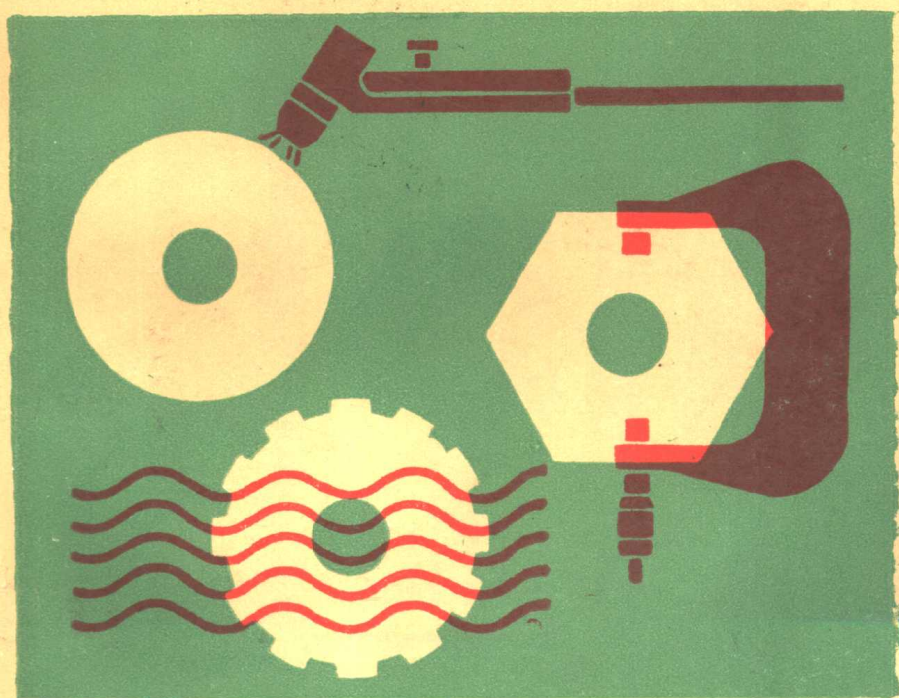


中国农业机械学会农机维修专业委员会主编

· 机械维修实用新技术丛书 ·

刷 镀

洪清池 编著



农业出版社

中国农业机械学会农机维修专业委员会主编

机械维修实用新技术丛书

刷 镀

洪清池 编著

农 业 出 版 社

中国农业机械学会农机维修专业委员会主编
机械维修实用新技术丛书

刷 镀

洪清池 编著

• • •

责任编辑 施文达 李耀辉

农业出版社出版 (北京朝阳区东营路)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092mm32开本 3.5印张 69千字

1989年5月第1版 1989年5月北京第1次印刷

印数 1—2,350册 定价 1.40元

ISBN 7-109-00776-6/TH·21

序 言

经济建设必须依靠科技进步。为了推广普遍适用的科技成果，提高农机维修的技术水平和经济效益，我们推荐近几年在农机维修行业中开始推广，并有实际效果的技术编入本丛书——《机械维修实用新技术丛书》。

胶接技术应用胶粘剂粘接断裂零件、修补壳体孔洞工艺简便，价格低廉。

刷镀设备简单，操作容易掌握，是近年发展较快，恢复微量磨损零件的有效工艺。

金属电弧喷涂在我国用于曲轴的批量修复已有三十多年历史，近几年的科学研究使涂层硬度明显提高，表面准备工作也有所改进。

铁基复合镀是我国在镀铁工艺基础上的重大发展，镀层的硬度有较大幅度的提高。

等离子堆焊是70年代引入农机维修行业的新技术。由于等离子弧的温度很高，可熔敷的合金种类广泛，堆焊层耐磨性较高，可大幅度延长零件寿命。

水基清洗剂近年发展迅速，在农机修理行业中广泛应用，可以节约大量清洗用油料，缓和农机用油的紧张状态。

随着农村经济建设的发展，农用拖拉机的数量迅猛增

加，如何保持庞大的机群经常处于良好技术状态，提高农业机器使用的经济效益，已是广大农机工作者共同关心的问题。《故障推理分析法》介绍了故障分析的思维判断新方法，《拖拉机功率与油耗量的田间测定》介绍了常用功率与油耗测定技术，这些对加强拖拉机技术状态的监测、及时判断和排除机器故障，提高农业机械的技术状态会有很大帮助。

希望这套丛书在促进农机维修新技术的应用方面发挥重大作用，也希望这些新技术在实践应用中不断发展。

中国农业机械学会 主任委员 杨秋荪
农机维修专业委员会

1987年12月

目 录

序 言

第一章 概 论	1
第一节 金属电刷镀技术的发展简介	1
第二节 金属刷镀的原理和特点	3
第三节 金属刷镀技术的优越性	5
第四节 金属刷镀技术的应用范围	7
第二章 刷镀设备与辅助器具	9
第一节 刷镀专用电源	9
第二节 刷镀笔	23
第三节 辅助器具	32
第三章 刷镀溶液	33
第一节 表面准备用的溶液	33
第二节 电沉积金属的溶液	36
第三节 刷镀溶液的选择、使用和保管	47
第四章 金属电刷镀工艺	51
第一节 工件表面刷镀前的准备	51
第二节 刷镀层的选择和设计	54
第三节 电刷镀的主要工艺参数	57
第四节 常用金属材料的电刷镀	60
第五节 非金属材料的刷镀	69

第六节	影响刷镀层质量的因素及其控制	73
第七节	刷镀层开裂剥落的原因及其预防	77
第五章	电刷镀镀层的性能	80
第一节	刷镀层与基体金属的结合性能	80
第二节	刷镀层的化学成分和金相组织	81
第三节	刷镀层的残余内应力	84
第四节	刷镀层的硬度	87
第五节	刷镀层的耐磨性	89
第六节	刷镀层对基体金属疲劳强度的影响	90
第七节	刷镀层的防腐蚀性能	91
第六章	金属刷镀技术的应用实例	94
第一节	滚动轴承的修理	94
第二节	花键轴的修理	95
第三节	汽车变速箱轴承座孔的修复	97
第四节	机床导轨划伤的修复	98
第五节	大型水轮发电机主轴端面的修复	100
第七章	电刷镀生产作业项目的建立和安全防护	102
第一节	建立电刷镀作业项目的论证	102
第二节	建立电刷镀作业项目的步骤与方法	104
第三节	电刷镀作业的安全防护和环境保护	105

第一章 概 论

第一节 金属电刷镀技术的发展简介

电刷镀（简称刷镀，下同）是在镀槽电镀基础上发展起来的一项新技术。其历史悠久。

早在1899年，法国人用包上棉布的阳极沾上电镀液，在待修复的工件上来回涂擦，使涂擦部位的表面沉积金属层。

1938年，法国巴黎开始用专门的刷镀笔进行刷镀。此后，从1948年到1960年期间，早期研制的刷镀专用电源、镀液和刷镀工具先后分别在法国、美国和英国获得专利。这些专利代表了刷镀技术的最新研究成果。1950年出版了第一套刷镀技术的教科书。此间，陆续发表了有关刷镀的论文。

由于刷镀电源、镀液和刷镀器具的研制成功和进一步改进，使刷镀技术的应用范围从刷镀装饰品逐渐扩大到机械制造和维修领域，进入了现代刷镀阶段。

美国赛莱创公司对刷镀技术的开发研究历史较早。几十年来在刷镀专用电源、镀液及刷镀器具方面继续深入研究，已研制开发出许多系列产品，远销欧洲各国；具有生产十种规格专用电源和近百种刷镀溶液的能力，成为世界上刷镀行业中最有实力的公司，并在欧洲一些国家建立工厂、生产车间

和经销商。

我国对刷镀技术的研究与应用也有相当的历史。50年代，一些历史较悠久的电镀厂（例如上海电镀厂等）就用“抹镀”修复电镀次品和废品。50年代末，哈尔滨军事工程学院研究成功“无槽揩刷镀铬”技术。1964年，北京广播器材厂发表了“无槽电镀”的论文。1966年，在《新工艺新技术展览会》上，国防科委展出过刷镀样品。

但是，我国真正较大规模、有组织地进行刷镀技术研究和推广应用，还是近几年开展起来的。1979年，美国赛莱创公司代表来华，在铁道学会主持的座谈会上，介绍了刷镀技术与应用，并提供了一些样品。1981年以来，国家经委连年拨专款组织开发研究与技术推广。铁道部戚墅堰机车车辆工艺研究所、中国科学院上海有机化学研究所等单位合作研究，并在刷镀镀液、刷镀电源、镀具和刷镀工艺等方面的研究取得了成果。此后，国内其它一些单位也陆续开展这项技术研究工作。至1983年，我国已自行研制并生产了6种规格的刷镀电源，二十多种刷镀溶液和多种刷镀辅具系列产品，提出了常用的金属刷镀工艺。

在刷镀技术取得成果的基础上，国家经委把金属刷镀技术列为“六五”期间在全国重点推广项目之一，推广工作迅速展开。仅1983年，国家经委组织了四次全国性刷镀会议，即四月份在常州召开的“全国金属涂镀新技术交流会”，八月份在上海召开的“快速电镀镀液转让会”，十月份在烟台召开的“金属涂镀技术全国协作组成立大会”，十一月份又委托工程机械研究会召开的“刷镀在机器零件修复中的应用推广

会”。此外，有些省、市和行政系统还相应成立推广中心或情报中心，举办短期训练班或技术讲座。国家科委出版了金属刷镀技术资料汇编。目前，金属刷镀技术已在我国国民经济许多部门，如汽车、农业机械、船舶、机车车辆、飞机、机床设备、冶金、石油、化工、轻工等部门得到迅速推广和应用。据报道：至1985年底，国内应用金属刷镀技术的有三千多用户，直接创造经济效益四百余万元，在全国生产的经济效益超过五亿元。

国内近几年来推广和应用金属刷镀技术的实践表明，这种新技术不用镀槽，设备简单，工艺灵活，特别适于现场实施，经济效益显著，具有十分广阔的发展前景。

第二节 金属刷镀的原理和特点

刷镀金属镀层是电化学沉积的过程。刷镀过程可用图1—1来说明。刷镀时，刷镀电源的负极与工件相连接，正极与刷镀笔连接。刷镀笔上的阳极包裹着棉套，棉套蘸上刷镀专用的溶液，与工件保持接触，并作相对运动。刷镀溶液中的金属阳离子在电场作用下向工件表面迁移，从工件（阴极）表面获得电子还原成金属原子，沉积结晶在工件表面上形成金属镀层。若维持上述过程不断地进行，镀层将逐渐增厚，直至达到需要的厚度，切断电源，刷镀过程结束。在这一过程中，镀取的镀层金属的种类决定于所选用的镀液，镀层厚度则通过刷镀电源监控。

根据上述过程的特征与实质，国家标准局已把这项技术

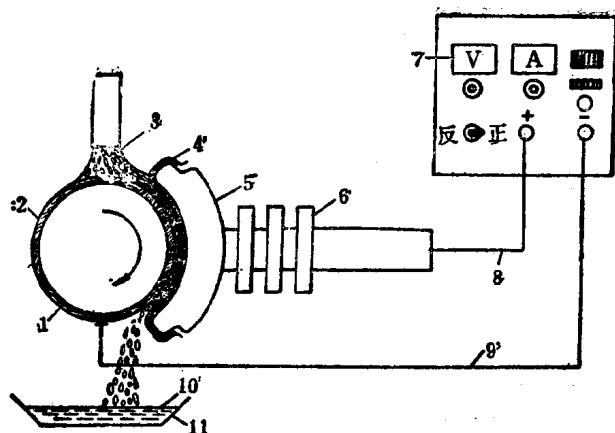


图1—1 金属刷镀装置工作示意图

1.工作 2.镀层 3.涂镀液 4.包套 5.阳极 6.导电柄 7.涂镀电源 8.阳极电缆 9.阴极电缆 10.循环使用溶液 11.拾液盘

名称定为电刷镀，并定义为：“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”。此项经国家标准化了的技术名称，已于1982年7月16日发布，1983年5月1日实施。

同常规槽镀比较，刷镀的独特之处在于：

1.镀液方面 采用金属离子浓度很高的镀液，其浓度比槽镀溶液高10—20倍。这是由于刷镀笔采用了不溶性的阳极，镀液中金属离子的消耗无法像槽镀那样靠可溶性阳极金属的溶解自行补偿。同时，刷镀用的溶液要求性能稳定，可以长期存放。因此，刷镀溶液为有机络合物的水溶液。

2.刷镀规范方面 刷镀时，由于一方面采用不溶性阳极，另一方面镀笔与工件表面接触区储容镀液的空间体积小，

为避免刷镀时阴极附层镀液中金属离子贫乏，仅仅依靠增加镀液中金属离子的浓度不能根本解决问题，必须对镀液施以搅拌。刷镀笔对工件表面作相对运动，这就兼有搅拌作用，但要求镀笔对工件表面的相对运动速度保持适当。

由于上述两个特点，刷镀时采用高的电流密度成为可能。实际上，刷镀电流密度比槽镀大几倍到几十倍，最高电流密度可达500安培/分米²。在这样高的电流密度下，仍然可以获得结构致密、厚度均匀和结合良好的镀层。同时，金属沉积速率也大大提高了，比槽镀高5—50倍。故刷镀享有快速电镀的美称。

3. 电镀设备方面 需配置专用刷镀电源，但不需镀槽，工件不浸入镀液中，可镀的零件尺寸不受限制。这就大大简化了工件不镀表面的绝缘，镀层厚度易控，精度较高。

4. 刷镀工艺方面 采用了专门的表面准备用的溶液，对各种金属工件表面进行电的、化学的清洗净化和活化，以保证刷镀镀层与基本金属良好结合。

第三节 金属刷镀技术的优越性

刷镀作为机械零件的一项维修技术，受到普遍重视，获得日益广泛的应用，成为一项有发展前景的新技术，这与它在应用中显示出的优越性分不开。主要是：

1. 镀层具有良好的机械性能和物理-化学性能 刷镀镀层与基体金属的结合强度高于常规槽镀和喷涂。在钛、铝、铜、铬、高合金钢和石墨上，也具有很好的结合强度。刷镀

金属层具有良好的耐腐蚀性、耐磨性，并具有防渗碳、改善钎焊性等性能。

2. 维修质量高 除了刷镀层本身性能好，不需附加随后的热处理之外，还因为在刷镀过程中工件表面受热，温度不高（一般低于70℃），无热影响，不会引起工件变形和材料金相组织变化。

3. 生产率高，经济效益大 这是因为刷镀金属沉积速率高，辅助工时少，可现场刷镀；镀层厚度可用安培小时计监控，精度较高，有时镀层不需机械加工，因而维修周期缩短。刷镀的耗电量小，为常规电镀和焊接耗电量的几十分之一。用刷镀技术修复磨损的零件，强化了零件摩擦表面，可提高使用寿命，而且节约大量的能源和原材料，经济效益大。

4. 设备轻便简单 刷镀不需镀槽，可到现场施工，笨重零部件可不拆卸，就地修复，维修成本低廉。

5. 工艺灵活 刷镀可按需要选用相应的金属刷镀溶液，镀取具有特定性能的单一镀层或组合镀层。刷镀操作方便，对操作人员无高的要求，经短期培训就可操作。镀液不需经常或定期化验和调整成分。

6. 操作安全，对环境污染小 因为大多数刷镀溶液中不含氰化物或其它剧毒化学药剂，性能稳定，对人体无毒害。又因溶液耗量很少，不会由于大量废液的排放而造成对环境的污染。操作时也不需使用易燃品，操作安全，无噪音。尽管如此，刷镀操作场所的良好通风，遵守安全操作规程仍然是必需的。

第四节 金属刷镀技术的应用范围

刷镀技术的应用范围是由刷镀层的性能、工艺特点及优点决定的。

根据刷镀镀层的机械性能和物理化学性能，刷镀有以下几方面的用途：

1. 修复机械零件滑动摩擦表面磨损的尺寸和几何形状。
2. 修补零件表面的划伤、凹坑、斑蚀等缺陷。
3. 恢复、补偿零件加工超差而损失的尺寸。
4. 在新零件表面上刷镀镀层，提高或改善表面的抗磨损、抗腐蚀和耐高温氧化等性能。
5. 在零件表面刷镀某种镀层，改善零件表面的冶金性能，如材料的钎焊性、防渗碳、防氮化性能，以及扩散渗透性能。
6. 在铝、钛和高合金钢等材料上刷镀某种镀层作为过渡层，增强与槽镀镀层的结合强度。
7. 对文物和装饰品进行装饰或维修。

根据上述用途，在国内，刷镀技术已在国民经济的许多部门，如机械、化工、冶金、石油、交通、航空、电力、电子、轻纺等部门获得了广泛应用。

但是，必须指出，刷镀的应用也有局限性。它不适用于大面积、厚镀层的镀复。它不能修复零件上的断裂缺陷，不适用于修复承受高的接触应力的滚动摩擦表面（例如，滚动轴

承的滚道)或滑动接触摩擦表面(例如齿轮齿面)。因此,不能把刷镀看作是“万能”技术,到处乱用。否则不仅不能取得好效果,反而会贻误工作,造成不应有的损失。这一点应当予以强调。

第二章 刷镀设备与辅助器具

第一节 刷镀专用电源

它是刷镀工艺的主要设备。

一、对刷镀电源的要求

刷镀电源应满足以下基本要求：

1. 应具有直流平外特性，随着负载的增大，电压下降很小。
2. 输出电压应能无级调节，以满足工艺需要。
3. 输出电流应根据被镀面积、镀液种类和镀层沉积速率等因素选取。
4. 应配有安培小时计或镀层厚度计，以便监控镀层厚度。
5. 输出端应具有正、负极性转换装置，以满足工艺需要。
6. 应有过流保护装置。当正、负极短路或输出过载时，能快速切断主电路，以保护人身、电源和被镀工件的安全。
7. 电源体积小，重量轻，工作可靠，计量精确，操作简单，维修方便，产品成本低。

由此可知，常规槽镀直流电源不宜用作刷镀电源，需研

表 2—1 几种国产电刷

序号	项 目	TD-10型	TD-30 型
1	输 入	单相交流 220 伏 $\pm 10\%$, 50 赫	单相交流 220 伏 $\pm 10\%$, 50 赫
2	输 出	直流 0—20 伏, 0—10 安培, 无级调节	直流 0—35 伏, 电流 0—3 安培, 0—30 安培, 无级调节
			交流 0—35 伏, 0—20 安培 (外接电流表监控)
3	镀层厚度监控装置 (安培小时计)	机械记时, 无设定。分辨率 0.001 安·时, 电流 > 0.5 安开始计数, 电流 > 1 安, 计数误差 $\leq \pm 10\%$	六位荧光数码管显示, 分辨率 0.001 安·时, 电流 > 0.6 安开始计数, 电流 > 2 安, 计数误差 $\leq 10\%$
4	环境温度	-10 + 40℃	
5	快速过载保护	超过额定电流的 10% 时动作, 切断主电路时间 0.01 秒。不切断控制电路	超过额定电流 10% 时动作, 切断主电路的时间接近 0.01 秒。但不切断控制电路
6	工作制式	间断工作: 在额定电流下可连续工作 2 小时 连续工作: 在额定电流的 50% 以下可连续工作	
7	温 升	$< 75^{\circ}\text{C}$	
8	外形尺寸	140 × 280 × 320 毫米	430 × 330 × 340 毫米
9	重 量	10 公斤	32 公斤