

一种中压触头的焊接及检测方法

傅 军¹, 王鹏鹏^{2,3}

(1. 施耐德电气(中国)有限公司上海分公司, 上海 201203;

2. 上海和伍复合材料有限公司, 上海 200240; 3. 研迈电子材料(上海)有限公司, 上海 200240)

摘要: 试验研究的触头由紫铜、钨铜及钢三种材料焊接组成, 应用于施耐德的RM6中压开关。触头在开关设备中起着关键作用, 其焊接质量的好坏直接关系到开关产品质量的优劣。触头承受高温、高压、磨损, 并对其有一定的强度要求。通过一系列试验设计, 研究出一套钎焊方法, 该方法能够实现触头局部加热, 快速焊接, 从而降低触头被氧化、减少硬度降低程度。本研究中的中压触头需要好的焊接结合, 无损检测手段显得尤其重要。试验通过超声无损检测实现对触头焊接质量的全检, 并开发出定制化的检测方法, 对稳定中压触头的焊接质量, 起到关键作用。

关键词: 中压触头; 钎焊; 润湿性; 超声波无损检测; 焊接质量

中图分类号: TM505 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-8887(2019)04-0019-04

DOI: 10.16786/j.cnki.1671-8887.eem.2019.04.006

A Method of Welding and Detecting Medium Voltage Contacts

FU Jun¹, WANG Pengpeng^{2,3}

(1. Schneider Electric (China) Co., Ltd. Shanghai Branch, Shanghai 201203, China;

2. Shanghai Hewu Composite Material Co., Ltd., Shanghai 200240, China;

3. Yanmai Electronic Materials (Shanghai) Co., Ltd., Shanghai 200240, China)

Abstract: The contact is composed of copper, tungsten-copper and steel. It is used in Schneider's RM6 high-voltage switch. The contact plays a key role in the switching equipment. The welding quality of the contact is directly related to the quality of the switch products. The contact bears high temperature, high voltage and abrasion resistance, and has certain strength requirements. Through a series of experimental designs, a set of brazing method has been developed, which can realize local heating and rapid welding of contacts, thus reducing the oxidation of contacts and reducing the degree of hardness reduction. In this study, the medium-pressure contacts need good welding combination, non-destructive testing means is particularly important. The test through ultrasonic non-destructive testing to achieve a complete inspection of the welding quality of contacts, and developing customized testing methods, to ensure the stability of the welding quality of medium-pressure contacts, plays a key role.

Key words: medium voltage contact; brazing; wettability; ultrasonic nondestructive testing; welding quality

引言

Schneider RM6可被调整, 以满足24 kV以下的中压配电系统的各种要求。RM6为紧凑型中压开

关柜系列产品, 组合了所有中压功能单元, 能够对开放式环网或辐射式电网上的一台或多台变压器进行连接、供电和保护。断路器作为RM6开关柜的重要组成部分, 在电网中起控制和保护作用。

触头作为断路器的核心元件, 在触头材料合格的条件下, 其焊接质量尤为重要。目前触头焊接主

作者简介: 傅军(1974-), 男(汉族), 浙江绍兴人, 工程师, 从事电接触材料的应用研究。

收稿日期: 2019-04-10

要有摩擦焊、炉中焊、火焰焊、感应钎焊等，每种焊接方式都有各自的优劣，其中感应钎焊凭借其灵活、快速、低成本被广泛应用^[1]。触头焊接质量检测方法有X射线检测、超声波检测、剪切力检测、焊缝金相检测，由于一些触头需要全检，就必须选用无损检测方法，且检测方法必须快速、准确，对人体无伤害。因此，超声波无损检测被广泛选择使用。

1 试验

1.1 触头结构

触头由紫铜、M1型号钨铜、M2型号钢组成。触头结构如图1所示。触头外圈为钢，内圈上端为铜钨材料，下端为紫铜材料。由图1可以看出该触头结构中有3个不同焊接面，钢-钨铜、钢-紫铜、钨铜-紫铜，3种不同材料之间的钎焊使焊接难度大大增加。

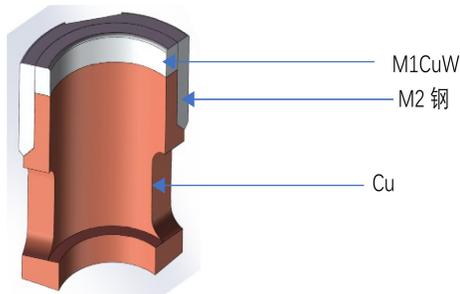


图1 触头结构示意图

1.2 焊接设备及焊接材料

试验焊接采用感应钎焊设备，并根据触头特征制作特定尺寸、匝数的感应线圈。感应焊机参数如表1所示。

表1 感应焊机主要参数

参数	数值
输入电压/V	380
输出功率/kW	60~90
输出频率/kHz	8
焊机效率	>90%
焊接时间/S	10~30
焊接压力/MPa	10~25

焊接材料的选择是该触头焊接质量的关键。试验选用研迈(Innomat)牌 YM-Ag56 银基钎料进行焊接，钎焊温度为760~830℃。为去除材料表面氧化层及钎焊过程中产生的氧化层，选用 Innomat 牌

YM-Flux100 钎剂进行焊接保护。

1.3 钎焊前处理

钢与钨铜、紫铜之间的润湿性较差，需要对母材进行焊前处理，才可以使焊料在焊接时与不同母材发生浸润，从而达到原子级的结合。材料润湿性受材料种类、材料表面粗糙度、洁净度的影响。本试验中，通过一套严格的表面处理工序，对钨铜、钢进行特殊表面处理，很大程度上改善了材料之间的润湿性。

从图1中可以看到，焊接接缝存在于不同的位置，这要求在焊接中，焊缝要有足够的毛细力，促使焊料流动与填充。同时，由于本触头由3种不同材料组成，材料的热膨胀系数大不相同，在焊接过程中材料的热膨胀变形程度不同，这些因素在焊接接缝尺寸设计时均应考虑。本试验设计的接缝间隙为0.01~0.1mm之间，钎料流动均匀，有利于毛细作用产生。

1.4 钎焊

将YM-Ag56钎料涂抹(预置)于焊接面，然后将各组件进行组装，在组装体外涂抹YM-Flux100钎剂。钎焊过程中不可避免地会产生一些气孔、夹渣等缺陷，但可以通过一些方法减少这些缺陷。

钎焊过程中，焊料熔化阶段，启用配合焊接用的旋转夹，将接头进行0.1~0.5mm的小位移往复旋转；旋转结束后，对触头上端、侧端进行多维度施压，促使焊接过程中产生的气体及时排出，并帮助钎料均匀铺展。

图2为本试验中焊接完好的触头，从外观可见：触头各焊缝饱满，焊料填充充分，未出现明显欠焊区域或过焊区域。至于触头焊缝的内部结合质量，还需要进一步的分析检测。



图2 触头示意图

2 焊接质量检测研究

采用金相检测及超声波无损检测的方法进行焊接质量检测。超声检测电触头的基本过程示意

图如图3所示。超声波探头产生超声波脉冲,通过耦合介质(水)到达被测工件;当超声波脉冲通过被测工件时,由于声阻的不同,在各种不同物质的交界处发生反射和透射,形成反射回波和透射波;超声波探头接收反射回波,并转换成电信号;计算机处理电信号显示为波形或图像^[2]。

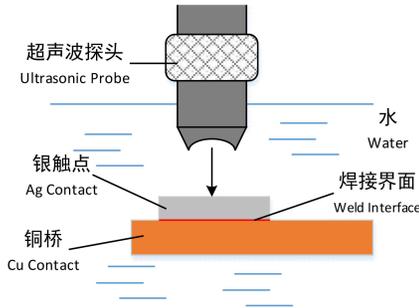


图3 超声波无损检测过程

检测方案,如图6所示。将触头工件水平摆放于超声波设备检测水槽中进行检测。试验选用Hiwave牌超声波无损检测系统。

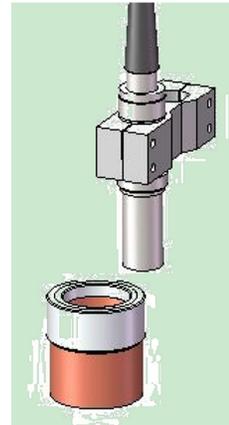


图6 钨铜-铜的焊接界面超声波检测方案

2.1 焊接界面种类

本试验触头焊接中,存在两个关键焊接界面,如图4及图5所示。

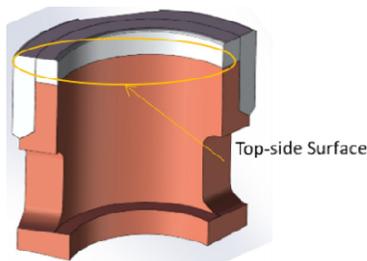


图4 钨铜-铜的焊接界面(顶部端面焊接界面)

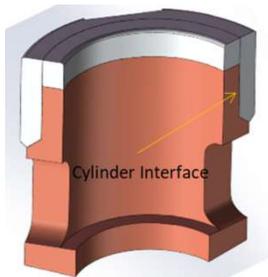


图5 钢-钨铜、钢-铜的焊接界面(侧面环状焊接界面)

从图4可以看出,钨铜与铜的焊接界面为普通叠焊,容易进行超声波检测;图5可见,钢与钨铜、紫铜的焊接界面为侧面环状,检测面为曲面,超声检测难度较高,需要定制检测方案。

2.2 钨铜-铜焊接界面质量检测

针对钨铜-铜端面焊接界面,试验设计了对应

图7为钨铜-铜的超声波检测结果。图7中大圆圈将焊接位置圈在其中,圈外不是焊接区域。检测图像中白色、红色区域代表焊接缺陷,蓝色区域代表焊接良好。为验证超声波无损检测的准确性,随后进行了金相检测。将检测区域等分为8份,编号分别为1#、2#、3#、4#、5#、6#、7#、8#。

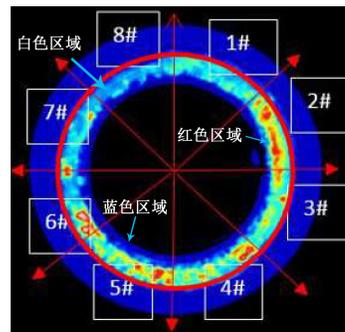


图7 钨铜-铜焊接界面超声波检测结果

选区图7中对应的6#位置,刨切触头,对该位置进行破坏性切面检测。图8为切面金相检测图像。根据检测结果,图7与图8检测结果完全对应。检测结果准确,检测方案无误。

2.3 钢-钨铜、钢-铜焊接界面质量检测

针对钢-钨铜、钢-铜侧面环状焊接界面,试验设计了对应检测方案,如图9所示。因需要对侧面一周进行检测,定制开发了专用旋转机构及超声波检测算法。

图10为钢-钨铜、钢-铜侧面环状焊接界面超声波检测结果。

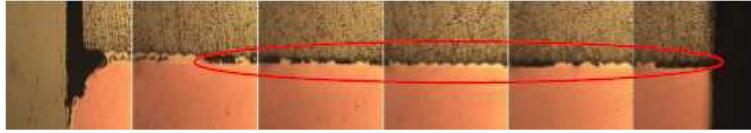


图8 钨铜-铜焊接界面6#位置金相检测

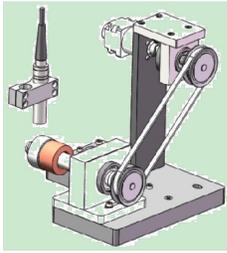


图9 钢-钨铜、钢-铜的焊接界面超声波检测方案

对钢-钨铜、钢-铜的焊接面进行超声波检测，

从图10中可以看出白色、红色、黄色部分为焊接不良的区域，缺陷区域较多，焊接难度大。将检测区域等分为8份，编号分别为1#、2#、3#、4#、5#、6#、7#、8#。

选区图10中对应的2#位置，刨切触头，对该位置进行破坏性切面检测。图11为切面金相检测图像。根据检测结果，图10与图11检测结果完全对应。检测结果准确，检测方案无误。

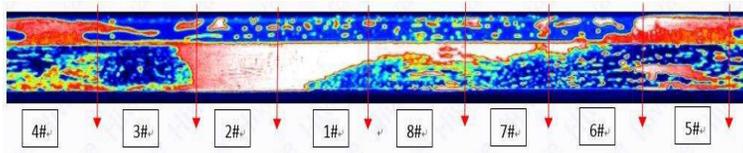


图10 钢-钨铜、钢-铜的焊接界面超声波检测结果

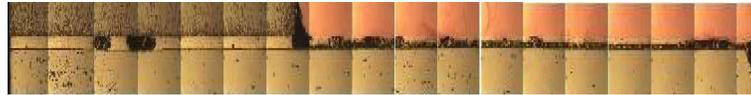


图11 钢-钨铜、钢-铜的焊接界面2#位置金相检测

3 焊接质量优化

根据超声波无损检测图像，进行焊接过程动态监测。根据检测结果，实时调整焊接工艺。优化过程如图12、图13所示。通过焊接工艺优化，最终稳定焊接质量。

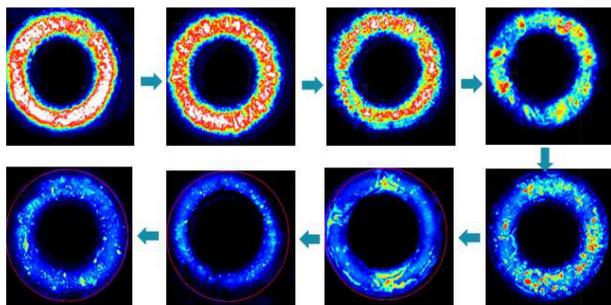


图12 钨铜-铜焊接优化过程

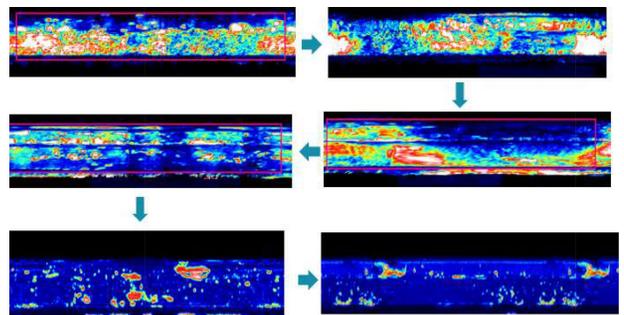


图13 钢-钨铜、钢-铜的焊接优化过程

4 结论

本试验研究表明，在严格的工艺控制条件下，配合超声波无损检测技术，通过感应钎焊实现中压

触头焊接。本试验中母材表面处理工艺、感应线圈设计、焊接温度、焊接压力均实现稳定可控调节，可在其他类型触头焊接中进行推广应用。

参考文献：

[1] 梁谦.铜钨触头中频钎焊研究与应用[J].高压电器,2012(7):8-10.
 [2] 裘揆,张国方,王珊,等.超声波无损探测技术在低压电器电触头焊接质量检测中的应用[J].电工材料,2015(1):12-14.