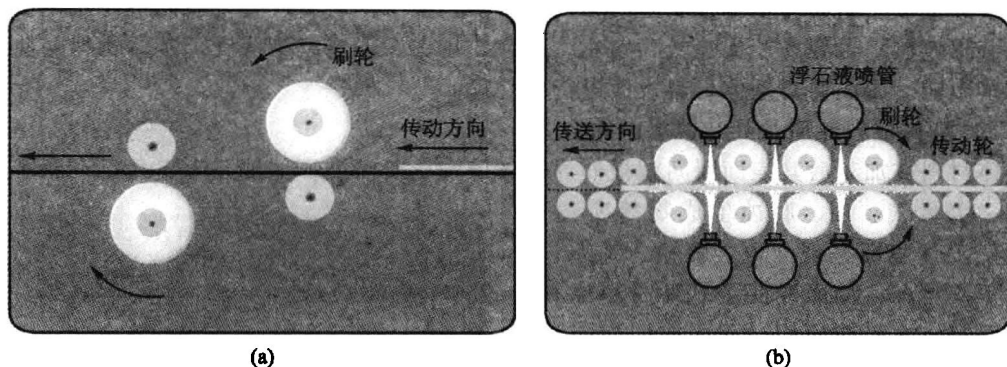


图 1-2 去毛刺机内部刷轮和传动运动方式

(a) 刷轮；(b) 传动

3. 碱洗

碱洗工序除去的是油污，因此碱洗又称除油或脱脂，其溶液成分可以是单种碱或多种碱的混合物，也可掺有表面活性剂等其他物质。

4. 酸洗

酸洗也称抛光、浸蚀，常用抛光，抛光工序通常是除去氧化膜和其他腐蚀生成物。酸洗溶液的选择，通常是根据下一个流程所用的溶液来选定相应酸的种类，目的是尽量不把新的杂质带入到下一个流程的溶液中去。

5. 微蚀

微蚀全称为微观腐蚀，也称粗化。微蚀工序主要是使基体材料的表面形成微观粗糙的状态，以增加基体材料和后续镀层的结合力。前处理对板面进行粗化的主要制程在微蚀段，其原理是使用一些具有氧化性的物质对基体材料（如铜）表面进行咬蚀，经过一次前处理的微蚀深度约为 $10 \sim 30 \mu\text{m}$ ，粗化后的铜表面如图 1-3 所示。

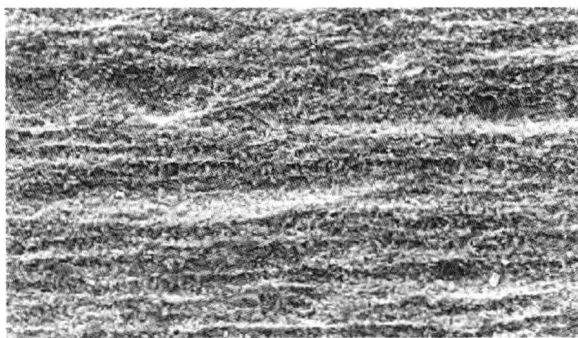


图 1-3 粗化后的铜表面

(二) 前处理分类

基体材料有金属材料和非金属材料之分,常用的金属基体材料有钢铁、铜及铜合金、铝及铝合金、镁及镁合金、钛及钛合金基体材料等。常用的非金属基体材料有树脂、塑料、玻璃、石膏、陶瓷及特殊基体材料等。为了获得前处理的最佳效果,合理地选择处理方法很重要,根据上述前处理方式的原理,可将前处理方式分为三类:

1. 机械法

采用机械设备,磨削除去表面厚层锈蚀产物、毛刺、焊接残渣、氧化膜等的方法,如喷砂、磨光、滚光和抛光等。主要用于粗糙工件表面的初步加工。

2. 化学方法

化学方法是在有机溶剂或酸、碱性溶液中浸渍,依靠化学作用将油污、残渣或氧化物除去的方法,如酸性溶液中的抛光、碱性溶液中的除油等,主要用于工件表面的精细加工。

3. 电化学方法

电化学方法是在电解液中依靠电解作用除去表面的油污或氧化物的方法,如电化学抛光、电化学除油等,主要用于工件表面的精细加工。

在实际生产中,前处理方法的应用并不是一一对应的,一般来说,工件表面经过机械法初步加工以后,可以采用化学方法、电化学方法进行精细加工,具体采用哪种方法需根据生产需要和基体材料本身的性质来决定。

三、基体材料前处理工艺流程

前处理通常是为进一步的表面处理做准备,不同基体材料性质不同,前处理工艺流程也随之不同。

1. 非金属基体材料前处理工艺流程

非金属基体材料在进一步加工如电镀之前,需先用特殊方法在其表面沉积上一层导电性金属薄膜,使其具有一定的导电能力。常用的非金属基体材料前处理流程摘例如下:

流程一:工件去应力→水洗→机械磨光→化学除油→水洗→微蚀→水洗→中和、还原或浸酸→水洗→敏化→活化→水洗→还原→化学镀或电镀。

流程二:封闭处理→水洗→除油→微蚀→水洗→敏化→活化→水洗→还原→水洗→化学镀或电镀。

流程三:封闭处理→水洗→酸溶液活化→化学镀或电镀。

2. 金属基体材料前处理工艺流程

金属基体与非金属基体一样,前处理工艺会随着基体金属的不同而具有一定的差异,此外还随预镀金属层的不同而有所变化,摘例如下:

流程一:阳极电化学除油→水洗→浸酸→水洗→……

流程二:除油→水洗→去应力→水洗→抛光→水洗→去除挂灰→水洗→弱浸蚀→水洗→酸性中和→……

流程三:阳极电化学除油→水洗→抛光→水洗→阳极电化学除油→水洗→抛光→水洗→……

流程的多少可根据生产实际需要进行增减,不能一概而论,其主要目的都是为了被镀工件

在镀覆之前得到洁净的表面, 增加镀层和被镀工件的结合力。

1.2 除油

一、油污及除油原理

在基体材料被加工为工件的过程中, 不可避免地会沾染油污, 而这些油污的存在会改变基体材料原本的性质, 也会影响基体材料与镀层之间的结合力, 这将会极大的影响工件的使用性能, 因此必须去除油污。在进行除油时, 为了将油污去除得更彻底, 需要根据油污的种类和结构来选择恰当的除油方法, 以达到最佳的效果。

(一) 油污的种类和结构

1. 油污的种类

油脂或吸附灰尘的油脂黏附在工件上即被称为油污。油脂的成分比较复杂, 从总体上可以将其分成动物油、植物油和矿物油三大类, 动、植物油的组分以脂肪酸油脂为主, 这一类油不溶于水, 但能与碱起皂化反应进而将油脂溶解去除, 所以称为可皂化油脂, 它也是制造抛光膏的原料。矿物油是含有碳、氢的一类有机化合物, 既不溶于水也不与碱起反应, 是一种非皂化油, 但可以用有机溶剂或表面活性剂将其去除。它也是防锈油、润滑油、切削油的重要成分。

2. 油污的结构

动、植物油的结构可以用通式 $(RCOO)_3C_3H_5$ 表示, 其中 R 为高级脂肪酸烃基, 含 17~22 个碳原子。矿物油的成分可以用 C_xH_y 表示, x, y 表示的数字因碳碳间的价键类型不同而不同。

(二) 除油原理

1. 除油原理

油污的种类和结构不同, 其消除原理也不同, 大致归类如下:

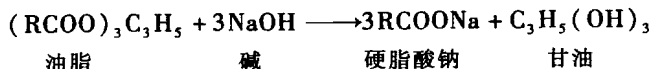
(1) 相似相溶原理

物质易溶于结构相似或极性相同的溶剂中的性质, 称为相似相溶。“相似”是指溶质与溶剂在结构上相似或极性上相同; “相溶”是指溶质与溶剂彼此扩散、互溶。如氯化钠易溶于水, 溴易溶于四氯化碳等, 是因为极性相同; 而乙醇易溶于水, 也易溶于丙酮等有机溶剂, 是因为有相似的结构。

物质有极性和非极性之分。非极性物质如 Br_2 (溴)、 I_2 (碘)、 CCl_4 (四氯化碳)、 CBr_4 (四溴化碳)、 $CO(CH_3)_2$ (丙酮) 等。极性物质如 $NaCl$ (氯化钠)、 H_2O (水)、 CH_3CH_2OH (乙醇)、 $NaOH$ (氢氧化钠)、 $CuSO_4$ (硫酸铜) 等。通常非极性物质可溶于非极性物质, 极性物质可溶于极性物质。

(2) 皂化反应

某些油脂 (如动、植物油) 在热碱溶液中发生化学反应, 将不溶于水的油脂分解生成可溶于水的脂肪酸钠皂和甘油, 这一过程称为皂化反应:



若烃基 R 中所含的碳原子数目为 17, 此硬脂酸钠俗称肥皂。硬脂酸钠和甘油为极性物质,

可溶于水。同时硬脂酸钠又是一种表面活性剂，对油脂溶解起促进作用。一般动物油和植物油的除油原理为皂化原理。

从以上反应可以看出：氢氧化钠是皂化反应的主要物质，在除油过程中不断被消耗，其含量增高会加速反应的进行，但需要注意的是，氢氧化钠含量的多少要根据具体的除油配方和要求而定，不能只靠增加氢氧化钠的含量来提高除油的速度，而忽略了可能产生的其他负面影响，如浓碱溶液会使黑色金属(金属分类见本书第6章6.4)钝化、腐蚀有色金属等。

(3) 乳化作用

溶液中的表面活性剂能降低溶液与基体材料的界面张力，促使油膜剥离变成小液滴，小液滴被表面活性剂包围分散于水中形成乳状液，这一过程称为乳化作用。表面活性剂有亲油和亲水两端，亲油的一端附着于油滴上、亲水一端进入水相，将大油滴分解成若干小油滴形成乳状液分散于水相中，进而使油污脱离基体材料表面。具有乳化作用的表面活性剂又称乳化剂，如硅酸钠、硬脂酸钠和OP乳化剂等。

乳化剂吸附排列在油滴周围组成了单分子薄膜，构成水包油(O/W)型乳状液，水包油型乳状液结构如图1-4所示。水为连续相，油脂为分散相，相互碰撞也不会聚集在一起。如果没有乳化剂，从金属表面剥离下来的油滴就会互相碰撞连结在一起，并重新附着到基体材料表面，无法完成除油目的。

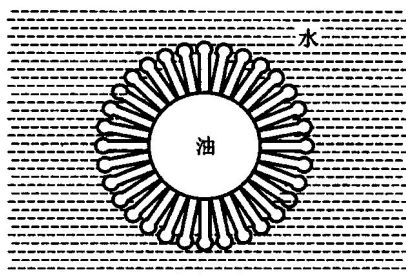


图1-4 水包油型乳状液结构图

(4) 空化作用

当超声波作用在液体上时，瞬间产生负压力，瞬间又产生正压力，这种作用反复交替进行。在负压力时溶液中会出现真空空穴，溶液中的气体进入其中形成气泡，瞬间后由于正压力的压缩作用使气泡破裂分散，同时产生强烈的冲击波，冲击压力可达几十至几百兆帕，形成冲刷工件表面油污的冲击力，促使油污剥离，剧烈的波动产生的液体流动起着搅拌作用，具有强烈的去油作用。采用此除油方法并辅以一定的除油溶液，除油效果会更好。

重点提示：

除油的方式很多，原理可归结为四类，除油原理在生产中使用较多，需要认真理解。当选用具体的除油方式时，有些方式运用的是单一原理，有些除油方式是二至三种原理同时发挥作用。

2. 除油条件

要彻底清除油污，在除油时应考虑油污本身的结构和种类来选择合适的除油方式，进而选择相应的除油配方。此外，还应兼顾工艺条件，如除油的溶液温度等，可以增加一定的辅助剂来降低溶液与金属的界面张力，增加溶液对金属的润湿性，以加强溶液的乳化和皂化作用，使油污通过分散、乳化、皂化等作用从基体材料表面彻底清除，达到最佳的除油效果。

二、除油方式及其采用的原理

去除油污的溶液和方式很多，可以采用有机溶剂、碱性溶液、酸性溶液、乳化剂、两相洁