

电刷镀锡技术在干式电流互感器 一次载流体制造中的应用

杨武成¹, 曹 静¹, 孙俊茹²

(西安航空技术高等专科学校 1. 机械工程系; 2. 实训中心, 陕西 西安 710077)

Application of Tin Plating Technology to Manufacturing the First Side Current Carriers of Dry Type Current Transformer

YANG Wu-cheng¹, CAO Jing¹, SUN Jun-ru²

(Xi'an Aero Technical College 1. Department of Mechanical Engineering; 2. Centre of experiment, Xi'an 710077, China)

摘要: 通过分析电刷镀技术的特点, 探讨了将电刷镀技术应用于干式电流互感器一次载流体的镀锡工艺过程中的经济性和可靠性, 并根据在某互感器制造企业的应用实例, 论证了电刷镀技术应用在互感器工件镀锡工艺过程中替代传统槽镀镀锡的可靠性和实用性。

关键词: 干式电流互感器; 镀锡; 电刷镀; 槽镀; 应用

中图分类号: TM452; TG174.441; TQ153.1 **文献标志码:** B

Abstract: This paper analyzes the characteristics of tin plating technology and discusses the economy and the reliability of its application to the manufacture of dry type current transformer's first side current carriers. According to the example of current transformer manufacturing in a factory, it is proved that the tin plating technology can replace the conventional tinning in electroplate process for transformer components.

Key words: dry type current transformer; tinning;

tin plating technology; electroplate; application

0 引言

干式电流互感器具有无油、无瓷、无气、免维护等优点, 能满足变电站与供电部门无油化、升级换代的需求, 可广泛应用于中性点有效接地的 35、66、110、220 kV 系统, 目前已在国内电力、冶金、石化等行业得到广泛应用。在干式电流互感器的制造过程中, 一次载流体的制造是关键工序。为提高导电性, 在一次载流体的铜管和铜棒末端需要镀锡。因此, 如何提高镀锡的质量和效率、减少镀锡的成本和污染成为互感器工艺人员急需解决的关键工艺问题。

自 20 世纪 80 年代以来, 电刷镀技术因使用方便、易操作、快速可靠等优点得到了广泛应用。但将电刷镀技术应用在干式电流互感器的制造中, 还鲜

见报道和相关研究论文。笔者拟通过技术和成本分析, 探讨将该技术应用于一二次载流体的镀锡工艺过程中的可行性、效率和经济效益。

1 电刷镀技术简介

传统的镀锡工艺是利用镀槽, 将待镀工件浸入其中, 根据电化学原理进行电镀。而电刷镀技术是利用专用电源、镀液、工辅具, 根据电化学反应在工件表面上沉积所需的镀层^[1]。

1.1 电刷镀技术的特点

电刷镀的原理与普通的“槽镀”一样, 也是电镀。沉积的金属重量都服从“法拉第”定律, 不过电刷镀方法的特点是从镀槽中过渡到“岸”上, 甩掉电镀槽, 而且电镀时必须与被镀面进行摩擦, 才能高速形成镀层。目前, 基于电刷镀锡技术开发的特殊镀液及前、后处理体系的不断完善和改进, 电刷镀技术几乎对各种金属材料都能够得到有良好结合力的多种金属镀层^[2, 3]。

电刷镀技术得到的镀层与槽镀得到的镀层在质量上是一样的。相比之下, 电刷镀技术能够提高被镀工件的防腐蚀性、耐磨性、导电性、钎焊性等。尤其是能够高速得到厚镀层, 对磨损、存在切削加工误差的零部件, 用电刷镀方法电镀容易恢复尺寸。而且, 因为电刷镀阳极包布与被镀面的摩擦, 对本体的凹凸不平也有相当好的整平效果。

综合起来, 与槽镀相比, 电刷镀技术优点有^[3-6]: ①便携性。电刷镀设备体积小, 易携带, 可以把设备方便地带到电镀场所; ②操作容易。只要经过短时间的讲解、培训, 普通工人就能操作, 不需特别的专门电镀知识; ③快速性。镀层沉积速度快, 约为槽镀的

收稿日期: 2007-02-02; 修回日期: 2007-05-09

作者简介: 杨武成(1976-), 男, 陕西韩城人, 硕士, 主要从事 CAD/CAM 技术、计算机仿真和优化设计方面的教学、研究工作。

10倍以上;④便于质量管理。使用较高质量的电镀液和精度高的机械设备(如可测厚型电源),可以准确地控制镀层厚度;⑤应用场合。可用于正在组装的机械在其必要的部位进行电镀,尤其用在大型工件、长的、重的零件的电镀问题;⑥可避免热变形。由于工艺温度一般不超过60℃,所以用于热变形敏感的轴、模具等工件,不必担心热变形;⑦同轴度高。由于工件在转动情况下电镀,镀层在圆周方向基本一致,不容易产生椭圆度,产品质量尤其是平整度大幅提高;⑧镀层与基材结合强度高(附着力不低于GB 5270-1985标准),且均匀、致密,孔隙率低(<1%),镀层外观平整、美观;⑨劳动强度大幅降低,生产效率明显提高,成本降低,基本上无污染,对人体及环境的影响极小。

1.2 电刷镀技术的主要应用场合

电刷镀技术的主要应用场合^[6]:①机械零件的轴颈部位磨损或切削超差的修复;②轴承配合部位尺寸调整,表面缺陷的修补;③导电接点的电镀,减少汇流排接触面的电阻;边接器的接触部位,印刷线路版的接触部位;高压开关的动触头;④发电机的转子、汇流环的磨损修补;⑤热处理中防止某些部位渗碳、氮化等;⑥金属模具、凹坑、缺陷的修补,防止粘模现象;⑦电镀中一些大件、长件、无法放入槽内的零部件的电镀;⑧液压杆、机床导轨拉伤面的修复。

1.3 电刷镀锡的镀液和设备

(1)电刷镀锡的镀液一般有两种类型:①含锡电镀液,利用石墨阳极导电,进行电刷镀,其缺点是放置时间较短(含锡溶液易变质),废液不可重复利用;②电解溶液(酸性,溶液中不含锡离子),而导电阳极直接采用锡块制作,这样通过电解溶液与锡块作用释放锡离子使其附着在待镀工件表面形成镀层,该溶液可重复利用,放置时间长,在企业中应用较多,目前有快速光亮型刷镀锡溶液和A、B型刷镀锡溶液两种,A、B型使用时两者对半混合使用。

(2)电刷镀锡的设备有电源、电极等。电源可分为普通型和可测厚型两种。普通型电源通过电镀沉积时间来近似控制镀层厚度。而可测厚型电源具有检测反馈装置,通过输出电量和反馈量来控制镀层厚度,精度可达到微米级。

(3)电刷镀锡的辅具、辅料主要有包布(涤棉绒)、电解液容器、电源电缆线等。

2 电刷镀技术在互感器制造中的应用

2.1 电刷镀技术在电气设备行业的应用现状

近几年,电刷镀技术中的刷镀银和刷镀锡技术已覆盖到电力、电工、电气行业的广大领域,大量应用于各种电器接头,如电器开关、电器触头、接插件、集电滑环、导电换向片、导电排、高压瓷瓶、互感器、

整流片、导电刷等零部件的电镀。

2.2 干式电流互感器一次载流体的镀锡工艺分析

干式电流互感器的一次载流体制造过程中,其导电杆接点处也需要镀锡(两端镀锡长度均在130 mm左右)。工艺流程一般安排在一次载流体折弯前镀锡,由于该零件较长(铜管或铜棒,一般长度在5~8 m左右),所以,槽镀时对于电镀生产厂房的空间要求较高。如果竖起来电镀,厂房高度至少要大于8 m,对中小电镀企业来说有难度。如果横放电镀,只能将整根零件全部电镀,浪费材料较多,其镀槽长度也至少要大于8 m。具体操作起来也较为困难。

相对来说,用电刷镀方法对该零件电镀,易操作,效率高,成本低。其工艺流程如下:①除油(即前处理);可用有机溶剂(丙酮、酒精)或其他清洁剂去掉待镀表面的油污;②刷镀锡;工作电压为4~8 V,用镀笔阳极蘸镀锡溶液来回擦拭,至所需厚度为止。③冲洗;可用自来水冲洗;④干燥;电风吹干或烘干;⑤抛光(即后处理);可用1 200目金相砂纸轻擦一遍,然后用丙酮或酒精擦洗。

2.3 电刷镀锡与槽镀镀锡的成本分析

电刷镀锡与槽镀镀锡的成本分析见表1。从表1可以看出,使用电刷镀镀锡可以显著降低成本,提高生产效率。

表1 电刷镀与槽镀镀锡的成本分析

项 目	电刷镀镀锡	槽镀镀锡
场地成本	较低(普通场地)	较高(大于工件长度)
管理成本	较低(不用外协加工)	较高(外协加工)
运输成本	无	较高
用电量	低	较高
电镀材料	低(每 dm ² 刷镀 5~6 μm 成本约 5 分钱)	较高
生产效率	较高(每分钟可沉积达 40 μm 以上)	较低
人力资源	一个普通工人	多个技术工人
环保影响	低	较高

3 应用实例

西安某互感器生产公司的主要产品为35~220 kV干式电流互感器,其生产组织的特点是机械加工件主要依靠西安的强势制造能力外协加工,而互感器生产过程的关键工序、控制工序、重要工序均在公司自有厂房完成。一次载流体的机械加工、镀锡、折弯、包绕、热缩均为重要工序。表2为采用成本分析法分析槽镀和电刷镀一次载流体的成本。

从成本分析可以看出,采用电刷镀可节约成本约50元/根。按照年产3 000台互感器计算,每年可节约成本82 500元。而且,采用电刷镀锡技术在厂房生产,不存在周转冲突、交货期冲突;并可对外承接修配工程等。

电刷镀锡技术应用在该企业干式电流互感器一次载流体的镀锡工艺见表3,其工作示意图见图1。

通过西安某互感器公司18个月的运行,表明电

表2 一次载流体镀锡成本分析

项目	电刷镀镀锡 (生产车间加工)	槽镀镀锡 (外协加工)
生产设备投入/元	10 000	无
设备折旧年限/年	5	无
辅料、耗材投入/元	约 2 000	无
年电镀费用合计/元	19 270.375	101 400
平均每件电镀成本/(元/根)	11.68	61.45

注:成本计算依据:①年产互感器3000台,年产值1亿元。其中需要电镀的有铜管450根(15%),铜棒1200根(40%);②工人1人,工资800元/月,劳保福利10元/月;③电费1.0元/千瓦时,设备折旧率20%(按5年折旧,年均折旧20%),场地(10m²)费用200元/月,运费计算按10元/km;④管理费100元/月。另外电刷镀镀锡(生产车间加工)可对外承接电刷镀修配工程而槽镀镀锡(外协加工)可能存在周转冲突、交货期冲突。

表3 某企业干式电流互感器一次载流体的电刷镀锡工艺

项目	内容
镀锡工艺流程	备料-丙酮清洗除油污-电刷镀锡-自来水冲洗-干燥-砂纸抛光-检验
设备	可测厚型刷镀电源,一次载流体刷镀工装,电源线若干米,220V/10A插板一个
工艺参数	电源输出DC5V,镀层厚度12 μm
辅具、辅料	平板型电极、月牙型电极各一块;涤棉绒包布一块(0.1m ²)
电镀溶液	A、B型刷镀锡溶液各5L,1:1配比,充分混合
备注	每班刷镀工人1名,每班计件40根

刷镀锡技术应用在干式电流互感器一次载流体的镀锡工艺过程中,镀层均匀、可靠,环保价廉;且保证了客户的交货时间,节约了生产成本,提高了生产效益。

(上接第477页)

强度。因此界面压力的设计就显得非常重要,界面压力的大小取决于应力锥的外形、相对过盈量的大小以及材料的物理特性(如弹性模量、硬度、抗拉强度等)。

模拟试验表明:界面的绝缘强度与界面上所受的压力呈指数函数关系。在一定范围内,界面的绝缘强度随界面压力的上升增加很快,但有一个饱和区,在界面压力达到500 kPa左右时,再增加界面压力,界面绝缘强度反应不敏感,此时界面压力的增加对界面绝缘强度的增加几乎没有任何贡献。取过盈量单边大于1 mm,辅助弹簧的压紧,界面压力可大于500 kPa,此时的界面绝缘强度大于5 kV/mm,即可满足实际工程需要。

根据有限元模拟分析,可以得到应力锥内、外表面的轴向应力分布情况。从图8轴向应力分布曲线来看,整体应力最大值在内侧前端,最小值在内侧中部。在应力锥中部不论内侧还是外侧应力曲线波动均相对较小,表明这些区域应力分布相对较为均匀。但在应力锥前后端应力值的波动相对较大,表明应力变化较为剧烈^[3]。

3 结语

开发的YJZCG-64/110型干式GIS(变压器)交

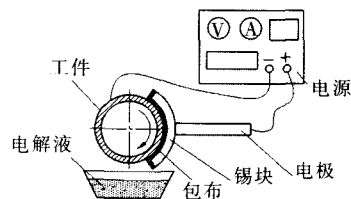


图1 电刷镀锡工作示意图

4 结语

以电刷镀技术在某互感器企业一次载流体的镀锡工艺过程的应用实例,证明了电刷镀技术应用在互感器工件镀锡工艺过程中替代传统槽镀镀锡的经济性和实用性,也可供同类电气产品的技术改进借鉴和参考。

参考文献:

- [1] 程秀云、张振华. 电镀技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [2] 董英琦, 黄燕琳. 电刷镀镀层性能的研究[J]. 水利电力机械, 2006, 28(8): 12-13.
- [3] 孙米强. 电刷镀技术的研究及应用进展[J]. 内蒙古石油化工, 2006(6): 5-7.
- [4] 任雨松, 花国然, 罗新华. 电刷镀新技术及其在机械工程中的应用[J]. 南通大学学报: 自然科学版, 2005, 4(2): 16-18.
- [5] 王文, 赵中国. 电刷镀技术在机械制造中的应用[J]. 四川工业学院学报, 2001, 20(3): 19-21.
- [6] 武汉材料保护研究所三奇金属表面强化公司. 刷镀技术的特征[EB/OL]. 2007.1.20. <http://www.san-qi.com/tezhen.htm>.

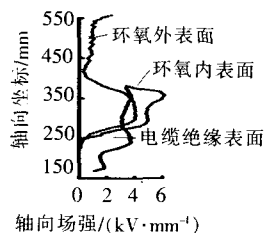


图7 各分界面的切向场强分布图

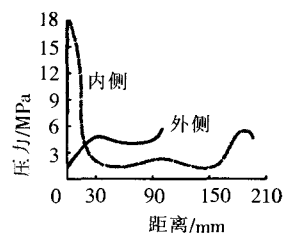


图8 硅橡胶应力锥内、外侧应力分布图

联聚乙烯电缆终端为纯干式、增强型应力锥结构,相对缩短了环氧套管的轴向尺寸,设计紧凑,内部无需填充液体绝缘油或气体,免维护、免巡视,无污染,环境友好,产品主体在工厂预制并经100%出厂试验,可靠性高,安装简便,迎合了两网改造“无油、无气”的市场需求,具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 应启良. 高压及超高压XLPE电缆附件的技术进展[J]. 电线电缆, 2000(1): 8-9.
- [2] 卓金玉. 电力电缆终端结构中的应力锥电场数值分析和模拟实验研究[J]. 电工技术学报, 2000(4): 15-19.
- [3] 马永其. 220 kV电缆终端应力锥在力场中的数值模拟分析[J]. 中国电力, 2005, 38(7): 24-27.