

8
15-17

·新方法·新设计·新产品

铜钢复合材料爆焊生产方法及其应用

江汉石油学院 胡文军 TG456.6

A

摘要 介绍了用爆炸焊接装置生产铜钢与铜钢铜复合材料的方法以及用此复合材料生产闸刀开关等产品的实验结果。

关键词: 爆炸焊接 铜钢复合材料 爆炸复合 铜钢铜复合材料 焊接

1 概述

日常生活和工作中经常使用的闸刀开关等电气产品,其刀片和刀夹座一般采用铜制作。此类产品有以下缺点:

- 1.1 铜材消耗量大,
- 1.2 由于铜片刚度较低的原因,常常出现闸刀开关刀夹座与刀片老化变形,导致接触不良或报废。

鉴于上述弊病,考虑到闸刀开关等实际使用时,只要导体间的接触面为铜与铜接触,而铜的厚度为0.1mm以上即可满足导电要求,我们采用铜

钢与铜钢铜复合板材代替铜材制作闸刀开关等。此种复合材料采用爆焊复合方法制作,在镀锌钢板上单面或双面复合一层铜板,然后将复合板轧制成所需厚度(一般约1mm)。实验及测定结果表明,用铜钢复合材料制作闸刀开关等不仅使其刚度大增,产品质量及寿命大大提高,而且节省铜材消耗约50%以上,对我国电气等行业意义深远,可予以大力推广。

2 两种爆炸复合装置及原理

为了实现大面积生产,采用平行法爆焊复合装

表7 机械性能与金相组织

焦炭种类	铁水牌号	试棒规格	机械性能				HB	金相组织	Sc	RG	RH	Gz
			δ_b N/mm ²	δ_{bb} N/mm ²	f	δ^3						
铸造焦6	QT	基尔										
	600~3	试块	677.9			6.0	220					
铸造焦7	HT		287.5	493.0	4.3							
		∅30	308.1				230	球状 团状 球化				
铸造焦9			292.2	493.0	4.0			球化率90%	0.86	0.96	1	0.96
								P量50%				
冶金焦1			300.3	563.4	2.7							
			289.8	547.8	3.8		220		0.91	1.17	0.97	1.21
冶金焦2			270	426.0	3.2		230		0.85	0.83	1.04	0.84
冶金焦2			260	453.0	3.1		228		0.78	0.69	1.03	0.66

4 结论

4.1 由于铸造焦的灰份低,固定碳高,焦炭块大强度高,从而可在相同焦铁比条件下,铁水温度平均提高55~74℃,最高铁水温度可达到1500℃,这能够保证孕育处理和球化处理的稳定性,对于熔炼球墨铸铁和高牌号灰铁,合金铁创造了有利的条件。

4.2 铸造焦强度高,块度大,均匀,其投炉率可达95%以上,与冶金焦相比,提高8.3%。

4.3 使用铸造焦能提高铁水温度,提高铁水质量,改善铸件的机械性能,并明显降低废品率。这样就降低了最终成本,提高了企业的经济效益。

(编辑 启迪)

置,如图1、图2。

图1中,铜复板平行于铜基板安装,端部起爆。在炸药的驱动下,复板以碰撞速度 v_0 经间距 h 向基板碰撞,在碰撞处,由于高速碰撞产生很大压力,该处的金属受到很大的剪切作用,塑性剪切功转变为热能,促使金属升温,而材料的抗剪强度降低,因此,在碰撞点附近金属有熔



图1 单面覆铜爆炸装置

1.导爆索 2.雷管 3.炸药
4.复板缓冲层 5.铜板 6.铜板
7.基板缓冲层 8.沙垫

化现象,呈现流体状态。根据流体力学的动量守恒定律,坐标系取在碰撞点上,则来流经碰撞点后分成两股:主体射流和再入射流。主体射流实际上是被焊好的复板层,而再入射流实际上是从复板和基板表面剥离下来的表面层金属。板的表面层是污染面,产生射流的结果就是把污染面冲洗干净,使得复板和基板露出洁净的接触表面。在高压作用下,



图2 双面覆铜爆炸装置

两种板材的表面就可牢固地结合在一起。图2为铜铜爆炸装置,上面两层复板在爆炸复合后构成复合复板,在爆轰产物驱动下继续加速运动,直到与第三层基板发生碰撞而焊接在一起。

3 爆炸复合参数的选择及计算

3.1 爆炸初始参数

铜、钢的体积声速 v_s 分别为3970m/s、4800m/s。生产中为防失误,采用长×宽=(500~1000)×(100~200)mm的规格下料。所用炸药要求爆速稳定,爆速较小,价格低廉,安全无毒。我们采用2#岩石硝铵炸药,生产时,将纸盒放在复板上面的缓冲层上,将粉状硝铵炸药均匀地铺撒在药盒中,刮至与纸盒边缘齐平。按体积重量法测得安装好后的炸药密度约为0.58~0.61g/cm³。本文用BSW-1A型五段爆速仪测得实际生产时爆速为2000~2500m/s,可见爆速低于材料体积声速,符合爆炸原则。

由于炸药感度较低,加之装药密度小,为了保

证起爆可靠,安装方便,且为了保证爆轰波阵面尽量保持线状,采用一发8#工业雷管绑扎在一段导爆索上,横置于炸药端边起爆。

图1中,单位面积炸药量 q 按下式估算:

$$q = 1.33 \sqrt{\delta \rho} \quad (1)$$

式中, δ —复板厚度,cm; ρ —复板密度,g/cm³。

图2中,药量 q 参考上式计算,其中 ρ 、 δ 可分别取复合板的平均密度和总厚度。

图1中,基、复板间距 h 必须足够大,复板才可加速至所需碰撞速度。但 h 太大时碰撞速度又会减小。我们按照Ezra经验方法,根据复板比重和复板厚度来确定 h 大小。比重为<5.5~10、>10时, h 分别为(1/3~2/3) δ 、(1/2~1) δ 、(2/3~2) δ 。

图2中,1、2层间距 h_1 按图1确定,2、3层间距 h_2 按(1~2) h_1 确定。

为了安装方便,间距 h 由自制“间距控制器”冲成,使得复板或基板边缘形成至少四个半圆凸部,即为间距支撑。

爆炸在复板中产生的冲击压力很高,故应设置适当的缓冲层与炸药隔开,否则就会出现复板散裂现象。此缓冲层必须与复板紧密接触,以便冲击传递均匀及防止缓冲层与复板表面产生二次射流使表面损坏。缓冲层可用橡胶、有机玻璃、纸板等。一般以橡胶最好;爆焊后铜表面比较光滑平整。

基板及基板缓冲层平放在底垫上进行爆焊。底垫可用钢垫、沙垫等。从实验效果看,沙垫效果最好,成本最低。

基复板待结合面应尽量平整光滑,在焊接前要清除油污及氧化膜。对铜、钢分别用酸洗、碱洗、待干燥后,施工前用砂布打磨。清洗工作要在爆焊前不久,否则会发生二次氧化。

3.2 爆炸动态参数

平行法爆炸时,碰撞点速度 v_k 等于爆速 D 。

图1中使用Richter公式计算碰撞角 β 。对铜/钢为1mm/1mm组合时,算得 $h=1$ mm时, $\beta=10.6^\circ$ 。

图1中,按照一维平板运动的近似解析式计算复板碰撞速度 v_0 ,取 $D=2070$ m/s,得 $v_0=588$ m/s。

表1 爆炸复合实验及生产记录摘要

长×宽×厚 (mm) (铜/钢/铜)	起爆处	间距 (上/下) (mm)	缓冲层 (厚mm)	药厚 (mm)	底垫	现象
135 × 75 × (1/1)	端部	1	无	30	钢垫	三次中有一次出现 钢板裂开
255 × 77 × (1.2/2)	端部	1	纸壳 (3.5)	25	阻焊 钢垫	复合板铜表面不平 有烧蚀和二次射流
320 × 77 × (2/2)	端部	2	纸壳 (3.5)	30	沙垫	铜面有射痕, 复合板 变形凸出约20mm
265 × 77 × (2/2)	端部	1.8	纸壳 (3.5)	30	沙垫	复合板表面不平, 变形
261 × 78 × (1.2/2)	端部	1.0	纸壳 (3.5)	25	沙垫	复合板表面不平, 变形
500 × 126 × (1.2/2)	端部	1.0	橡胶 (2)	25	沙垫	焊好, 复合板表面光滑
767 × 121 × (0.5/2)	端部	0.5	橡胶 (2)	15	松沙	未完全焊上
1000 × 138 × (0.5/2)	中部	0.5	橡胶 (2)	15	实沙	未完全焊上, 中部切断为二
1000 × 126 × (1/1)	中部	1	橡胶 (2)	20	松沙	焊好
110 × 60 × (1/1/1)	端部	1/2	橡胶 (2)	30	松沙	焊好
150 × 85 × (1/1/1)	端部	1/1.5	橡胶 (2)	30	松沙	焊好
210 × 162 × (1.5/2/1.5)	端部	2/2	橡胶 (2)	38	松沙	焊好

4 爆炸复合实验结果及生产记录

本文对不同的板材规格、不同起爆点、不同间距、不同缓冲层、不同药厚、不同底垫分别进行了对比实验。为爆焊生产构筑了一个 $\phi 3000\text{mm}$ 、壁厚400mm、深2500mm的爆炸井作为爆炸场地。实验结果及生产记录见表1。

经爆焊施工后的铜钢与铜钢复合板还需要经过退火、再用轧机轧至所需厚度。例如铜/钢为1mm/1mm组合时, 爆炸复合板为1.9mm厚, 经轧机轧制到1mm厚, 再经矫平机矫平, 然后通过铣削或其它工艺可加工成制作闸刀开关所需的复合材料。

复合板经过分离强度、剪切强度、抗拉强度、抗弯强度等测定, 均符合要求, 其导电性能完全满足用电要求。

5 讨论

5.1 从本文实验结果看, 爆焊时复、基板厚度以 $\geq 1\text{mm}$ 为宜, 复板太薄不利于爆焊。

5.2 生产铜钢复合材料采用爆焊复合方法, 其工艺简单实用, 废品率低, 所需设备少, 成本低廉。

5.3 铜钢复合材料代替钢材节省了我国本来就较缺乏的铜资源, 具有重要意义。

5.4 用刚度较大的铜钢复合材料制作闸刀开关的刀片与刀夹座, 大大提高了产品质量和使用寿命。

5.5 用铜钢复合材料代替钢材是一条新的思路。铜钢复合材料用途很广, 不仅可制作闸刀开关, 而且可用在电气插头插座、瓷插式熔断器等产品上, 甚至还可推广至其它产品、其它行业。

(编辑 启迪)