

3-5

TIG 焊电弧压力影响因素的试验分析

范红刚 史耀武[✓] 黄勇 范涌波

陕西省西安市 西安交通大学焊接研究所(710049)

摘要 焊接电弧压力是电弧的基本特性之一,是影响焊缝成形的重要因素,影响电弧压力分布的因素很多,本文以试验为基础,分析并讨论了钨极氩弧焊接电流、电弧弧长、氩气流量和钨棒顶端锥角、直径、伸出长度分别对电弧压力分布的影响。

关键词 钨极氩弧焊 焊接电弧 压力分布 影响因素

TIG 焊电弧燃烧过程中,电极是不熔化的,故易维持恒定的电弧长度,焊接过程稳定。由于氩气的保护,易保证焊件的焊接质量。

加在熔池上的电弧压力是决定焊道熔深的一个重要参数,要得到一定的熔深需要较大的电弧压力,但是电弧压力太大则可能引起熔穿等焊接缺陷。因此,了解电弧压力的影响因素对实际焊接工艺的制定具有一定的指导意义。

1 试验方法

实际测定电弧压力分布的方法很多,常用的有采用气压计的静态测定法^[1]和采用传感器的连续测定法^[2],文献[2]认为,由于试验装置反应的滞后性,连续测定曲线发生了畸变,而且测定速度越快,畸变越严重。因此一般认为虽然连续测定法具有分析速度快、灵敏、能自动记录等优点,但用于定量分析有一定困难。本研究采用了气压计法,其试验装置如图1所示。图1b)是仅

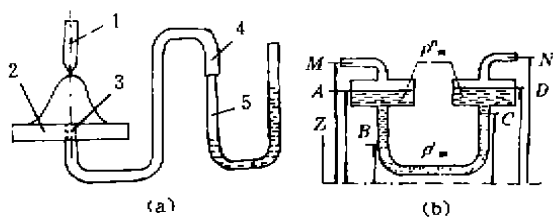


图1 试验装置示意图

1. 阴极 2. 水冷铜板 3. 测量孔 4. 导管 5. U形玻璃管
液体式压力计,其每个支管包含一个充有两种不相混溶的密度各为 ρ'_m 、 ρ''_m 的液体的容器。把基本原理应用于每种液体,并写出分界面上的压力连续性方程,取 $Z_A \approx$

Z_B , 驱动压力的差值为:

$$P_M - P_N = (\rho'_m - \rho''_m) g (Z_A - Z_B)$$

式中 P_A 、 P_N ——M、N 点的压强值

g ——重力加速度

Z_A 、 Z_B 、 Z_C 、 Z_D ——A、B、C、D 的液面高度

因此,两种液体的密度越是接近,仪器的灵敏度就越高,本研究中采用苯胺-水配对溶液, $\rho'_m = \rho''_m = 24\text{kg/m}^3$,那么,灵敏度要比单纯用水作介质的压力计高 40 倍,应用于电流较小或弧长较长时的电弧压力研究。

2 焊接规范对电弧压力分布的影响

影响电弧压力分布的因素较多,下面分别讨论直流正极性 TIG 焊接电流、弧长、氩气流量和钨棒顶端锥角、直径、伸出长度对电弧压力分布的影响。如无特殊说明,钨棒直径、伸出长度分别为 3.2mm 和 10mm,氩气流量为 10L/min。为了保持钨极顶端形状和便于对中、调节弧长等,试验中一律采用高频引弧。

2.1 焊接电流

图 2a) 是弧长为 6.3mm,钨棒顶端锥角为 60°,不同焊接电流时电弧压力分布情况。由图可看出,随着焊接电流的增大,电弧压力的分布半径和压力峰值均明显增大。产生上述变化的原因,主要是随着焊接电流增大,电弧功率增大,弧柱截面和阳极热斑均增大,分布半径增大;同时,电弧的电流密度增大,导致等离子体流速增大,因此电弧压力峰值增大。焊接电弧压力峰值与焊接电流的关系如图 2b) 所示:在电流较大 ($>75\text{A}$) 的情况下,电流压力峰值随焊接电流近似呈线性地增长,小电流时电弧压力峰值偏离上述线性关系。

2.2 电弧弧长

如图 3 所示,维持焊接电流 (200A)、钨棒顶端锥角 (60°) 不变,改变电弧弧长 (1.6mm、3.2mm、6.3mm、

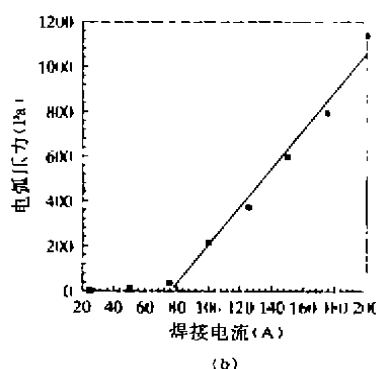
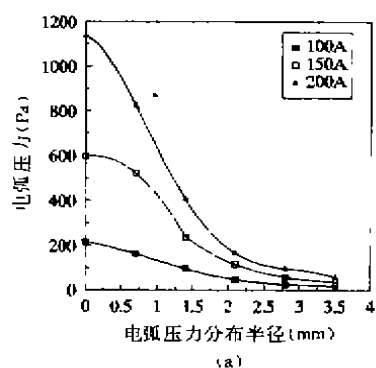


图2 焊接电流对电弧压力分布的影响

12.7mm), 电弧压力峰值随弧长的增大而减小, 图中径向距离为 1.2mm、1.5mm 时的数据点基本重合, 可见弧长的变化对电弧压力分布半径的影响较小。文献 [3] 中焊接电流为 60A、120A、150A 时电弧压力峰值和弧长关系的试验曲线与本试验曲线的趋势一致。但文献 [4] 和 [5] 认为氩弧焊弧长对电弧压力峰值影响不大, 两文献的试验共同点是焊接电流较大 (300A 或以上)。由于试验条件的局限性, 我们没有测量大电流时电弧压力的变化情况, 小电流和大电流情况下弧长对电弧压力分布影响规律是否不同还有待验证。弧长对电弧压力的影响取决于两个方面: ①弧长增加, 电弧截面半径增大, 平均电流密度减小, 等离子体流速由于电磁收缩力的减小有降低的趋势; ②弧长增加, 等离子体从静止开始加速的距离加长, 由牛顿运动定律可知, 等离子体流速又有提高的趋势, 等离子体流速是电弧压力的决定因素。

2.3 钨极顶端锥角

图 4a) 所示是在焊接电流为 200A, 弧长为 6.3mm 的情况下, 钨极顶端锥角与电弧压力分布的关系曲线,

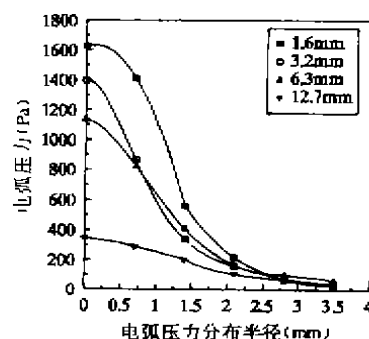


图3 弧长对电弧压力分布的影响

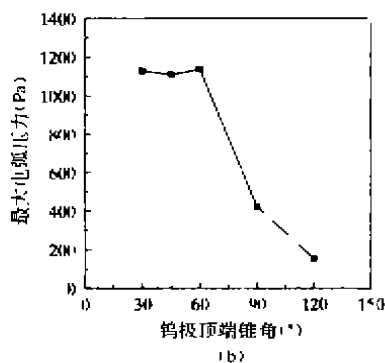
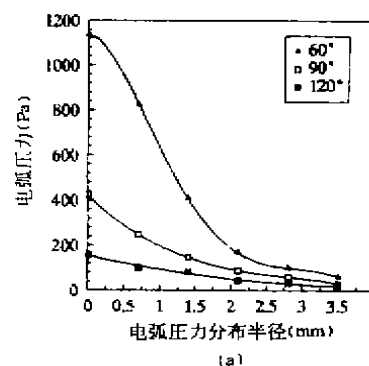


图4 钨极顶端锥角对电弧压力分布的影响

锥角较大时 ($>60^\circ$), 电弧压力峰值随锥角的增大而减小, 电弧压力分布半径随锥角的减小有所增大。图 4b) 描绘了电弧压力峰值与锥角的关系, 由图可看出, 锥角较小时 ($\leq 60^\circ$), 钨极顶端锥角的变化对电弧压力峰值

影响不大。一般认为,钨极顶端锥角越小,使钨极顶端导电截面半径缩小,导致电流密度增大,电磁收缩力随之增大。而且,钨极顶端有锥角可以减小补充气流的阻力,有利于提高电弧阳极压力峰值。另外,钨极顶端锥角越小,试验观察到的钨极尖端电弧上爬现象越严重,使钨极导电面积增大,平均电流密度又有减小的趋势,这可能就是锥角较小时,锥角变化对电弧压力影响不大的原因所在。

2.4 钨棒直径和伸出长度

钨棒直径的选择取决于焊件的厚度、焊接电流的大小、种类和电源的极性等。钨棒直径不同,电弧压力分布相应地也要发生改变。图5a)所示钨棒直径依次为

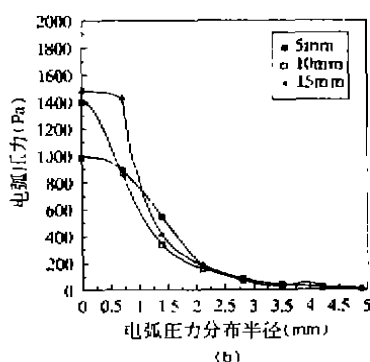
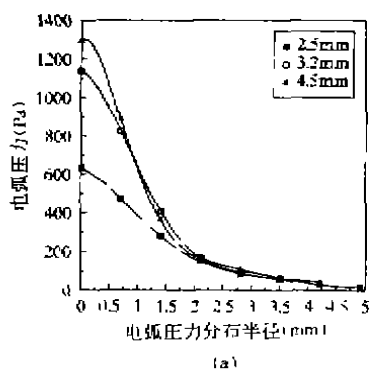


图5 钨棒直径和伸出长度对电弧压力分布的影响

2.5mm、3.2mm、4.5mm时的电弧压力分布(焊接电流200A,弧长6.3mm,顶端锥角60°),钨棒直径越大,电弧压力峰值增大,分布半径则变化较小。焊接电流、弧长、锥角等条件不变,钨棒伸出长度分别为5mm、10mm、15mm时的电弧压力分布见图5b),钨棒伸出长度越长,电弧压力峰值越大,同样,钨棒伸出长度的变化对电弧

压力分布半径基本上也没有什么影响。分析其原因,钨棒直径增大,对钨极尖端的冷却作用加强,钨极尖端温度上升受到抑制,热发射电子的高温区域相应地缩小,意味着钨极尖端平均电流密度增大,由于电磁收缩力相应增大导致等离子体流速增大,重粒子高速撞击阳极表面引起阳极电弧压力的升高。同样,一根钨棒除了由水冷钨极夹头夹持的一段等长外,如果伸出长度增加,由于伸出部分受到氩气风冷作用,对钨极尖端的冷却作用较强,所以,钨棒伸出长度增加,电弧压力也相应增大。

2.5 氩气流量

由于从TIG焊枪喷嘴喷出的氩气流速一般是 10^2cm/s 数量级,而等离子体流速一般是 10^4cm/s 数量级,所以氩气流量对电弧压力影响可以忽略。在试验中,测试了电流200A、锥角60°,弧长分别为6.3mm、3.2mm时最大电弧压力与氩气流量的关系:随着氩气流量的增大,最大电弧压力稍有增加,而且弧长较短时趋势较明显。另外,利用双液体压力计测试时不引燃电弧,只从喷嘴喷出气体时,水冷阳极板中心的压力变化趋势与上述一致。

3 结论

(1) 电弧压力随着焊接电流的增大而增大,且大电流时近似呈线性增长;在一定电流范围内,电弧压力随着弧长的减小而增大。

(2) 电弧压力一般随着钨极顶端锥角的增大而减小,但在锥角较小时影响不大;电弧压力随钨棒直径的增大而增大,随钨棒伸出长度的增大而增大。

(3) 由于氩气流速大大低于等离子体流速,氩气流量对电弧压力的影响可以忽略不计。

参考文献

- 1 贾昌中 等. 焊接电弧的等离子流力. 焊接学报, 1994 (6): 101~105.
- 2 V N Selyaenkov et al. Measurement of the pressure of a welding arc. Welding Production, 1973 (9): 61~63.
- 3 殷树言, 张九海. 气体保护焊工艺. 哈尔滨: 工业大学出版社, 1989.
- 4 Yamauchi N, Taka T. TIG arc welding with hollow tungsten electrodes. IIW Document 212-452-79, 1979.
- 5 M L Lin, T W Eagar. Pressures produced by gas tungsten arcs. Metallurgical transaction B, 1986 (9): 601~607.

(收稿日期: 1995-04-12)