

刷 镀 技 术

方景礼 惠文华 编

國 防 工 業 出 版 社

刷 镀 技 术

方景礼 惠文华 编

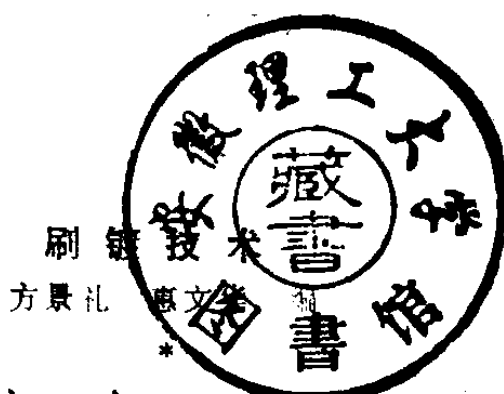
· 国防工业出版社

内 容 简 介

刷镀是一种在国民经济各个领域均有广泛应用的新型表面精饰和机械修复的新技术。本书从现代电镀理论出发,结合刷镀的特点,对刷镀技术进行了全面系统的阐述。

全书共分四部分:第一部分是刷镀的理论基础;第二部分是刷镀设备、镀液及其使用方法,第三部分是刷镀技术在各个领域中的应用;第四部分是刷镀溶液的分析方法。

本书适于飞机、舰船、机车、汽车、拖拉机、叉车、车床、模具、印刷电路、印刷机械、采油机械、重型机械、文物和艺术品等领域从事修复和装饰的工人和技术人员阅读,也可作为大专院校有关专业师生的参考书或教材。



国防工业出版社出版发行

新华书店经销

国防工业出版社印刷厂印装

★

787×1092 1/32 印张15⁷/₈ 347千字

1987年8月第一版 1990年2月第二次印刷 印数: 3,331—5,330册

ISBN7-118-00588-6/TG·52 定价: 5.20元

前 言

刷镀技术，是一种新型的表面精饰和机械修复方法，是一种不用镀槽而只用镀笔在局部需要电镀的地方进行电镀的技术。它具有设备简单、操作简便、工艺灵活、一物多用、价格低廉、应用面广等许多优点，尤其适于固定的大型设备、野外设备和军用设备的现场不解体修复。它广泛用于飞机、舰船、机车、汽车、拖拉机、叉车、车床、模具、印制电路、印刷机械、采矿机械以及文物修复和艺术品装饰等方面。

我国从1979年开始引进刷镀技术，经过短短四年的努力，到1983年已开始成套设备的出口。它被国家经委列为我国第六个五年计划期间重点推广的40项新技术之一，1984年11月又被列为全国150项技术进步奖之一。

为了便于读者系统了解这一新技术，本书以南京大学应用化学研究所方景礼和中国人民解放军南京7425厂在中国人民解放军总后勤部、南京军区后勤部工厂管理局等单位的领导下联合研究成功的刷镀新技术（该项研究成果已获中国人民解放军总后勤部科技成果一等奖）为基础，再结合国内外文献资料编写而成。

本书根据理论与实践相结合的原则，从现代电镀理论出发，对刷镀的机理、刷镀溶液的成分与作用、影响刷镀层晶粒粗细、光亮度、结合力、内应力的各种因素以及刷镀操作方式对镀层性能和能源消耗的影响等均进行了详细的阐述。当然，刷镀技术是一门应用技术，因此，本书用主要的篇幅

来介绍刷镀技术的三大组成部分：（1）刷镀电源与镀笔；（2）刷镀溶液及其分析方法；（3）刷镀技术的应用方法。每一部分都力求数据具体、阐述清楚，以便于读者深入了解和具体应用。美国赛来创公司的鲁宾斯坦博士在 Metal Finishing 杂志上发表的十八篇系列文章，以及苏联、日本和欧美等国和我国在刷镀方面的最新研究成果均已收入书内。

由于本书涉及面广、作者水平有限，加上撰写时间紧迫，错误在所难免，恳请读者批评指出。

在编写第三章过程中，得到了南京市政建设公司程仁杰大力协助，在此表示谢意。

目 录

第一章	刷镀的由来和发展	1
第一节	特点与名称	1
第二节	刷镀技术的发展	4
第三节	刷镀的优缺点	12
第二章	刷镀基本原理	18
第一节	槽镀与刷镀过程	18
第二节	沉积速度及其影响因素	23
第三节	浓差极化的产生与消除	29
第四节	镀液的主要成分和浓度	34
第五节	操作方式对能源消耗和性能的影响	43
第三章	影响镀层性能的因素	49
第一节	影响镀层结合力的因素	49
第二节	影响镀层晶粒粗细和光亮度的因素	56
第三节	镀层的内应力	66
第四节	影响镀层耐磨性能的因素	74
第四章	刷镀电源	84
第一节	电源的规格	84
第二节	电源的工作原理	85
第三节	电源的使用方法	104
第四节	电源的维护与保养	107
第五节	其它类型非专用性电源的使用	109
第五章	阳极、镀笔及辅助工具	112
第一节	阳极	112
第二节	镀笔	118

第三节	辅助工具和辅助材料	128
第六章	镀前准备	135
第一节	零件的检查和加工	135
第二节	除油处理及电净	137
第三节	活化处理与活化液	144
第四节	电镀层	151
第五节	镀层的结构设计	153
第七章	普通金属的刷镀溶液	158
第一节	刷镀铜溶液	158
第二节	刷镀镍和镍合金溶液	165
第三节	刷镀铁及铁合金镀液	178
第八章	有色和稀有金属刷镀溶液	184
第一节	刷镀镉、锌、铬和锡镀液	184
第二节	刷镀钴和钴合金镀液	193
第三节	稀有金属刷镀液	203
第九章	刷镀工艺概述	212
第一节	镀层的选择	212
第二节	刷镀工艺中几个重要参数的选择、确定和控制	221
第三节	其它辅助工艺	227
第十章	常用金属材料的刷镀工艺	229
第一节	低碳钢和普通低碳合金钢的刷镀工艺	229
第二节	中碳钢、高碳钢及淬火钢的刷镀工艺	231
第三节	铸铁与铸钢的刷镀工艺	233
第四节	不锈钢、高合金钢、镍、铬及其合金材料的 刷镀工艺	235
第五节	铜、黄铜的刷镀工艺	237
第六节	铝及含镁量低的铝合金的刷镀工艺	238
第十一章	特殊材料的刷镀工艺	240
第一节	超高强度钢的刷镀工艺	240

第二节	镁及镁合金的刷镀工艺	241
第三节	高熔点金属（钼、钛、钨等）的刷镀工艺	242
第四节	锌、锌铝压铸件和钎料合金等金属的刷镀工艺	244
第五节	半导体材料的刷镀工艺	245
第六节	其它材料的刷镀工艺	247
第七节	非金属材料上涂覆导面膜的方法	248
第十二章	刷镀在汽车维修及保养中的应用	252
第一节	在汽车大修中的应用	252
第二节	在汽车保养中的应用	256
第三节	刷镀用于汽车关键部位的尝试	261
第四节	试验情况及经济效益	268
第十三章	刷镀在飞机制造、保养和维修中的应用	274
第一节	在飞机主要部件上的应用	275
第二节	在航空部门其它方面的应用	284
第三节	飞机维修中的刷镀技术规范	291
第十四章	刷镀在模具上的应用	295
第一节	在热锻模和冷冲压模上的应用	296
第二节	在塑料、橡胶和玻璃模具上的应用	302
第三节	在模具其它方面的应用	308
第十五章	刷镀在叉车和非公路运输车辆上的应用	309
第一节	叉车液压缸的修复	309
第二节	叉车部件的修复	313
第三节	液压和气动部件的修复	314
第十六章	刷镀在印制电路上的应用	317
第一节	在印制板接触片及挠性电路上的应用	317
第二节	改善可焊性及小规模生产	327
第三节	在样机和其它方面的应用	329
第十七章	铝件刷镀和刷镀阳极氧化	332
第一节	铝件刷镀的应用	332

第二节	刷镀阳极氧化	339
第十八章	刷镀在舰船上的应用	347
第一节	舰船上已磨损或腐蚀零件的修复	350
第二节	船用轴承磨损的修复及防止	352
第三节	其它方面的应用	356
第十九章	刷镀在印刷业中的应用	363
第一节	刷镀在印刷业中的应用范围	363
第二节	印刷滚筒的修复	364
第三节	其它方面的应用	368
第二十章	刷镀在装饰上的应用	371
第一节	概述	371
第二节	高楼圆顶上的刷镀	374
第三节	雕像的修复	379
第四节	在其它装饰品上的应用	382
第二十一章	刷镀在重工业中的应用	384
第一节	在铁道部门的应用	384
第二节	大型零部件的修复	387
第二十二章	刷镀在采矿工业中的应用	394
第一节	在采矿设备上的应用	394
第二节	采矿设备中大型零件的修复	396
第三节	其它方面的应用	399
第二十三章	刷镀在造纸工业中的应用	401
第一节	研光轮和干燥鼓的修复	401
第二节	造纸设备上零件的修复	405
第三节	其它零件上的应用	408
第二十四章	全自动化刷镀	411
第一节	计算机数控镀覆金属机床	411
第二节	计算机数控镀覆金属机床的应用	417
第二十五章	刷镀溶液的分析	420

第一节	酸性铜镀液的分析	420
第二节	碱铜镀液的分析	428
第三节	特殊镍镀液的分析	435
第四节	快速镍镀液的分析	441
第五节	镍钴合金镀液的分析	447
第六节	低氢脆镉镀液的分析	451
结束语		456
附录		458
附录 I	元素的国际原子量、化合价和在地壳里的重量百分比	458
附录 II	刷镀常用金属化合物的性质	461
附录 III	某些刷镀常用物质的溶解度	465
附录 IV	常用金属材料比重参考表	470
附录 V	硬度换算表	471
附录 VI	国产刷镀设备生产单位、型号、规格及参考价格	474
附录 VII	常用 Selectron 刷镀液的工艺参数	478
附录 VIII	主要 Dalic 刷镀液一览表	479
附录 IX	常用 Sifco 刷镀液及其参数	480
附录 X	日本山本镀金试验器公司刷镀笔及镀液	481
附录 XI	常用刷镀液的应用范围	483
附录 XII	刷镀层的选择	485
附录 XIII	换算系数	489
主要参考文献		492

第一章 刷镀的由来和发展

第一节 特点与名称

一、亟待统一的名称

刷镀几乎是和电镀同时发展起来的。早期用于手工电镀时，常常发现从电镀槽中取出的镀件（如茶壶），其表面有一小块地方没镀上，为了使产品重新返工，有经验的电镀人员不会采取退去镀层再重镀的办法，因为那样做常常会引起镀件表面受到过腐蚀，而且是件费钱、费事的工作，如果用一根导线将阳极母线与破布包缠的金属棒连通，然后将茶壶卡在阴极母线上，将破布包缠的阳极棒浸入槽中蘸取镀液，并在茶壶上没有镀层的部位反复抹擦，该部位很快就形成了镀层。这种在现场用擦抹的方法来填补镀层的修复方法，早就被人们分别称为填（塞）镀、擦镀、局部镀、接触镀、修饰镀和刷镀等名称。1948-1960年间刷镀在法国、英国和美国陆续获得专利，于是又从发明者、生产厂或经营公司的名称命名，如达力克工艺（Dalic process），赛莱创工艺（Selectrous process），尔迪西（LDC）工艺（Liquid Development Co.）等。赛莱创工艺的创始人鲁宾斯坦强调刷镀是在选择的特定部位上进行的电镀。在1956年向电镀工作者协会提交的关于刷镀技术的第一篇比较全面的论文上提出了“选择性电镀”（Selective plating）的称呼，但在1981-1982年他连

续发表的十多篇有关刷镀的系列文章中同时使用了“选择性电镀”或“刷镀”的称呼，这是因为目前在美、英、法、印、瑞典等西方国家，大家都采用“刷镀”一词，而选择性电镀的含义过宽，它包括以下六种特殊的电镀方法：（1）采用特殊遮蔽技术的槽镀；（2）刷镀；（3）胶化电解液电镀；（4）仿形阳极镀；（5）极化电压镀；（6）化学镀等。刷镀仅仅是选择性电镀的一种。有人为了突出刷镀的高沉积速度，采用“高速刷镀”（high-speed brush plating）的提法。

除此之外，在苏联有人称刷镀技术为“擦镀”（Электронатирание）和接触镀“Контактное Электроосаждение”。日本工业规格（国家标准）电镀用语（JIS HO400-1961）中把刷镀称为“笔镀”。在西德，有人用“现场镀”的称呼。然而这些称呼应用都不很普遍。从六十年代开始，美国化学文摘（CA），均用“刷镀”的词头来收集有关的资料，基本上为各国所接受。此外，美国《电镀工程手册》及美国材料试验学会 ASTM B-374-75 以及国际标准组织（ISO）2080-1973中都采用“刷镀”（Brush plating）。

在我国，早在六十年代前也有电镀厂采用棉布包缠的阳极棒来修复电镀次品和废品，他们称之为“抹镀”。1958年，哈尔滨军事工程学院装甲兵工程系研究成功了刷镀铬技术，并以《无槽槽刷镀铬》名义发表。1964年，北京广播器材厂陈仲伟等同志曾对刷镀技术进行过研究，1965年以“无槽电镀”的称呼在《无线电技术》杂志上发表了两篇文章。1979年春，铁道部邀请美国赛来创公司的董事长鲁宾斯坦博士到我国进行技术座谈，在座谈资料上将刷镀译为“镀焊”。1979年十月，在江苏常熟召开的第一届全国汽车运输学术年会上，交通部科研所介绍了刷镀技术，但用的是“涂镀”的称呼。

1980年10月,铁道部戚墅堰机车车辆工艺研究所印发的资料里,采用的是“金属涂镀”的名称。

中国科学院上海有机所曾与铁道部戚墅堰机车车辆工艺研究所协作进行刷镀溶液的研究,但在该所印发的资料和报刊介绍的文章中却用“快速电镀”的名称。随后上海有机化学研究所与中国人民解放军装甲兵技术学院进行协作研究,后者又将刷镀定名为“快速笔涂电镀”。

近年来,我国翻译和撰写的不少文章中,大都采用“刷镀”或“刷子电镀”,这是按国外“Brush plating”的名称翻译的。

在国标GB3138-82第2.16条中,采用的是“刷镀”的名称,英语对应词为Brush plating,并对刷镀下了定义:依靠一个与阳极接触的垫或刷提供电镀需要的电解液的电镀方法。电镀时,垫或刷在被镀的阴极上移动。

二、技术特点与命名

刷镀技术,从其内容和形式来看,它具有以下几个特点。

(1) 刷镀是一种高速电镀,其沉积速度比一般槽镀快5~50倍。

由于沉积速度快,故有人称之为高速电镀或快速电镀。然而,快速或高速电镀(Rapid electroplating)的含义广得多,它只针对沉积速度而言,也就不一定专指刷镀。实际上,电铸、循环流动镀、喷射镀、超声电镀、激光电镀和刷镀都属高速电镀。在美国化学文摘(CA)的索引中,高速(Rapid)电镀一栏,是指刷镀以外的高速电镀,并未包括刷镀在内。因此把刷镀简单称之为高速(或快速)电镀是不

恰当的。

(2) 刷镀是一种在选定部位进行的局部电镀

刷镀不像槽镀那样将整个镀件浸入槽中电镀，而是只用镀笔对镀件的选定部位进行电镀的方法。因此有人称之为选择性电镀，然而选择性电镀除了刷镀外，还指经过专门遮蔽或控制浸渍方法进行的局部槽镀。用“选择性电镀”的术语来称呼刷镀，就容易和选择性槽镀混淆，所以把刷镀称为选择性电镀亦是不可取的。

(3) 刷镀是一种靠镀笔（刷）刷涂的方式进行的电镀

刷镀的操作方式独特，它不需要镀槽，和一般的槽镀（包括高速的，常规的以及选择性的槽镀）有很大区别，其主要施镀工具就是镀笔（刷）。因此，从象形的角度称之为刷镀是合适的，它也不会和其它名称混淆，由于国际上大都用刷子（Brush）来形容镀笔，因此用“刷镀”比用“涂镀”更有普遍意义，而且在将来的国际交往中也可以省去许多麻烦。

一九八四年十一月，国家经委科技局在浙江温州召开了全国电刷镀技术协作组工作会议，将“快速电刷镀”等名称统一定名为“电刷镀”，使之符合国标“刷镀”，向国际标准“刷镀”靠拢，以便于国内外技术交流。为了简便起见，本书仍采用“刷镀”。

第二节 刷镀技术的发展

一、近三十年来刷镀研究的成果

刷镀在四十年代初尚未形成独立的专门技术。1938年在法国已有人开始使用专用的镀笔。1947年以后作为一种修复方法在欧洲开始应用。1950年，在美国库希奈尔(Kushner)

电镀学校诞生了世界上第一部有关刷镀工艺的课本^{〔1〕}——现代刷镀简明教程。它首次把刷镀的小经验上升为正式的新工艺。

1954年，美国鲁宾斯坦（Rubinstain）在美国技术杂志上发表了第一篇有关刷镀的详细文章^{〔2〕}。

1956年，鲁宾斯坦在美国电镀工作者协会上发表有关刷镀的文章^{〔3〕}。并对专业人员作了第一次这方面内容的报告。

1956-1960年间，由艾克西（G.Icxi）提出的有关刷镀工具和刷镀溶液，分别在美、英、法等国被正式批准为专利^{〔4〕}。

1963年法国正式推出达力克（Dalic）刷镀工艺^{〔5〕}，而美国则推出赛来创（Selectron）工艺^{〔6〕}，并成立了赛来创公司，由鲁宾斯坦博士负责。

1965-1967年刷镀操作开始实现了机械化或自动化，这些装置于1965年和1967年被批准为美国专利^{〔5〕}。

1967年，美国波音公司的格罗夏特（E.Groshart）在金属精饰（Metal Finishing）杂志上发表了详细介绍刷镀的文章^{〔6〕}指出刷镀电源应有换向开关，快速切断装置和控制镀层厚度的安培小时计，所用的阳极应用聚乙烯纤维或橡胶制成的多孔套管包扎。还介绍了铜、铜合金、碳钢和低碳钢以及铬钢和镍钢的表面活化方法，最后还列出了以氰化物、氟硼酸盐等有毒络合剂为主的镉、锌、锡、铜、镍、金和银的刷镀液的配方，此后，在每年出版一本的“金属精饰指导手册”（Metal Finishing Guide book）中都原样照登格罗夏特写的刷镀介绍。到1983年才予以改写。当然，实际使用的镀液和材料早已不是书上所说的了，因为它们都属于高度的商业机密，不便在刊物上透露，只好用早已过时的配方来充数。

1970年,艾克西(G.Icxi)^[7]和沃利特(M.G.Wallet)^[8]分别著文介绍刷镀的原理、操作方法以及单金属及其合金的刷镀工艺和应用。

1971年马库拉(A.Macula)在西德专利中提出用转动阳极进行刷镀^[9],用多孔纤维包缠阳极,透露了高速刷镀铜的基本成分是硫酸铜和硫酸。

1972年,苏联发表了苏斯凯维奇(М.В.Сушкевич)对刷镀机理的研究报告^[10],认为刷镀时镀层晶粒的细化是因为镀刷离开后,镀层表面因氧化而引起的钝化,使晶粒停止生长为大晶,随后镀刷通过时只能重新形成新晶核。因此刷镀层的晶粒比槽镀的细。

1972年,苏联库贺年(С.Л.Кухонен)等介绍了电极参数对刷镀所需能量的影响^[11],指出刷镀时的能量消耗与刷镀时镀笔与镀件的接触角,包缠材料厚度和阳极材料等因素有关。

1976年鲁宾斯坦在电镀与精饰杂志上比较详细介绍了刷镀的全貌^[12]。普拉尔(J.K.Prall)和西尔蒙(H.Silman)在“腐蚀”一书中分别介绍了刷镀、浸镀、化学镀、真空镀、气相镀、阴极溅射离子镀和等离子喷涂等各种镀复方法^[13]。

1977年罗宾逊(S.L.Robinson)提出了用刷镀Sn40% Pb60%的PbSn合金层的容器和管道作为储存和运输氢气的容器^[14]。

1978年鲁宾斯坦著文介绍高速选择性(刷)镀金的优点和应用领域^[15]。指出刷镀可在印制板的制造与修理上得到广泛应用。另外还指出刷镀可改善铝和不锈钢的可焊性,在飞机、舰艇、零件的修理和塑料模具的制造上都已获得应用。

1979年,英国阿斯顿大学的邓尼斯(J.K.Dennis)^[16],

提出用醋酸—羧酸组成的电解液刷镀耐磨性很好的CoMo合金,其中含Co88~94%, Mo6~12%。

1979年,洛捷(K.J.Lodge)评述了刷镀在耐磨方面的应用^[17],并且根据经刷镀的热锻模和冷成形模具的效果讨论了Co—Mo、Co—W镀液的发展前景。

1980年,美国波音公司的格罗夏特在德国电镀杂志上介绍了几种刷镀溶液的组成^[18],其主要配位剂还是氰化物,焦磷酸盐和氟硼酸盐,溶液组成与他1967年在《金属精饰指导手册》上介绍的大同小异,说明实际使用的镀液配方几十年来仍然是严格保密的。

1981年,苏联拖拉机与农机杂志上用“接触镀”的名字介绍了刷镀^[18a]。

1981年,邓尼斯在表面工艺(Surface Technology)杂志上论述了刷镀的优缺点。比较详细报导了刷镀钴钨、钴钼合金在热锻模具和冷轧模具上的应用,详细公开报导了试验结果和数据。如刷镀施加的电压和配方成分改变时,阴极电流效率和镀层成分的变化。最后指出了推荐的镀液成分和操作条件,以及所使用的结果,因此该文是世界上第一篇公开报导的,有关刷镀钴合金的最系统、最详细的研究报告。

同年,邓尼斯(J.K.Dennis)和琼斯(D.Jones)在国际摩擦学杂志上著文^[19],介绍了含钼或钨12%的钴合金刷镀层的性质,指出这种镀层结晶极细。通过针盘式磨损试验机和模拟的锻模试验结果,证明这种合金有相当高的抗摩性。为了验证这种合金能否提高模具的寿命,还进行了大量的生产试验,结果证明,刷镀13 μ m厚的镀层可以使模具的寿命提高100%。

1981年,诺力斯(J.C.Norris)提出一种刷镀设备并取