

# 铜芯脚线储能焊接工艺方法改进<sup>\*</sup>

欧仙荣

福建海峡科化股份有限公司(福建明溪,365201)

[摘 要] 论文根据实际需要研究了铜芯脚线—镍铬合金丝储能焊接的工艺方法,从铜芯材料、焊接工具材质及焊接工艺参数等方面进行了改进,并对用该种工艺方法制作的引火元件的电阻、静拉力、电性能参数、发火时间、储存性能等指标进行了实验对比。结果表明,用该工艺制作的引火元件能够满足产品技术指标的要求,研究结果具有实际应用价值。

[关键词] 引火元件 焊接工艺 镀锡铜芯脚线 金属熔接 电阻值

[分类号] TD235.2<sup>+</sup>2

## 引言

工业电雷管的引火元件主要有刚性药头和弹性药头两种结构。刚性药头部件机械强度和生产自动化程度均较高,产品电学性能一致性好,但制造工艺较复杂,生产成本较高<sup>[1]</sup>;弹性药头结构简单,工艺简便,生产成本较低,但因其桥丝距离的一致性差,导致产品电学性能的一致性较差<sup>[2]</sup>。我国目前工业电雷管仍广泛采用弹性药头结构的引火元件。

工业电雷管常用的脚线材料有铁芯和铜芯两种材质。在空气湿度大的南方(尤其盐分含量高的沿海地区),铁脚线工业电雷管在贮存过程中易出现脚线氧化、腐蚀、电阻变化等现象<sup>[3]</sup>,最终影响产品的使用性能。因此,我省沿海地区用户坚持要求使用铜脚线工业电雷管。

在电雷管生产过程中,引火元件桥丝焊接是电雷管生产工艺中一个重要工序,其焊接质量的好坏直接影响电雷管的电学性能及其发火的可靠性<sup>[4]</sup>。铜脚线电雷管引火元件桥丝焊接在常规条件下无法实现储能式焊接,绝大多数生产厂家仍然沿用传统的手工锡焊作业方式。桥丝手工锡焊工艺存在焊接牢固性差、电阻离散性大、生产效率低、劳动强度大、作业环境条件差等缺陷<sup>[5]</sup>,鉴于此,就改变原材料、焊接工具材质及焊接工艺参数等方面进行有益探索,实现了采用储能式焊接机进行铜芯脚线—镍铬合金丝焊接的工艺方法。铜脚线弹性电引火药头结构见图 1。

## 1 桥丝自动焊接机工作原理及工艺流程

### 1.1 桥丝储能焊接基本原理

DCQH—9718 多功能储能式桥丝自动焊接机是

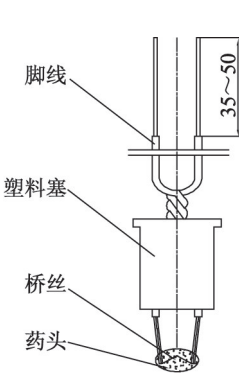


图 1 弹性药头结构示意图

集机、电、气于一体的专用设备,其动力来源于压缩空气,采用电信号进行自动控制,应用机械传动完成各工位的动作。桥丝自动焊接机采用电容储能焊接原理进行焊接,即利用一个能量比较集中的脉冲电能,在适当的压力作用下,通过被焊工件的接触点产生的热量将金属熔接,从而形成具有一定强度的焊点来完成焊接工艺。由于脉冲电能充电、放电过程电流波形较陡,加热集中,没有交流过零的间歇过程,故焊接质量稳定<sup>[6]</sup>。

### 1.2 桥丝储能焊接工艺流程

储能式桥丝自动焊接机桥丝焊接工艺流程如图 2 所示<sup>[7]</sup>。

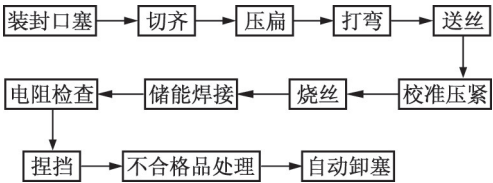


图 2 焊接工艺流程

## 2 铜芯脚线常规条件无法实现储能焊接的原因

### 2.1 原因分析

自 2001 年引进 213 所研制的多功能储能式桥丝自动焊接机,曾多次尝试过采用该设备进行铜芯脚线—镍铬合金丝焊接,但都出现铜芯脚线焊接后焊接部位接触不牢、桥头电阻不稳,以及电引火药头在贮存过程中电阻变化等问题。

<sup>\*</sup> 收稿日期:2011-10-29  
作者简介:欧仙荣(1972~),男,工程师,从事起爆器材工艺技术和产品研发,E-mail:fljszlb@163.com

经分析,其主要原因在于铜芯脚线被焊部位无法实现完全熔接。而无法完全熔接的根本原因在于雷管脚线与焊接工具均为铜质材料,其导电性能优良。牌号为 T2 的铜材,在  $(20 \pm 0.5)^\circ\text{C}$  条件下的导电率为 99.93% (IACS)<sup>[8]</sup>。储能式自动焊接机的脉冲电能无法产生将铜芯脚线焊接部位焊接点金属熔接的热量,故焊接质量不稳定。

2.2 改进措施

- 1) 采用镀锡铜芯脚线替代现有的铜芯脚线,镀锡层厚度为  $0.9 \sim 1.0\mu\text{m}$ ;
- 2) 储能式自动焊接机采用钼质焊接头对被焊工件进行焊接,钼质焊接头结构见图 3。焊接头上所镶的钼材料莫氏硬度 5.5,熔点  $2610^\circ\text{C}$ ;
- 3) 提高储能式自动焊接机电容器的工作电压至  $(190 \pm 5)\text{V}$ ;
- 4) 增大焊接部位的工作压力,以达到焊接部位熔接平整的效果。

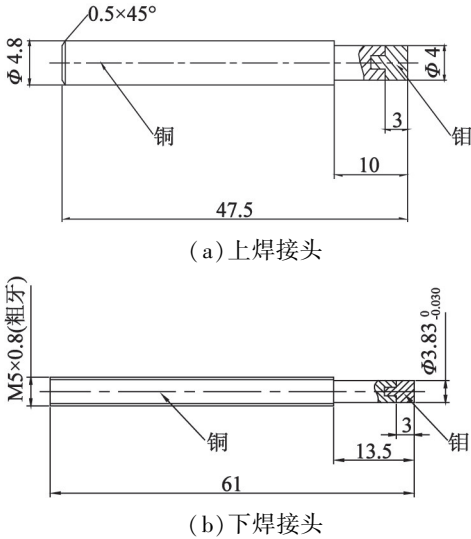


图 3 钼焊头结构示意图

3 储能焊接产品的质量检测

3.1 电阻值分布与对比

采用线芯直径为 0.5 mm 的镀锡铜芯脚线和上海产  $\varnothing 0.040\text{ mm}$  镍铬合金丝进行电引火元件储能焊接,在生产过程中随机实测 60 发产品的全电阻,结果为:  $X_{\text{max}} = 2.06\Omega$ ;  $X_{\text{min}} = 1.89\Omega$ ,基本呈正态分布。取储能焊接与手工锡焊产品各 60 发进行全电阻对比,产品电阻值分布情况见表 1。

表 1 储能焊接与手工锡焊电阻分布  $\Omega$

焊接方式	最大值	最小值	平均值	标准差
储能焊接	2.06	1.89	1.96	0.038
手工焊接	2.10	1.60	1.88	0.127

检测结果表明,在镀锡铜芯脚线和镍铬合金丝

电阻率保持一定的情况下,通过固定桥距进行储能焊接的电引火元件,其电阻值相对稳定,趋于一致<sup>[9]</sup>。而手工焊接依靠肉眼目测进行桥距控制,故其产品电阻值分布相对分散。

3.2 静拉力试验

对以上经过全电阻检测的 60 发电引火元件,采用逐发在其桥丝上悬挂 100 g 砝码,保持 5 s 的方法进行静拉力测试,测试后重新检测产品全电阻,结果为电引火元件全电阻的分布范围与静拉力测试之前一致。静拉力试验结果表明,采用改进措施后的镀锡铜芯脚线焊接点金属熔接质量可靠。

3.3 电性能参数检测

取镀锡铜线储能焊接合格产品,依据 GB 8031—2005《工业电雷管》标准的要求,进行产品的电性能指标测试,结果见表 2。

表 2 储能焊接产品电性能测试指标

项 目	标准要求 <sup>[10]</sup>	实测结果
安全电流/A	$\geq 0.20$	合格
最小发火电流/A	$\leq 0.45$	0.38
发火冲能/ $(\text{A}^2 \cdot \text{ms})$	$2.0 \sim 7.9$	5.5
串联起爆电流/A	$\leq 1.2$	合格
测静电感度时的充电电压/kV	$\geq 8$	合格

试验结果表明:储能焊接产品电性能指标符合标准要求。

3.4 引火药头发火时间对比

取储能焊接与手工焊接产品各 20 发,装配成瞬发电雷管,进行两种电引火药头的发火时间对比,结果见表 3。

表 3 储能焊接与手工锡焊引火药头发火

时间对比				ms
焊接方式	最大值	最小值	平均值	标准差
储能焊接	9.89	7.85	8.86	0.453
手工焊接	10.92	6.95	8.23	0.971

试验结果表明,由于储能焊接产品桥头电阻一致性较好,故其产生的热冲能均匀,点火药从受热至发火的时间间隔较为均匀,即储能焊接的电引火药头自身延期精度较高<sup>[11]</sup>。

3.5 产品贮存试验

取经储能焊接合格的镀锡铜芯脚线电引火药头,装配成发蓝钢壳瞬发电雷管 1000 发,装入纸盒,中包采用电话纸包装、浸蜡后放入库房进行贮存试验。库房环境条件:温度为  $-5 \sim 35^\circ\text{C}$ ;湿度为 55% ~ 90%。贮存时间:2010 年 3 月 10 日 ~ 2011

年 9 月 10 日,共 18 个月。贮存期满后,取出产品,分别进行电阻、延期时间、最小发火电流、发火冲能、安全电流、串联起爆电流试验,结果见表 4。

表 4 产品贮存性能试验

项 目	标准要求	实测结果
电阻/ $\Omega$	$\leq 4.0$	1.93 ~ 2.17
延期时间/ $\text{ms}$	$\leq 12.5$	$X = 8.95$
最小发火电流/ $\text{A}$	$\leq 0.45$	0.41
发火冲能/ $(\text{A}^2 \cdot \text{ms})$	2.0 ~ 7.9	6.2
安全电流/ $\text{A}$	$\geq 0.20$	合格
串联起爆电流/ $\text{A}$	$\leq 1.2$	合格

试验结果表明:产品在保证期内贮存,其性能指标不变,符合 GB 8031—2005《工业电雷管》标准要求。期间,我司陆续投放储能焊接的镀锡铜芯脚线电雷管约 120 万发供省内多家用户使用,均无不良质量反馈。

4 结论

改进后的铜芯脚线电雷管储能自动焊接工艺具有以下优点:

- 1)提高了产品电阻的一致性;
- 2)取消了传统的铜芯脚线手工焊接工艺,减少了生产线作业人员,降低了劳动强度;
- 3)电引火元件生产效率得到了较大幅度的提

高。

参 考 文 献

[1] 李富良,曹敏忠,王宪武. 国内外工业电雷管结构及引火药头部件的对比[J]. 爆破器材,2007,36(4):13-16.

[2] 刘自汤,蒋荣光. 工业火工品[M]. 北京:兵器工业出版社,2003.

[3] 陈文川. 一种新引火药头在纸壳秒延期电雷管中的应用[J]. 煤矿爆破,2001(3):11-13.

[4] 赵杰. 浅谈工业雷管的精度问题[J]. 爆破,2003,20(增刊):111-113.

[5] 《煤矿火工技术丛书》编写组. 矿用爆破器材[M]. 北京:煤炭工业出版社,1978:154-175.

[6] 冯建森. DCQH—9718 多功能储能式桥丝自动焊接机及其应用[J]. 爆破器材,2001,30(4):13-15.

[7] 李富良,刘长江,曹敏忠. 桥丝自动焊接机在工业电雷管制造中的应用[J]. 爆破器材,2003,32(8):21-23.

[8] 路俊攀. 铜及铜合金带材导电性能测试若干问题探讨[J]. 冶金标准化与质量,2002,40(5):54-57.

[9] 刘春根,廖凯峰,陈建国. 刚性与弹性电引火药头性能对比分析[J]. 江西煤炭科技,2008(3):49-50.

[10] 阜新矿务局十二厂. GB8031—2005 工业电雷管[S]. 北京:中国标准出版社,2005.

[11] 李富良,刘长江,曹敏忠. 一种新型的刚性化电引火元件[J]. 爆破器材,2005,34(3):16-18.

The Improvement of Energy-stored Welding Process on Copper Wire

OU Xianrong

Fujian Haixia Science and Technology Chemical Co., Ltd. (Fujian Mingxi, 365201)

[ABSTRACT] It studied a new kind of energy-stored welding process of detonator copper wire-nickel/chromium alloy wire by improving the copper core material, welding tool material and welding parameters. The indices such as the ignition element resistance, static tension, electric performance parameters, firing time and storage performance were experimentally compared. The results show that this new ignition element can meet the requirements of the product technical index and thus is possessed of practical application value.

[KEY WORDS] ignition element, welding process, tinning copper wire, metal welding; resistance

文 摘

1 工业用萘胺炸药的生产

Int. Annu. Conf. ICT 2001. 32nd (Energetic Materials) [化工学会国际年会 2001 年第 32 届(含能材料)],54/1 ~ 54/4(英文)

使用硝酸铵、二硝基萘和木粉在氧平衡原理和能量最优性原理的基础上提出了生产工业萘胺炸药

的两种配方。测定了装药的温度、细度和密度。试验了炸药的爆速、铅柱压缩值、爆热和爆温。这种由硝酸铵、二硝基萘和木粉制出的工业萘胺炸药在温度为 45℃和密度为 1.00 ~ 1.20 g/cm<sup>3</sup> 时具有稳定的性能,它的抗湿性和抗结块性优于 2 号岩石炸药。它可用作 2 号岩石炸药的代替品。

钟一鹏译自美国《化学文摘》  
Vol. 135, No. 23 (2001)