

TIG 电弧热丝对铜、钢堆焊的工艺研究

柳燕, 姜华, 韩家强, 赵广军, 王晰

(北方华安工业集团有限公司, 黑龙江 齐齐哈尔 161046)

摘要: 针对某产品铜带焊接工艺, 提出了一种电弧热丝方式应用于 TIG 堆焊铜、钢工艺的研究。电弧热丝可有效预热低电阻率的焊接材料, 如铜; 传统的电阻热丝只能加热具有高电阻率的焊接材料, 如钢。采用电弧热丝系统, 热丝电流小于 50 A 时即可有效预热焊丝, 与电阻热丝电流 400 A 相当。在相同焊接电流下, 能够大大提高焊接熔敷速度; 在相同送丝速度下, 降低焊接电流, 大大降低焊接设备功率。同时证明 2 种热丝加热方式对钢基体、铜合金的影响相同, 特别是对堆焊层铜合金中泛铁量的影响相当。

关键词: 电弧热丝; 电阻热丝; TIG 堆焊; 泛铁量

中图分类号: TG444.74 **文献标识码:** A

文章编号: 1674-6457(2012)03-0043-04

Welding Technology Research of TIG Arc Hot Wire to Copper and Steel

LIU Yan, JIANG Hua, HAN Jia-qiang, ZHAO Guang-jun, WANG Xi

(The North Hua'an Group Company, Qiqihar 161046, China)

Abstract: A kind of arc hot wire method is put forward to TIG welding copper and steel technology research for copper welding process of a product. Arc hot wire can effectively preheat welding materials with low resistivity, such as copper; while the traditional resistance hot wire can heat welding materials with high resistivity only, such as steel. Using arc hot wire system, wire can be preheated effectively when hot wire current is less than 50 A which is equivalent to resistance hot wire current 400 A. Under the same welding current, the weld speed can be greatly improved; in the same wire feed speed, the welding current can be reduced, which can greatly reduce the welding equipment power. At the same time that two kinds of heating methods have the same effect on steel matrix and copper alloy, especially the effect on the extensive iron content of copper alloy in surfacing layer.

Key words: arc hot wire; resistance hot wire; TIG surfacing; extensive iron content

普通 TIG 焊(惰性气体钨极保护焊)的焊接电流实际上很少超过 200~250 A, 一次焊透能力难以超过 1~3 mm。板厚超过 6 mm 时, 必须采用 V 形坡口、X 形坡口或 U 形坡口, 而这时由于填充焊丝熔敷速度很低, 焊接速度往往很慢, 采用热丝 TIG 焊是克服这一缺点的有效途径^[1]。热丝 TIG 焊的工作原理是将焊丝加热到一定温度后再送入焊接熔

池之中, 提高热输入量, 从而实现高的熔敷速度, 提高焊接速度。此外, 焊丝经过预热, 焊丝表面的氧化膜及油污可以得到净化, 使焊缝的质量更好。从焊缝热输入量的角度看, 焊丝预热的能量和焊接电弧的能量分别独立控制, 焊接熔敷速度的提高与焊缝热输入量的增加没有直接关系, 即在不提高热输入的条件下, 提高焊接熔敷速度, 使焊丝熔化速度增

收稿日期: 2011-11-23

作者简介: 柳燕(1978—), 女, 黑龙江省齐齐哈尔人, 工程师, 主要从事焊接、热处理方面的技术工作。

加。同普通 TIG 焊相比,热丝 TIG 焊可使焊丝熔敷速度提高 1~4 倍。同 MIG 焊(惰性气体保护金属极电弧焊)相比,其熔敷速度相差不大,但是热丝 TIG 焊的送丝系统独立于焊接电流,因此能够更好地控制焊缝成形^[2]。

传统铝、铜的电阻热丝焊接,由于电阻率小,要求很大的加热电流,造成过大的电弧磁偏吹和熔化不均匀^[3]。电弧热丝将电弧直接作用在铝、铜等低电阻率材料上,不会出现电弧磁偏吹和熔化不均匀的现象。笔者通过采用紫铜 HS201 焊丝在 45CrNiMoVA 中碳调质钢基体表面上进行 TIG 堆焊试验,对比电弧热丝与电阻热丝对基体的影响,并总结 2 种热丝加热方式对铜带焊接的影响。

1 电弧热丝与电阻热丝预热温度的分析对比

1.1 电弧热丝工作原理

电弧热丝系统采用独立的 TIG 电弧加热即将进入熔池的焊丝,提高熔敷速度^[4]。其工作原理如图 1 所示。

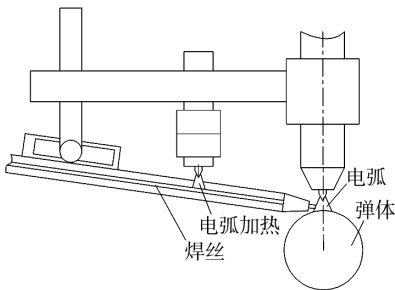


图 1 电弧热丝原理

Fig. 1 Schematic diagram of arc hot wire

1.2 电阻热丝工作原理

电阻热丝系统是填充焊丝进入熔池前由加热电

源通过导电块对其通电,依靠电阻热将焊丝加热至预定温度,以提高熔敷速度。其工作原理如图 2 所示。

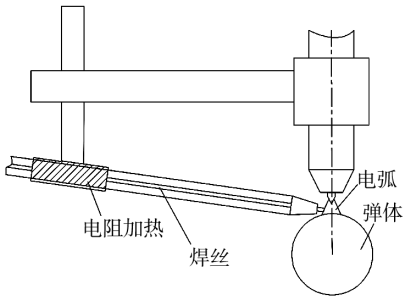


图 2 电阻热丝原理

Fig. 2 Schematic diagram of resistance hot wire

2 电弧热丝、电阻热丝对电流、送丝速度的影响

结合现有 2 台堆焊机进行工艺研究。1 号堆焊机采用电弧热丝方式焊接,2 号堆焊机采用传统的电阻热丝方式焊接(如图 3、图 4 所示)。2 台焊机堆焊相同焊接试件,在相同电流、不同送丝速度情况下或相同送丝速度、不同电流情况下采用红外辐射测温仪测量试件在焊接过程中固定处的温度变化(温度误差在 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$)。焊接过程中固定处的温度变化(100 件焊接试验温度的平均值)见表 1。

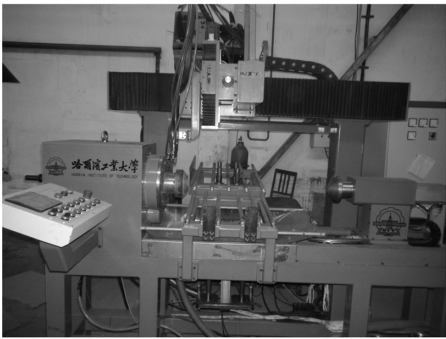


图 3 配有电弧热丝系统的焊机

Fig. 3 Wire system with arc welder

表 1 热丝的温度

Table 1 Hot wire temperature

$^{\circ}\text{C}$

序号	送丝速度 (mm · min ⁻¹)	1 号焊机电弧加热电流/A					2 号焊机电阻加热电流/A				
		10	20	30	40	50	100	150	250	300	400
1	1 500	354	550	757	—	—	340	564	723	758	—
2	2 000	195	414	651	—	—	211	423	642	660	—
3	3 000	144	290	410	627	—	165	301	450	610	—
4	4 000	137	245	329	443	512	142	257	354	430	508
5	5 000	92	190	270	365	447	104	200	290	354	430

注:— 表示焊丝已经熔断。



图 4 配有电阻热丝系统的焊机

Fig. 4 Wire system with resistance hot welder

表 1 数据表明,1 号焊机、2 号焊机在相同送丝速度下,热丝温度随着焊接电流的增加而增加;而在

表 2 不同送丝速度时电弧热输入量

Table 2 Arc heat inputs at different wire feed speeds

	热丝温度 范围/℃	送丝速度 $v/(mm \cdot min^{-1})$			
		2 000	3 000	4 000	5 000
1 号焊机电弧热源功率	400~450	20U	30U	40U	50U
2 号焊机电弧热源功率		150U	250U	300U	400U
1 号焊机电弧热源功率	500~550			50U	
2 号焊机电弧热源功率				400U	
1 号焊机电弧热源功率	600~650	30U	40U		
2 号焊机电弧热源功率		250U	300U		

注:热丝电压 U 一般为 2~6 V,取决于焊丝伸出长度数值。

热输入,J/mm; I 为焊接电流,A; U 为电弧电压,V;
 v 为焊接速度,mm/min。

因焊接线能量是热输入 Q 和焊接速度 v 之比,当焊接速度 v 不变时,热输入 Q 决定了焊接线能量的大小。

试验中 2 台焊机热丝插入熔池的长度接近,因此热丝电压在对比中可不计。由表 2 可以看出,热丝温度场保持在 400~450 ℃,500~550 ℃,600~650 ℃时,相同送丝速度下,1 号焊机电弧所需热输入仅为 2 号焊机电弧热输入的 13%,即 1 号焊机焊接线能量仅为 2 号焊机的 13%,大大节省了能源,降低了设备的能耗。

4 电弧热丝、电阻热丝对堆焊层中泛铁量的影响

铜与钢在高温下无限互溶。焊接过程中,钢中

相同的焊接电流下,热丝温度随着送丝速度的增加而下降。2 台焊机在相同送丝速度、相近热丝温度下,焊接电流数值明显不同,2 号焊机焊接电流是 1 号焊机焊接电流的 7~8 倍。通过数据表明,1 号焊机在正常焊接速度下,热丝电流在 20 A 以上时,焊丝温度达到 500 ℃ 以上;2 号焊机在正常焊接速度下,热丝电流在 150 A 以上时,焊丝温度才可达到 500 ℃ 以上。

3 电弧热丝、电阻热丝对焊接线能量的影响

焊接电弧的热丝温度场保持在一定温度范围内,送丝速度不变,电弧的热输入见表 2。

热输入 $Q=I \times U \times 60/v^{[5]}$, 式中: Q 为电弧的

的铁元素通过溶解和扩散,以及部分熔化铁在电弧力的搅拌作用下,进入液态铜合金中,冷却后残存在铜合金中以游离相形式存在,形成“泛铁”,严重影响了堆焊层强度、硬度、韧性等力学性能,必须对其进行控制。

采用电阻热丝加热,电阻热丝电流为 300 A 时焊接得到的堆焊层铜、钢界面如图 5 所示;采用电弧热丝加热,电弧热丝电流为 40 A 时焊接得到的堆焊层铜、钢界面如图 6 所示。由图 5 和图 6 可以看出,铁发生微量熔化,并与铜发生反应形成反应层,由标尺可知,反应层厚度两者接近,大约为 20 μm,经能谱(EDXA)分析后,泛铁量均≤1.2%。充分说明了在堆焊工艺保证基体微量熔化情况下,2 种热丝系统对基体的泛铁量影响相当。

送丝速度在 1 500~4 000 mm/min 范围内铜、铁堆焊层泛铁量的变化曲线如图 7 所示。可以看出,电阻热丝的泛铁量为 0.45%~1.2%,电弧热丝

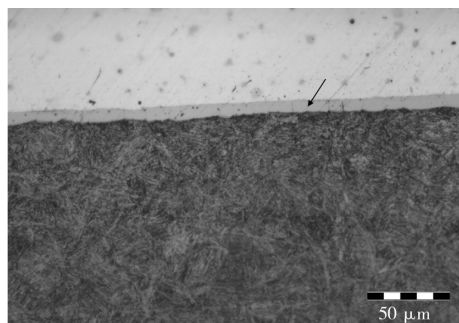


图5 电阻热丝加热

Fig. 5 The resistance hot wire heating

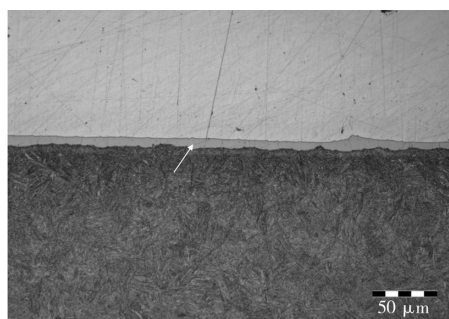


图6 电弧热丝加热

Fig. 6 Arc hot wire heating

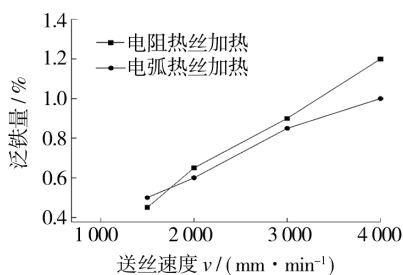


图7 送丝速度与泛铁量的对比

Fig. 7 Contrast between wire feeding speed and extensive iron content

的泛铁量为 0.5%~1.0%。在相同送丝速度下,两者泛铁量数值接近,为 0.05%~0.2%。

5 结语

1) 采用电弧热丝加热,只需较小的热丝电流即可有效预热焊丝,其热丝电流在 50 A 时,与电阻热丝电流 400 A 相当,特别适用于低电阻率材料的 TIG 焊接。

2) 在焊接相同基体、相同送丝速度条件下,电弧对焊丝预热所需焊接线能量比电阻节省 87%。

3) 无论采用电阻加热焊丝还是采用电弧加热焊丝,其对堆焊层铜合金中的泛铁量影响相当。只要焊接工艺配置合理,两者均可在较高的焊接速度下获得较大的熔敷率,降低堆焊层中金属的泛铁量。

参考文献:

- [1] 胡特生. 电弧焊[M]. 北京:机械工业出版社,1994.
- [2] 李志宇,白孝良. 热丝钨极氩弧焊管机设备及工艺的研究[J]. 焊接技术,1992(4):15-20.
- [3] 李亚江,王娟. 特种焊接技术及应用[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
- [4] 吕世雄,孙清洁,范阳阳,等. 电弧热丝 TIG 焊工艺特点分析[J]. 焊接,2007(10):41-43.
- [5] 张文钺. 焊接冶金学[M]. 北京:机械工业出版社,2002.

(上接第 26 页)

5 结语

通过对材料为 40CrNiMoA 和 GH2132 紧固件冷镦工艺的研究,可以得出以下结论。

1) 冷镦原材料状态对冷镦成形有重要的作用。对于 40CrNiMoA 和 GH2132,在冷镦前进行合适的球化退火/退火热处理,对冷镦成形非常有利。

2) 利用有限元软件 Deform3D 可以准确模拟分析冷镦成形过程,为冷镦模的优化设计提供有价

值的参考信息。

参考文献:

- [1] 李莎. 冷镦钢与钢的冷镦性能评价[D]. 唐山:河北理工大学,2006.
- [2] 单祖辉. 材料力学[M]. 北京:高等教育出版社,1999:294-301.
- [3] 中国航空材料编委会. 中国航空材料手册 R1. 0[M/CD]. 西安:西安赛人数字技术有限公司,2004.