

铝合金变极性 TIG 焊工艺特点

⑧ 232-237

耿 正 张广军 邓元召 李莉群
(哈尔滨工业大学)

殷树言
(北京工业大学)

TG457.14
TG444.74

摘 要 对变极性电源在铝合金 TIG 焊中工艺特点进行了研究,探讨了影响阴极清理作用、钨极端头烧损的各种因素及其作用规律。研究表明变极性电源由于可调规范参数多、变化范围大、通过控制电源的输出电流波形,可以有效地控制电弧的形态,增大钨极为正半波的电流幅值,减少其时间,使电弧由扩散形变为收缩形,焊接过程向直流正极性靠近,满足阴极清理的基本要求,减少钨极烧损,灵活地控制焊缝成形,从而获得良好的焊接结果。

关键词: 铝合金 TIG 焊 变极性电源 阴极清理 钨极烧损

0 序 言

铝及其合金在工业中尤其在航天航空等国防工业中应用越来越广泛,对其焊接技术提出了更高的要求。铝合金焊接既要发挥阴极清理作用去除表面致密的氧化膜,又要减少钨极烧损,保持钨极端头形状。特别是在自动焊接中,高清理低钨极烧损的 TIG 焊接系统成为人们期望的。沿着这一思路,铝合金 TIG 焊接方法经历了直流钨极接负(DCEN)、直流钨极接正(DCEP)、正弦波交流、方波交流发展到变极性 TIG 焊接。变极性电源作为近十年发展起来的一种新型焊接电源,继承了方波电源的优点,其输出电源 DCEN、DCEP 半波时间、幅值独立可调。变极性电源通过进一步减少 DCEP 的时间和增大 DCEP 半波电流幅值,在保证获得足够的阴极清理区条件下,最大限度地减少钨极为正的时间,使电弧的特点向直流钨极接负(DECN)靠近,这是其优点。

变极性电源在国外发展很快,目前已有定型产品。而国内在这方面研究还处于起步阶段。本文在自制的电源上开展铝合金变极性 TIG 工艺特点的系统研究,这对于在国内推广变极性电源,提高铝合金焊接水平有重大意义。

1 变极性电源

本研究采用自行开发的变极性电源,其主要技术参数如下:

钨极为负和钨极为正半波电流独立调节,调节范围为 5~250A;

钨极为负和钨极为正半波时间独立调节,调节范围为 0.5ms~DC;

工作频率调节范围为 DC~1kHz。

变极性电源主电路采用恒流电源加二次逆变桥结构,由计算机控制系统控制焊机的输出电流波形,图 1 是其主电路原理图。

在图 1 中,由功率开关管 IGBT 组成的逆变桥通过两组开关管 Q_1 和 Q_3 、 Q_2 和 Q_4 的交替开通与关断把前级逆变式恒流电源输出的脉动直流变成极性变化的方波交流输出,由计算机控制电源输出方波交流的 DCEP 半波的电源幅值 I_1 、持续时间 T_1 和 DECEN 半波的电流幅值 I_2 、持续时

间 T_n 等四个参数。而整个电源的外特性, 电流调节特性及动特性主要由前级恒流源决定。

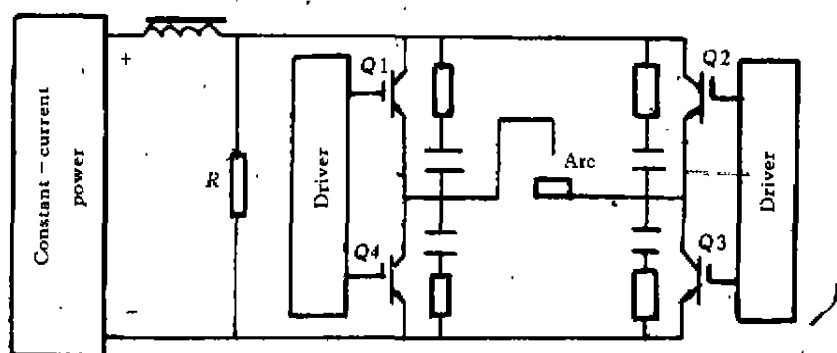


图1 变极性电源主电路原理图
Fig.1 Main circuit of variable polarity power

计算机主要控制前级恒流源的电流给定和后级逆变桥的开关时间。计算机控制系统的软件主要包括参数预置、焊接过程顺序控制、电流缓升、电流缓降、在线可控制、焊接速度控制和服务菜单等部分。控制参数由计算机键盘直观输入, 屏幕显示焊接规范参数和焊接电流波形。

由于变极性电源提供了分别可调地 DCEN、DCEP 半波电流幅值和持续时间, 所以可以用来对铝合金交流 TIG 焊的工艺特点进行深入的研究。

2 阴极清理作用及其影响因素的试验

阴极清理作用去除表面氧化膜是铝合金焊接的重要一环, 只有充分去除焊道上的氧化膜才有可能得到优质的焊接接头。由于去除氧化膜只发生在 DCEP 半波, 在此半波钨极极易烧损变形。因此, 希望在满足阴极清理前提下, 尽量减少 DCEP 半波时间, 这也是研制变极性电源的主要目的之一。为此, 研究了阴极清理作用的影响因素。

试验条件为: 工件为 LF 6m 铝合金, 工件厚度为 3mm, 焊接速度 $v = 30\text{mm/min}$, 氩气流量为 7L/min , 弧长 1.5mm, 喷嘴直径 6.5mm, 钨极干伸长为 7mm。

观察到去除氧化膜时发出哒哒的声音, 同时有红色焰火。定点焊接时, 清理区由中心向四周扩展, 同时弧根也逐渐上移, 最大阴极清理区由焊枪喷嘴直径决定。移动焊接时, 清理区保持一定宽度向前扩展, 清除氧化膜发生在熔池前半圆 1mm 左右。

主要试验结果如表 1 和图 2 所示。

表1 试验数据 ($I_n = 120\text{A}$, $t_n = 8\text{ms}$, $I_p \times t_p = \text{常数}$)
Table 1 Data of experiment in which $I_n = 120\text{A}$, $t_n = 8\text{ms}$, $I_p \times t_p = \text{cont}$

Group	$I_p(\text{A})$	$T_p(\text{ms})$	Effective value of current(A)	Cleaning width (mm)	Tungsten wear (mg)
1	160	1	53.33	10.0	0.8
2	80	2	35.77	7.2	1.2
3	40	4	23.19	5.4	2.0

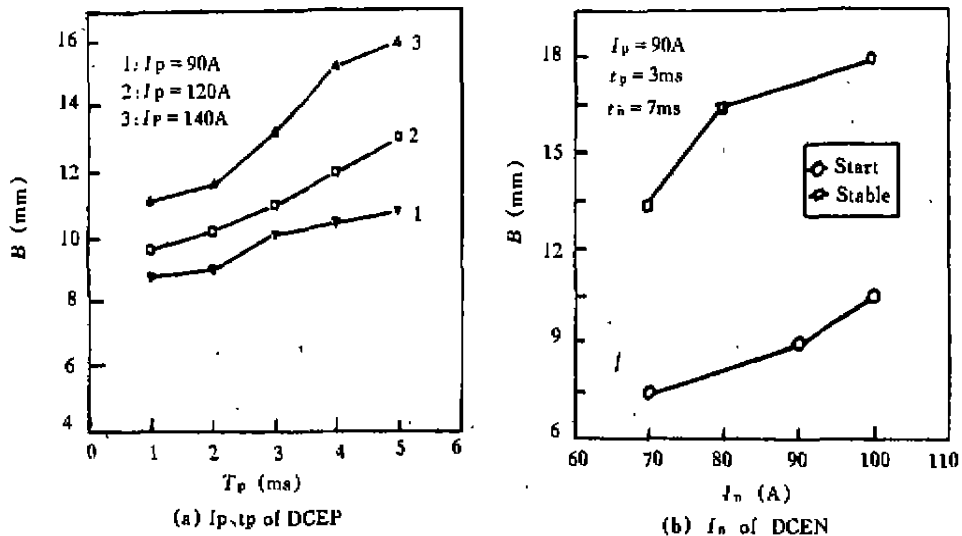


图2 规范参数对阴极清理作用的影响
Fig.2 Effect of parameters on cleaning action

研究表明,阴极清理作用是力和热共同作用的结果。阴极清理去除铝合金表面氧化膜发生在DCEP半波,此时正离子撞击氧化膜,使之破碎气化,从图2a可见,随着DCEP半波电流幅值和持续的增大,清理作用增强,清理区宽度增大。在图2b中,保持DCEP半波的电流幅值和持续时间不变,单独增加DCEN半波的电流幅值 I_n ,随着 I_n 的增大,输入工件的热量增加,清理区宽度增加,说明热量对阴极清理作用也有影响。

为进一步探讨DCEP半波电流、时间对阴极清理作用的影响,保持DCEN半波电流时间不变,使 $I_p \times T_p = \text{常数}$,改变 I_p 和 T_p ,研究阴极清理作用,如表1所示。试验结果显示,DCEP半波的电流幅值 I_p 对阴极清理去除氧化膜起主要作用。这样,在变极性电源中,因为DCEN、DCEP半波的电流幅值分别独立调节,作者通过增大DCEP半波电流幅值 I_p ,来减少其时间 T_n ,仍能获得合理的阴极清理区宽度,而整个焊接过程更接近直流钨极接负方法,这比常规的幅值对称方波电源性能更优异。

图3是一焊件的外观照片,阴极清理区宽度几乎与焊缝宽度相等,焊道外形整洁美观,而在此规范下,定点焊接5min后钨极烧损极小,端头仍保持锥形。

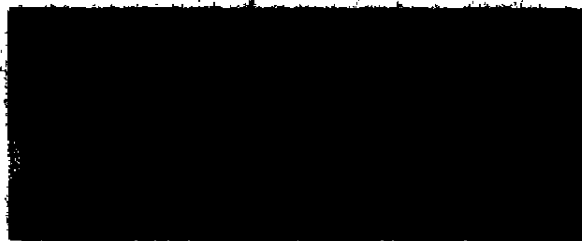


图3 焊件外观

Fig.3 Photo of bend

$t_n = 50\text{ms}$, $t_p = 1\text{ms}$, $I_n = 100\text{A}$, $I_p = 140\text{A}$

3 钨极烧损的影响因素试验

钨极氩弧焊,特别是自动焊,保持钨极端头形状稳定性,减少烧损变形,对于长时间焊接保持焊道质量同一性,提高生产率很重要。为此,作者研究了 TIG 焊钨极烧损规律,寻找减少钨极烧损、保持端头形状稳定性的措施。

本文研究了变极性电源 TIG 焊不同规范下的钨极烧损情况。试验采用的钨极为 WC20,直径 2.0mm,氩气流量 7L/min,喷嘴直径 6.5mm,弧长 1.5mm,干伸长 8mm,焊枪为空冷式。所用的钨极端头事先都磨成带平顶的锥形。

钨极烧损包括正常烧损和异常烧损两种,正常烧损是作者研究的重点。为了消除异常烧损对试验结果的干扰,每次施焊时,引弧环境都保持相同。

在不同规范下定点焊接 5min,用精度为 0.1mg 的分析天平称量焊接前后钨极质量,得到烧损量,再加上外形观察,作为判断钨极烧损变形的依据。

试验观察,钨极烧损经历端部开花到最后结瘤的过程。端部开花只是钨极尖端个别点温度很高,熔化蒸发,形成分叉,钨极端部仍保持锥形,电弧仍集中在钨极端头。随着加热的进行,钨极端部开始多处达到钨的熔点,熔化的钨聚集在端部形成熔滴,由于温度高,端部明显发亮,这时电弧上爬,可观察到液态钨向端部流动的情景,焊接结束时,钨极端部结成瘤。

具体研究表明,钨极烧损变形是一热量积累的过程。DCEN 半波中,钨极为阴极发射电子带走能量,对钨极有冷却作用;DCEP 半波中,钨极为阳极,阳极压降大,产热多,钨极温度高,随着 DCEP 半波的电流、持续时间增大,钨极烧损越来越严重。在一定范围内的 I_p , DCEP 半波的持续时间 T_p 对钨极烧损影响更大。为进一步证明这点,保持 DCEN 半波电流、时间不变,同时使 $I_p \times T_p = \text{常数}$,如表 1,改变 I_p 和 T_p ,研究钨极烧损情况,采用大 I_p 、小 T_p 的规范比小 I_p 、大 T_p 的规范的烧损小,表明钨极烧损变形确实是一热量积累的过程, DCEP 半波的持续时间 T_p 是影响钨极烧损的主要因素。

图 4 是三种典型规范下钨极烧损情况对比。钨极直径为 2.5mm, a 为刚磨好的钨极, b 为采用直流钨极接正(DCEP)方法焊接,电流为 50A,只焊接 2min 的情况, c 采用的规范是 $I_n = I_p = 100A$, $t_n : t_p = 10 : 10$ 定点焊接 5min, d 采用的规范为 $I_n = 80A$, $I_p = 150A$, $t_n : t_p = 98 : 2$ 定点焊接 5min。

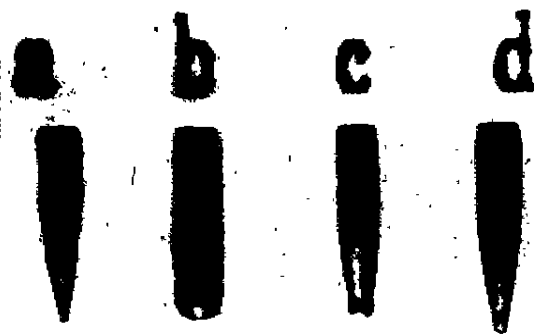


图 4 三种典型钨极烧损对比照片

Fig. 4 Typical electrode loss

(a) Not used (b) DCEP (c) $I_n = I_p = 100A$, $t_n : t_p = 10 : 10$ (d) $I_n = 80A$, $I_p = 150A$, $t_n : t_p = 98 : 2$

4 试验结果综合分析

由以上结果可知,阴极清理作用发生在 DCEP 半波,DCEP 半波电流幅值 I_p 起主要作用;钨极烧损变形是热量积累过程,其主要取决于 DCEP 半波持续时间。这样,在方波电源基础上,通过增大 DCEP 半波电流幅值,从而进一步减少 DCEP 半波时间,在获得足够的合理清理宽度情况下,钨极烧损极小,端头形状长期保持不变,电弧集中,使整个焊接过程向直流钨极接负方法靠近,焊缝外形整洁美观,成形得到改善,这是变极性电源最显著的工艺特点。图 5a 是 $I_n = 80A$, $I_p = 140A$, $t_n = 49ms$, $t_p = 1ms$ 定点焊 4min 时的电弧形态照片,图 5b 是 $I_n = I_p = 80A$, $t_n = 20ms$, $t_p = 10ms$ 定点焊接 4min 时电弧形态照片,两者的阴极清理区宽度接近,但从照片上可看出钨极烧损的不同。



图 5 电弧形态照片

Fig. 5 Arc shape

从不同规范下的电弧形态照片上看出,由于变极性电源可调参数多,通过调节焊接规范,可方便地控制电弧形态,从而控制焊缝成形,获得适当的焊缝宽度和熔透深度。

5 结 论

(1)影响阴极清理作用的主要因素是 DCEP 半波的电流大小,DCEP 半波电流对于阴极清理作用的影响要比 DCEP 半波的时间大。

(2)钨极烧损是一热量积累的过程,影响钨极烧损的重要因素是 DCEP 半波持续的时间大小。在变极性 TIG 焊过程中,采用 DCEP 半波大电流、小时间的高度不对称的方波规范即能满足阴极清理要求又能大幅度减少钨极的烧损,这是变极性电源独有的工艺特点。

(1997-03-16 收到初稿,1997-08-06 收到修改稿)

参 考 文 献

- 1 耿正. 铝合金 TIG 焊变极性电源. 焊接学报, 1994, 15(3): 179~184
- 2 Tasic M. Kyhole plasma arc welding of aluminium with variable polarity power. Welding Journal, 1984, 63(2): 25~29
- 3 山本英幸. 矩形交流 GAT 溶接にすける电极消耗の检讨. 轻金属溶接, 1990, 28(4): 145~151

**Processing Property of Variable Polarity power in TIG Arc Welding
of Aluminium Alloys**

Geng Zheny, Zhang Guangjun, Deng Yuanzhao, Li Liquan
(Harbin Institute of Technology)

Yin Shuyan
(Beijing Polytechnic University)

Abstract The factors which affect the cleaning action and electrode loss in TIG welding of aluminium alloys using variable polarity power are studied. The process experiment shows that because more welding parameters can be adjusted, the arc shape can be efficiently controlled. By increasing the current value and shortening the time of half cycle in which the tungsten polarity is positive, we can change the arc shape from diffusion to focus, and make welding process close to DCEN welding. In this condition, the basic requirement of the cleaning action is satisfied, and the loss of tungsten is reduced. By flexibly controlling the weld formation, we can get a satisfied result.

Key words variable polarity power source, TIG welding, cleaning action, electrode loss, aluminium alloy