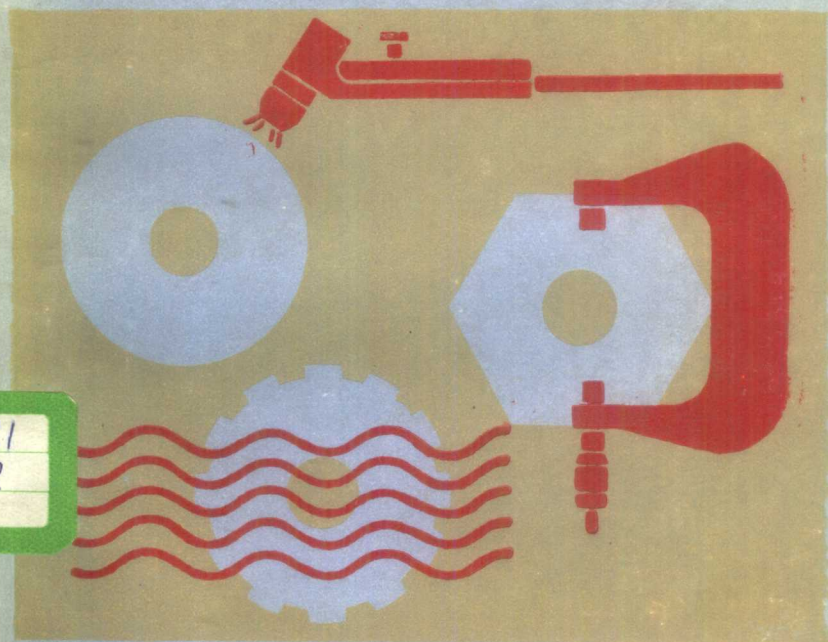


中国农业机械学会农机维修专业委员会主编

·机械维修实用新技术丛书·

铁基 复合镀

孙桂香 编著



821
42

89年12月6日

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

铁 基 复 合 镀

孙桂香 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

铁 基 复 合 镀

孙桂香 编著

* * *

责任编辑 施文达 李耀辉

农业出版社出版 (北京朝阳区枣营路)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092 mm 32 开本 2.875 印张 53 千字

1989年5月第1版 1989年5月北京第1次印刷

印数 1—1,650 册 定价 1.20 元

ISBN 7-109-00782-0/TH·27

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书——《机械维修实用新技术》。

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的工艺。

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

前 言

传统的电镀是用电解法使电镀液中的金属离子或金属络离子在阴极表面还原成金属或合金的过程。它的镀液无论如何复杂，都是单一的液相，没有固相存在。复合电镀的电镀液有液相和固相两相同时存在，它是用电化学或化学的方法使一种或几种固体微粒与金属或合金共沉积的过程，所获得的镀层称为金属基复合材料镀层，简称复合镀层。由于固体微粒均匀弥散分布在镀层中，因此复合镀层的特性综合了其中基质金属和固体微粒性能的特点，从而大大改善了它的性能。

复合镀层的研究在本世纪40年代末就已开始，但直到70年代才引起重视。英、美、苏、法、日、德等国对复合镀层的研究和生产应用做了大量工作，苏联对铁基复合镀层研究较多，我国是在近几年才开始研究，在1984年第一次研究成功。

金属基复合材料镀层之所以在近代得到国内外的极大重视，主要是因为随着现代工业和科学技术的发展，对金属表面性能提出了更高的要求，如耐磨、减摩、高温自润滑、耐高温、提高与高分子材料间的结合力等等。达到这些要求有多种途径，而复合电镀被认为是制造高强度材料的先进方

法之一而受到重视，有“复合电镀为工程（功能）镀层发展史上的里程碑”的提法。

铁基复合电镀工艺目前主要研究了Fe- Al_2O_3 和Fe-SiC两种镀液，主要特点是在氯化亚铁单盐电镀溶液中加入一定量的分散微粒（ Al_2O_3 或SiC微粒），电镀过程中对镀液进行搅拌，使微粒与金属铁离子共沉积在阴极表面。工艺过程与低温镀铁相似。

铁基复合镀层表面光滑，与基体结合强度好，是由电沉积铁基体和弥散分布的硬质微粒组成，因此镀层硬度高，达到HV900—1000，耐磨性极好，在不同摩擦形式下耐磨性是纯镀铁层的一至十几倍（纯镀铁层耐磨性相当于45*钢淬火材料）。该镀层可用于易损零件磨损后的尺寸恢复和零件表面强化。普通碳素钢表面用复合镀铁层强化后可代替特种材料，为零件表面强化开辟新途径。

铁基复合电镀工艺是在原低温镀铁工艺基础上进一步研究发展起来的，利用低温镀铁设备即可，工艺稳定，易于掌握，便于推广。

该工艺经济效益显著。有低温镀铁设备的单位不需购置新设备。微粉价格便宜，来源丰富，易于购买。搅拌设备可按生产规模而定，费用并不大。

封面设计 刘承汉

《机械维修实用新技术丛书》

- | | |
|------------------|---------------|
| 1. 胶接 | 许洪吉编著 |
| 2. 刷镀 | 洪清池编著 |
| 3. 金属电弧喷涂 | 于丕涛编著 |
| 4. 铁基复合镀 | 孙桂香编著 |
| 5. 等离子堆焊 | 傅立明编著 |
| 6. 机械的清洗 | 沈尧烈编著 |
| 7. 故障推理分析法 | 沈尧烈
王双权 编著 |
| 8. 拖拉机功率与油耗量田间测定 | 童炎义编著 |

ISBN 7-109-00782-0/TH·27

定 价：1.20 元

目 录

序言

前言

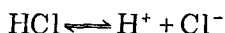
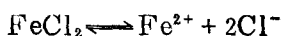
第一章 复合镀层共沉积机理简介.....	1
第二章 铁基复合电镀的设备和材料	4
第一节 电镀电源	4
第二节 搅拌设备	5
第三节 一般设备	6
第四节 挂具、阳极和辅助阴极	7
第三章 铁基复合电镀的溶液	11
第一节 基体金属、分散微粒及其选择	11
第二节 电镀溶液的配制	13
第三节 电镀溶液的维护	20
第四节 电镀溶液的化学分析	25
第四章 铁基复合电镀的工艺	34
第一节 工艺参数及工艺过程	34
第二节 正确使用电镀电源	43
第三节 铁基复合镀层常见缺陷、产生原因和排除方法	45
第五章 铁基复合镀层的物理机械性能及其影响因素	49
第一节 镀层的物理机械性能	49
第二节 影响镀层性能的因素	64
第六章 铁基复合电镀的生产应用	76
第一节 修复内燃机气缸套	76

第二节 修复轴类零件	80
第三节 强化零件表面	81
第七章 安全技术	82

第一章 复合镀层共沉积机理简介

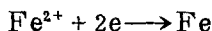
复合镀层共沉积机理的研究目前尚落后于工艺实践，这里仅做简单介绍。

铁基复合电镀是在镀铁的基础上发展起来的，镀铁是单一液相的电镀液，溶液中的主要成分是氯化亚铁、盐酸、水。在电解液中它们都部分地离解为：

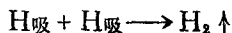
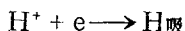


镀铁过程中的阴极反应为：

铁离子放电还原并沉积在阴极表面：



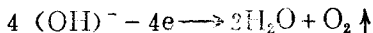
氢离子放电还原为氢原子，吸附氢原子结合成氢气析出，



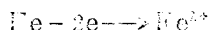
镀铁过程中的阳极反应为：

带负电荷的氯离子 (Cl^-) 和氢氧根离子 (OH^-)，在电场力的作用下移向阳极，由于氯离子在阳极上的放电电位比氢氧根离子放电电位要正得多，所以氢氧根离子首先放电析

出氧气，而氯气析出困难。



但是，氯离子具有强烈的活化性能，它能促进阳极铁板的溶解，阳极铁板失去电子成铁离子进入镀液中，以补充镀铁过程中铁离子的消耗。



铁基复合电镀是在镀铁电解液中加入 Al_2O_3 或 SiC 微粒，然而微粒又是如何与铁离子共沉积到阴极表面呢？

实践证明，即使大量的固体微粒均匀地悬浮于电镀液中，如果微粒在镀液中不能带有正电荷就不可能发生共沉积；即固体微粒表面必须吸附某些带正电的阳离子才能发生共沉积。固体微粒表面吸附阳离子的种类和电荷的多少决定着它们与阴极之间的相互作用力。

试验表明，在一定量的镀铁溶液中，分别加入一定量的 Al_2O_3 和 SiC 微粒，测定镀液中 pH 值和 Fe^{2+} 的变化，发现 pH 值变大、 Fe^{2+} 减少，但其变化量并不相同，这就定性地证明了微粒表面吸附了氢离子，也吸附了 Fe^{2+} 离子，即微粒在镀液中带正电荷，这就是 Al_2O_3 或 SiC 微粒与铁离子共沉积的基本条件。

共沉积过程一般认为要经过三个阶段：

1. 镀液中的固体微粒，主要靠搅拌镀液，及微粒在镀液中的自然沉降使微粒迁移到阴极表面并停留一定时间。此时固体微粒表面仍保留水化膜，它与阴极之间的作用力很弱，是一种物理吸附性质的弱吸附。

2. 由于固体微粒表面吸附一定量带正电荷的阳离子，当

微粒进入阴极双电层范围内时，在静电场力作用下，固体微粒脱去水化膜与阴极表面直接接触，形成化学吸附性质的强吸附。但只有少数微粒能完成这种从弱吸附到强吸附的转化，其余大多数微粒还会重新进入电镀液中。这就存在着一个不断有固体微粒吸附到阴极上来，同时又不断有固体微粒脱落下去的动态关系。强吸附的微粒被金属铁离子还原时机械地镶嵌进去。

3. 沉积到阴极上的固体微粒在继续电沉积的过程中，随着镀层的增厚，被整个地埋入镀层中，固体微粒弥散分布在基质金属中，形成复合镀层。微粒从吸附到沉积埋牢所需时间越短，共沉积量越大。

固体微粒的导电性不同，共沉积的方式也不同。一般来说，非导电微粒共沉积时，镀层表面的微粒总是裸露的，随着电沉积的进行，裸露的微粒被渐渐掩埋，而新吸附的微粒又裸露， $\text{Fe-Al}_2\text{O}_3$ 、 Fe-SiC 共沉积属于这种情况。而微粒导电时，由于金属离子也可以在微粒上面放电沉积，因此，镀层表面的微粒往往是包封的，如 $\text{Ni-B}_4\text{C}$ 便是属于这类情况，如图1—1。

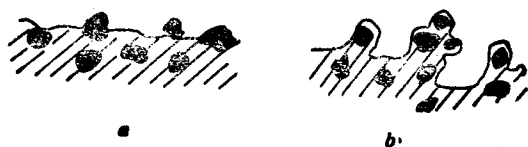


图 1—1 复合镀层断面

a. 含不导电微粒的复合镀层断面 b. 含导电微粒的复合镀层断面

第二章 铁基复合电镀的设备和材料

第一节 电镀电源

一、对电源的基本要求

铁基复合电镀采用无刻蚀复合镀铁工艺，电镀电源要满足工艺的要求。在铁的电沉积过程中，电流效率较高，即电结晶快、沉积速度快、电极的尖端效应急剧增加，所以镀件表面的微观粗度对镀层的结合强度影响较大。为保证电镀质量，对电源提出了特殊要求：

1. 能供给负载低电压、可调的直流电与交流电。
2. 直流电、交流电可随时转换，并在转换过程中不断电。
3. 交流电工作时，正、负半波电流可以单独调节，既可实现交流正、负半波电流不对称，又能达到交流对称。

电流波形对镀层质量影响较大，建议采用六相双反星形带平衡电抗器式可控硅整流电路。

目前生产的镀铁电源有500安培/ ± 12 伏、1000安培/ ± 16 (12) 伏、2000安培/ ± 16 (12) 伏、3000安培/ ± 16 伏。

二、电源容量的选择

根据生产量的多少、一次被镀面积的大小和电镀中采用

的最大电流密度来选定电源容量，既要保证足够的容量，又不能是过大的容量，因为使用大容量电源经常镀小件，一是浪费、二是电流表读数不准，更重要的是可控硅导通角小而影响镀层质量。

复合镀铁的电流密度较优值是15—20安培/分米²，再按经常生产的、可能遇到的最大被镀件面积、或者一槽镀多个零件的总面积选定电源容量。

例如，做小槽试件试验，一般选用50—100安培/±12伏电源即可。经常电镀汽车、拖拉机等中、小型零件，一槽被镀总面积不大于40分米²的可选用1000安培/±16伏电源。如果经常电镀大型零件，如煤矿用的综采机械设备上的液压支架活柱，被镀面积有达80分米²的，这就要选用3000安培/±16伏电源。如果生产量很多，一槽镀多个件又比较困难，则可选用容量合适的多台电源，多槽同时工作。

目前生产的大容量电源长时间稳定工作，输出容量大部分达不到设计容量。能输出的最大容量电流一般为1000安培电源是850安培左右，而3000安培电源是2600安培左右。建议选择电源时要适当考虑并向生产厂家充分了解电源情况。

第二节 搅拌设备

在复合电镀过程中必须对镀液进行搅拌，才能获得微粒弥散分布在基质金属中的复合镀层。搅拌方法有机械搅拌、空气搅拌、超声波搅拌、镀液循环等。铁基复合镀液中的二价铁离子极易氧化，不能采用空气搅拌，一般均用机械搅

拌，搅拌设备可根据生产情况和镀槽大小而定。

试验表明，间歇搅拌有利于镀层内微粒含量的增加，应避免强烈搅拌。 $\text{Fe-Al}_2\text{O}_3$ 镀液搅拌间歇时间为5—7分钟， Fe-SiC 镀液搅拌间歇时间为30分钟左右。搅拌时间控制在2—4分钟内使微粒均匀悬浮即可。

小槽试验可购买小型机械搅拌器，也可用板泵法搅拌。板泵法采用常规矩形槽，槽底有仿形的矩形板，板上钻有小孔（ $\phi 10-20$ 毫米），多孔板与槽壁有一定间隙，用机械装置使多孔板在槽底的一定高度范围内上下运动，以均匀搅拌溶液和固体微粒。如图2—1。

200 升左右的中槽除机械搅拌外，采用人工搅拌效果也很好，用一木制的小扒如图2—2上下搅拌镀液。

大槽生产需自行设计机械搅拌装置。

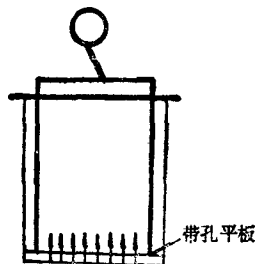


图 2—1 板泵法示意图

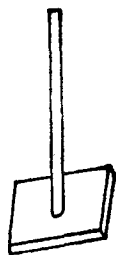


图 2—2 人工搅拌用木机示意图

第三节 一般设备

一、镀槽

镀槽必须用耐酸、碱材料制成。目前多采用聚氯乙烯、

过氯乙烯硬质塑料板焊合而成，槽外部用角铁框架加固。镀槽尺寸要根据镀件尺寸、镀覆面积和批量大小进行设计，要能容下足够使用的镀液，并且要考虑搅拌方式。

此外，还应有酸洗槽、水洗槽、镀液沉淀槽、微粉回收槽。其数量多少和槽的大小要根据生产实际而定。

镀槽上的耙杠用来悬挂极板和零件，应该使用导电良好并具有一定强度的铜棒或铜管。

二、控温装置

电镀时温度最好控制在30—50℃。由于镀液中的氯离子具有很强的腐蚀性，因此一般采用石英玻璃加热器。连续生产时不需加热，反而需降温冷却。冷却方法，既可在槽边密排薄壁塑料管，通以流动自来水进行冷却，也可用钛管做控温装置。

三、其它设备

抽风机、耐酸、碱过滤机、电热恒温干燥箱、分析天平、玻璃仪器、塑料器皿。

第四节 挂具、阳极和辅助阴极

一、挂具

挂具应有足够的导电截面积，与镀件接触的部位要导电良好，使电流顺利通过。挂具的结构应紧凑、重量轻、拆装方便，尽量减少兜带微粉。应使电力线均匀地传导到零件各个被镀表面。

挂具应根据零件形状特征、重量、被镀部位和面积的大