

电弧热丝 TIG 焊工艺特点分析

哈尔滨工业大学现代焊接生产技术国家重点实验室(150001) 吕世雄 孙清洁 范阳阳 杨士勤

摘要 介绍了一种电弧热丝 TIG 焊方法,在焊接时采用电弧对紫铜焊丝进行预热后,再将焊丝堆焊在 20 钢板上,焊接时在保证焊接电弧能量不变的同时,分别考查了焊丝温度升高与热丝电流之间的关系;焊丝温度升高与送丝速度之间的关系。试验表明,焊丝的温度随热丝电流的升高而升高,随送丝速度的升高而降低。并证实了热丝焊接技术可以提高钨极氩弧焊在堆焊时的熔敷速度,是一种高效的堆焊方法。

关键词: 电弧 热丝 堆焊 焊接工艺

中图分类号: TG444+.74

0 前言

传统的 TIG 焊由于其电极的载流能力有限,电弧功率受到限制,焊缝熔深浅,焊接速度低,使用受到一定限制。尤其是中等厚度的焊接结构,需要开坡口和多层焊。多年来,许多研究都集中在如何提高 TIG 焊的焊接效率,即熔敷速度和焊接速度。而热丝 TIG 焊是在普通 TIG 焊的基础上对焊丝进行预热,以提高热输入量,增加熔化速度,从而提高焊接速度^[1]。其原理是将焊丝加热到一定温度后再送入焊接熔池之中,从

而实现高的熔敷速度。此外,焊丝经过余热表面得以净化以及余热电流对熔池的搅拌作用、预热电流的磁场作用可以改变焊接电弧的形态等多种因素的共同作用,使得焊缝质量更为优良。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的关系,即在不提高热输入的条件下,提高焊接熔敷速度,使焊丝熔化速度增加。在相同电流的情况下,焊接速度可提高一倍以上。

同 TIG 焊相比,热丝 TIG 焊明显地提高了熔敷速度、焊接速度,适合于焊接中等厚度的焊接结构,同时又具有 TIG 焊高质量焊缝的特点。同 MIG 焊相比,其

收稿日期: 2007-04-30

(3) TC4 钛合金焊缝金属的冲击韧度略低于母材金属的冲击韧度;其冲击断口均为韧性断口,但焊缝金属断口表面起伏较小,剪切唇和纤维区中的韧窝尺寸也较小较浅。

参考文献

- [1] C 莱茵斯, M 皮特尔斯. 钛与钛合金[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006. 1-22.
- [2] Ohkubo M. Welding and joining methods-3. Electron beam welding[J]. Journal of Light Metal Welding and Construction, 2002, 40(10): 488-490.
- [3] Bergmann J P. Mechanical behaviour of overlap joints of titanium[J]. Science and Technology of Welding and Joining, 2005, 10(1): 50-60.
- [4] 张洪涛, 何 鹏, 冯吉才, 等. Interfacial microstructure and strength of dissimilar joint Ti3Al/TC4 welded by the electron beam process[J]. Material Science and Engineer-

ing, 2006, A425: 255-259.

- [5] 许鸿吉, 尹丽香, 李晋炜, 等. TC4 钛合金电子束焊接接头组织和性能[J]. 焊接学报, 2005, 26(11): 43-46.
- [6] 张喜燕, 赵永庆, 白晨光. 钛合金及应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005. 81-98.
- [7] 曾 乐. 现代焊接技术手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1993. 200-287.
- [8] 付 刚, 胡 刚. TC4 钛合金超塑成形/扩散连接后电子束焊接技术[J]. 航空制造技术, 2004(12): 72-80.
- [9] 潘政全, 于玉平, 高艳芸. 钛合金焊接工艺的探讨[J]. 化工装备技术, 2002(2): 13-14.
- [10] 崔约贤, 王长利. 金属断口分析[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1998. 21-40.

作者简介: 钟 玉, 1979 出生, 硕士研究生, 从事材料先进连接方法和技术研究。

熔敷速度相差不大,但是热丝 TIG 焊的送丝速度独立于焊接电流,因此能够更好地控制焊缝成形,对于开坡口的焊缝,其侧壁熔合性比 MIG 焊好得多^[2]。

1 电弧热丝预热温度的分析

采用 TIG 电弧为加热源,对即将进入熔池的焊丝进行直接加热,原理如图 1 所示。

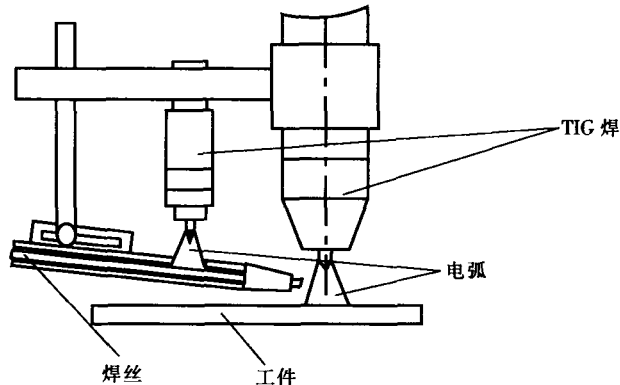


图1 电弧热丝原理图

影响焊丝温度的主要因素有热丝电弧电流 I , 送丝速度 v , 焊丝的表面散热 Q_f , 焊接电弧对焊丝的辐射传热 Q_r 。其中, 前两项是主要影响因素。 Q_f 的影响在无热丝焊接的情况下依然存在, 因此在对比时可略去, 而 Q_r 可以归于考虑电弧的有效加热效果 η 。

2 热丝电弧电流和送丝速度的影响

图2为测量原理图, 利用储能点焊将热电偶焊在焊丝上并装卡在工作台上。焊枪在电机的带动下, 以

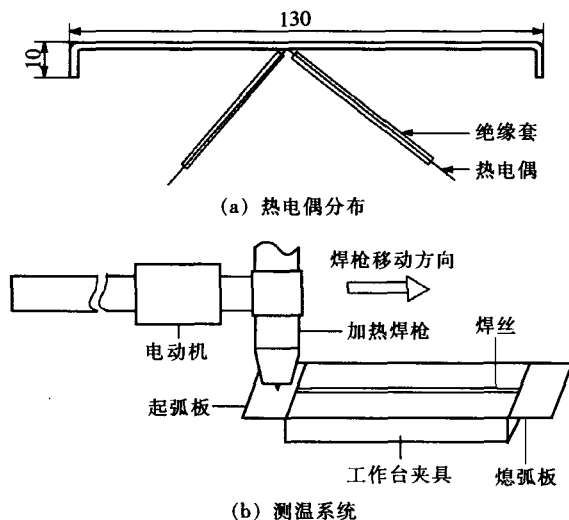


图2 测温系统原理图

一定的速度运动模拟焊丝送入。有热电偶产生的电信号接入多路测温设备, 再将其得到的数据传入电脑用以存储、分析。

由图3可看出, 温度在某一时刻陡升, 之后缓慢下降。移动热源温度场^[3]热源处温度最高, 因此可认为曲线的最高点是电弧经过热电偶时的温度, 而焊丝送入熔池时的温度结合送丝速度、电弧加热处与熔池距离利用插值^[4]得出。经处理后, 提取出温升值见表1。

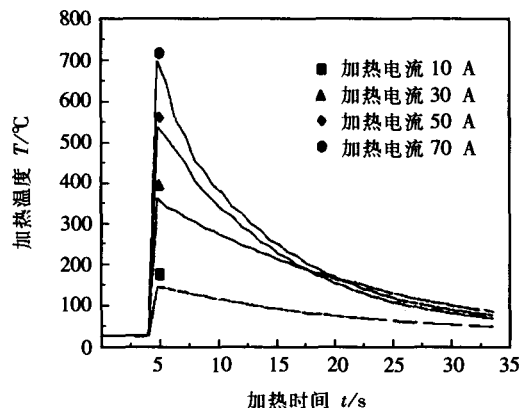


图3 送丝速度为4000 mm/min时温度记录图

表1 热丝在熔池处的温升

加热电流 I/A	送丝速度 $v/(mm \cdot min^{-1})$				
	1 333	2 000	3 000	4 000	5 000
10	344.00	185.99	146.88	142.32	85.22
15	448.55	339.82	253.80	193.25	141.95
20	569.27	417.26	288.32	244.18	198.67
25	665.11	571.36	350.20	292.74	236.51
30	760.94	661.20	408.23	339.82	274.36
35	—	751.03	514.35	387.95	312.67
40	—	—	611.41	434.61	350.99
45	—	—	707.21	471.53	400.79
50	—	—	—	508.44	450.59
55	—	—	—	545.36	472.91
60	—	—	—	582.27	495.22
65	—	—	—	612.37	544.88
70	—	—	—	642.47	594.53

注: —表示焊丝已经熔断, 测温被迫中断而没有数据

由表1中的数据作加热电流和送丝速度也焊丝温度的曲线图, 如图4所示。图4a为温升随热丝电弧电流与焊丝温度的关系, 图4b为送丝速度与焊丝温度的变化关系。

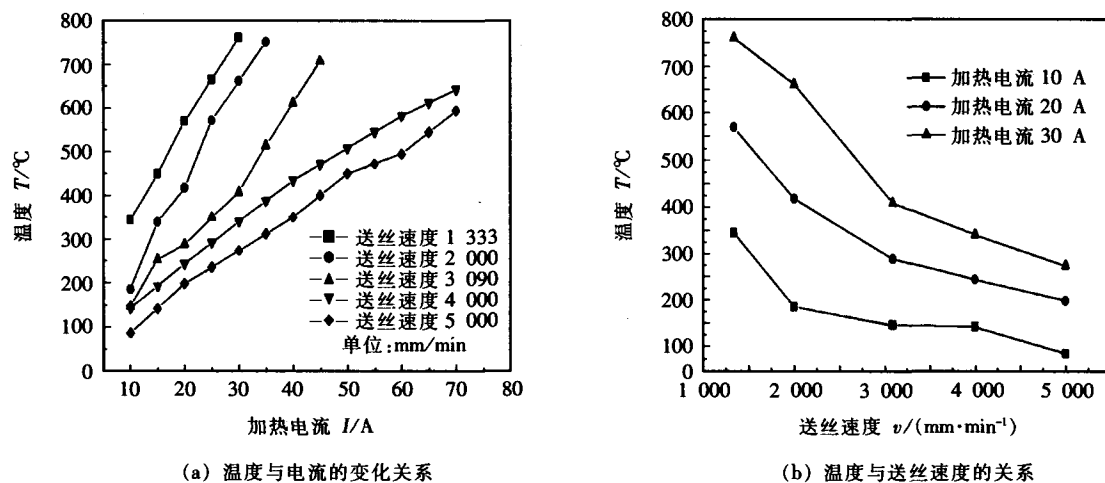


图4 温度与热丝电流、送丝速度的变化关系

由图4可以看出,在送丝速度一定时,温升随电流呈线性增加,其斜率由加热效率 η 决定;而当热丝电流一定时,温升随送丝速度呈双曲线规律减小,双曲线的形状由加热效率 η 决定。由曲线斜率可计算出不同送丝速度的热丝加热效率 η ,见表2。

表2 不同送丝速度时的加热效率

送丝速度 $v/(mm \cdot min^{-1})$	1 333	2 000	3 090	4 000	5 000
加热效率(%)	10.3	11.3	12.0	11.4	11.7

3 熔敷速度试验

该试验采用HS201焊丝在20钢板上堆焊的方式,焊接电弧(电弧电压、焊接电流)能量不变。送丝速度采用能够维持稳定熔敷的最高速度。工艺参数见表3。

由表3可以看出,对比2种不同送丝情况下的焊接方法,在相同的焊接电流与焊接电压下,热丝时焊接速度可以提高26.8%,堆焊宽度范围提高47.5%,最重要的是采用热丝焊接,熔敷速度大幅度提高,达到了96%,熔敷系数也提高到了74%。

表3 熔敷速度试验参数及结果

项目	焊接电流 I/A	电弧电压 U/V	焊接速度 $v/(mm \cdot min^{-1})$	堆焊高度 h/mm	堆焊宽度 B/mm	热丝电流 I/A	热丝电压 U/V	熔敷速度 $v_1/(g \cdot min^{-1})$	熔敷系数 $/[g \cdot (min \cdot kw)^{-1}]$
冷丝	240	15	71	4	16	0	0	40.62	11.28
热丝	240	15	90	4.2	23.6	35	13	79.75	19.67

4 结 论

(1) 电弧热丝法焊丝的温升与热丝电弧电流呈线性关系,与送丝速度成反比。

(2) 采用电弧热丝法可使熔敷速度提高96%、熔敷系数提高74%。

(3) 电弧热丝TIG焊能够大幅度提高TIG焊的效率。

参 考 文 献

[1] 杨春利,林三宝.电弧焊基础[M].哈尔滨:哈尔滨工业大

学出版社,2003.108.

- [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] D 拉达伊[德].焊接热效应[M].北京:机械工业出版社,1997.43-53.
- [4] 王训宏.工艺参数对ECAP镁合金焊接接头性能的影响[J].特种铸造及有色合金,2006(11):742-744.

作者简介: 吕世雄,1957年出生,高级工程师,博士研究生,研究方向为有色金属连接、特种连接、异种金属连接。