

双丝间接电弧氩弧焊的熔滴过渡形式

曹梅青¹, 邹增大², 张顺善², 曲仕尧²

(1. 山东科技大学材料科学与工程学院, 山东 青岛 266510; 2. 山东大学材料科学与工程学院, 山东 济南 250061)

摘要:采用氙灯背光高速摄像系统及示波器对双丝间接电弧氩气保护焊的熔滴过渡进行了研究。结果表明:双丝间接电弧氩弧焊正、负极的熔滴过渡形式并不完全相同,根据正、负极熔滴过渡形式的不同组合将熔滴过渡分为大滴—大滴过渡,射滴—大滴过渡,短路过渡,射滴—射滴过渡,射流—大滴过渡,射流—射滴过渡及射流过渡7种类型。在焊接过程中以射流过渡及射流—射滴过渡为主。双丝间接电弧氩弧焊主要靠电弧热量及熔滴携带热量熔化母材,熔滴过渡方向与电流流动方向不同,正、负两极熔滴同时过渡,两极的过渡频率、尺寸有所不同。

关键词:间接电弧;熔滴过渡;短路过渡;过渡形式

中图分类号: TG444

文献标志码: A

文章编号: 1672-3767(2011)04-0066-05

Mode of Metal Transfer on Twin-wire Indirect Arc Argon Welding

CAO Meiqing¹, ZOU Zengda², ZHANG Shunshan², QU Shiyao²

(1. College of Material Science and Engineering, Shandong University of Science and

Technology, Qingdao, Shandong 266510, China;

2. College of Material Science and Engineering, Shandong University, Jinan, Shandong 250061, China)

Abstract: The metal transfer of twin-wire indirect arc argon welding was investigated with high-speed camcorder system based on a xenon lamp source and digital oscillograph. Results show that the metal transfer mode of anodal and cathodal does not mean completely the same. The metal transfer can be divided into such 7 types as the globular-globular transfer, projected-globular transfer, short circuiting transfer, projected transfer, streaming-globular transfer, streaming-projected transfer and streaming transfer, etc., according to the different combinations of metal transfer mode of anodal and cathodal. In welding process the main transfer mode is the streaming transfer and the streaming-projected transfer. The base-plate in twin-wire indirect arc argon welding was melted by arc heat and the heat carried by metal drop, and the metal transfer direction is different from that of the current flow. The metal drop of anodal and cathodal transfers simultaneously, only the frequency and size are different.

Key words: indirect arc; metal transfer; short circuiting transfer; transfer mode

熔滴过渡是决定焊接电弧稳定性与焊接质量的重要焊接过程。国内外学者已经对电弧焊的熔滴过渡进行了大量的研究^[1],其中对熔化极气体保护焊(gas metal arc welding, GMAW)^[2]和药芯焊丝电弧焊(flux cored arc welding, FCAW)^[3]的研究较多。双丝间接电弧氩弧焊两焊丝分别接电源的正、负极,工件不接电源,焊接时在两焊丝端形成单一电弧^[4]。虽然双电极焊条单弧焊跟该焊接方法类同,但其熔滴过渡形式却有很大差别^[5]。双丝间接电弧氩弧焊是一种新的焊接工艺,目前尚未见到关于双丝间接电弧焊熔滴过渡的研究报导。开展双丝间接电弧氩弧焊熔滴过渡研究,对于从本质上认识该焊接方法,提高焊接熔敷率及焊接质量具有重要意义。

收稿日期: 2011-03-16

基金项目: 山东省自然科学基金项目(Z2002F03); 山东科技大学科学研究“春蕾计划”项目(2008BWZ059, 2009AZZ001)。

作者简介: 曹梅青(1977—),女,河北宁晋人,讲师,博士,主要从事先进材料连接工艺及控制方面的研究。

E-mail: cmqlysh@126.com.

1 试验材料、设备和方法

1.1 试验材料

试验用焊丝为 $\phi 1.2$ mm 的 H08Mn2SiA, 用氩气作为保护气体。为了便于观察, 采用在离工件较远处燃烧法和平板堆焊法研究双丝间接电弧氩弧焊熔滴过渡形态。平板堆焊时试验用母材为 Q235 钢, 尺寸为 200 mm \times 100 mm \times 3 mm。焊接以前用砂轮将试板表面打磨干净, 防止铁锈、油污影响焊接质量。

1.2 试验设备和方法

试验用焊机为 NBC-350 型逆变式 CO_2 气体保护焊焊接电源。所用焊接电压 $U=29\sim 33$ V。送丝机为两台额定电压 DC24 V、额定电流 5 A 的 AS 系列送丝机, 负极用原单丝焊时的等速送丝反馈电路来控制负极送丝, 正极采用本课题组专门设计的送丝机构来控制正极送丝^[6]。用 Agilent54624A 示波器测试双丝间接电弧氩弧焊时的电弧电压和焊接电流波形。示波器和高速摄像系统采用同步触发控制。采用氙灯背光高速摄像方法研究双丝间接电弧氩弧焊的熔滴过渡。为了去除强烈的弧光干扰, 用氙灯作为背光光源。采用 FASTCAM Super-10KC 型高速摄像机拍摄熔滴过渡图像, 最高拍摄速度为 10 000 帧/s, 选用 1 000 帧/s 及 3 000 帧/s 的拍摄速度拍摄熔滴过渡。在焊接过程中, 每次拍摄时间为 2.1 s。拍摄的熔滴图片传送到计算机, 以便对熔滴过渡过程进行观察和分析。

2 双丝间接电弧氩弧焊的熔滴过渡形式

调节不同的电弧电压、焊接电流, 在距工件较远处燃烧电弧, 用氙灯背光高速摄像系统拍摄了大量的熔滴过渡图片。研究发现, 双丝间接电弧氩弧焊正、负极的熔滴过渡形式并不相同。正、负极熔滴的过渡形式主要有滴状过渡和短路过渡。滴状过渡又包括大滴过渡、射滴过渡以及射流过渡, 但上述过渡形式正、负极并不是同时出现的。本研究通过试验得到双丝间接电弧氩弧焊的熔滴过渡形式。

2.1 大滴—大滴过渡

当电流较小时, 正、负极都出现大滴过渡形式, 负极的熔滴更大, 如图 1 所示。此时弧根面积的直径小于熔滴直径, 电弧亮点区只笼罩熔滴下表面较小的局部, 这种特定的电弧形态使电弧的热与力只作用在熔滴下表面的局部, 电弧作用力的方向阻碍熔滴向熔池过渡, 熔滴主要是靠其庞大体积产生的足够重力和流过焊丝端头处弯曲的电流线所产生的电磁力脱离焊丝端头而过渡到熔池中去。熔滴在电弧空间自由运动的加速度较低。这种过渡形式熔滴过渡频率小, 形成的熔滴颗粒粗大, 焊缝成形较差。

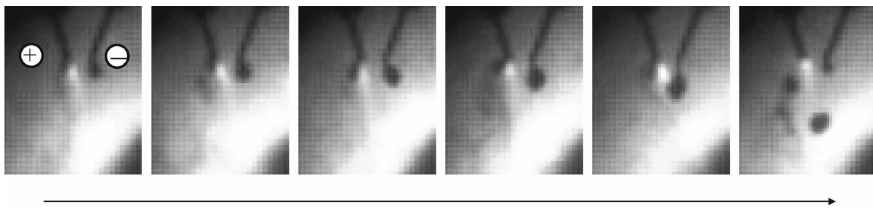


图 1 大滴—大滴过渡形式图 ($U=31$ V, $I=135$ A, 相邻两帧图片间隔 12 ms)

Fig. 1 The globular-globular transfer ($U=31$ V, $I=135$ A, two frames intervals for 12 ms)

2.2 射滴—大滴过渡

当焊接电流较大时, 正极出现射滴过渡形式而负极仍为大滴过渡(图 2)。此时正极的熔滴直径接近于焊丝直径, 促进正极熔滴过渡的力增大, 过渡时, 弧根面积扩大并包围正极熔滴, 使斑点压力和电磁收缩力都有利于促进正极熔滴的过渡, 而负极熔滴的斑点力比较大, 从而使得正极为射滴过渡, 负极仍为大滴过渡。

2.3 短路过渡

短路过渡时, 两焊丝相接触形成短路, 焊丝被成段熔断, 伴随滴状过渡, 然后焊丝慢慢伸长, 形成短路, 如此交替进行。普通单丝焊短路过渡一般出现在焊接过程中弧隙较小时(即在较小电流低电压时), 此时在熔滴尚未长得很大或脱落之前, 熔滴表面就和熔池相接触而形成液桥, 在表面张力及电磁收缩力的作用下, 熔滴向熔

池过渡,当液桥金属过渡到熔池后,又会出现弧隙并使电弧复燃,接着又产生短路过渡,如此反复进行。

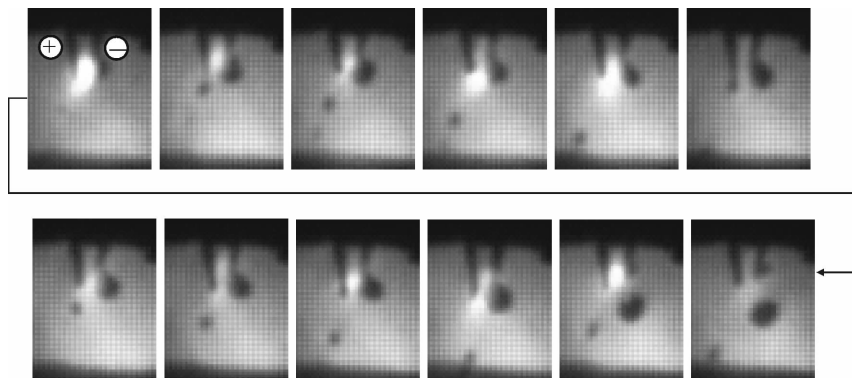


图2 射滴一大滴过渡形式图($U=31\text{ V}$, $I=198\text{ A}$,相邻两帧图片间隔2 ms)

Fig. 2 The projected-globular transfer($U=31\text{ V}$, $I=198\text{ A}$, two frames intervals for 2 ms)

当电弧电压较低时,双丝间接电弧氩弧焊出现短路过渡形式(图3)。与单丝焊的短路过渡不同的是,双丝间接电弧焊的短路是两焊丝相接触形成的短路,而不是熔滴与熔池接触形成的短路。

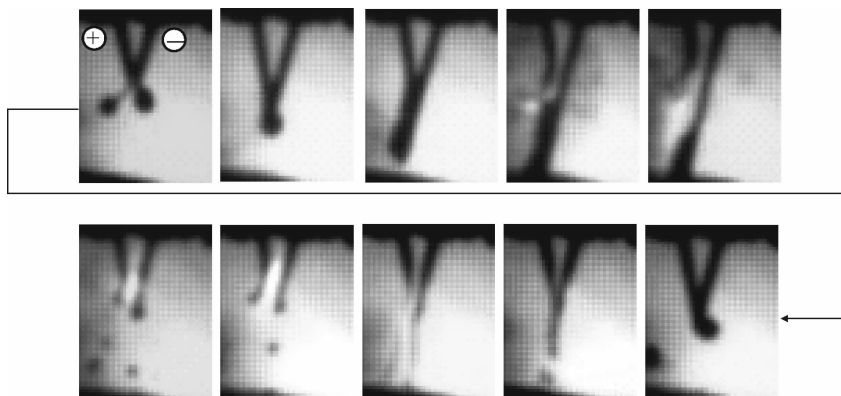


图3 短路过渡形式图($U=25\text{ V}$, $I=230\text{ A}$,相邻两帧图片间隔20 ms)

Fig. 3 The short circuiting transfer($U=25\text{ V}$, $I=230\text{ A}$, two frames intervals for 20 ms)

短路过渡时两焊丝相接触,经过一段时间后熔断,焊丝熔断后伴随的是滴状过渡。焊接时并不是一直处于短路,而是短路过渡和滴状过渡交替进行。这主要是由于电压太低,用于熔化焊丝的热量不够,焊接电流一定时送丝速度就一定,这样就造成了焊丝不能充分熔化而形成短路。短路过渡时,焊丝大段熔断,焊接过程很不稳定,难以进行正常的焊接。

2.4 射滴—射滴过渡

焊接电流进一步增大时,可能出现射滴过渡(图4)。过渡时,熔滴直径接近于焊丝直径,脱离焊丝沿焊丝轴向过渡。每过渡一滴后,因电弧的热作用,焊丝端头又重新熔化和积聚液体金属,以形成新的熔滴,当其直径又达到与焊丝直径相近时,则又过渡下一滴。射滴过渡时弧根面积扩大并包围熔滴,使斑点压力和电磁收缩力都有利于熔滴过渡,只有表面张力对熔滴过渡起阻碍作用。在这种情况下,熔滴容易下落,并被电磁收缩力、等离子流力、重力等加速,形成射滴过渡。这时熔滴下落的加速度增大。

2.5 射流—大滴过渡

当焊接电流继续增加时,出现射流—大滴过渡形式(图5)。此时正极熔滴过渡形式为射流过渡,而负极熔滴过渡形式为大滴过渡。此时正极熔滴从经电弧热与电弧力形成的液体金属端部射出,以很高的速度射向熔池,熔滴直径小于焊丝直径,而由于阻碍负极熔滴过渡的力较大,使其仍为大滴过渡。

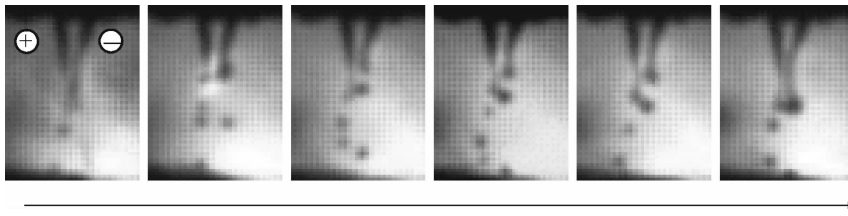


图 4 射滴过渡形式图($U=29\text{ V}$, $I=240\text{ A}$, 相邻两帧图片间隔 2 ms)

Fig. 4 The projected transfer($U=29\text{ V}$, $I=240\text{ A}$, two frames intervals for 2 ms)

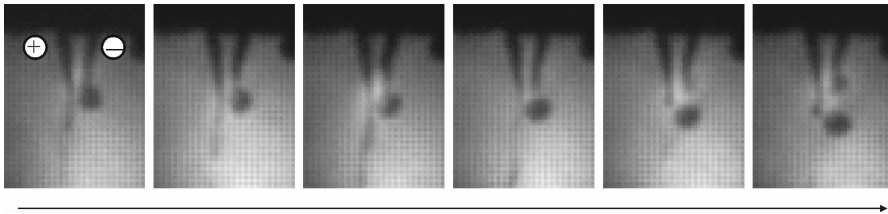


图 5 射流一大滴过渡形式图($U=31\text{ V}$, $I=235\text{ A}$, 相邻两帧图片间隔为 2 ms)

Fig. 5 The streaming-globular transfer($U=31\text{ V}$, $I=235\text{ A}$, two frames intervals for 2 ms)

2.6 射流—射滴过渡

当电流进一步增大时,促进正、负极熔滴过渡的力均增大,从而使正极为射流过渡,负极为射滴过渡,如图 6 所示。此时正极焊丝端部呈铅笔尖状,熔滴从铅笔尖状的液体金属端部射出,熔滴直径小于焊丝直径,而且每两滴之间的时间间隔很短,过渡频率很高,促进负极熔滴过渡的力也增大,使得负极熔滴为射滴过渡。由于熔滴尺寸较细小,获得的焊缝组织均匀一致,力学性能较好。

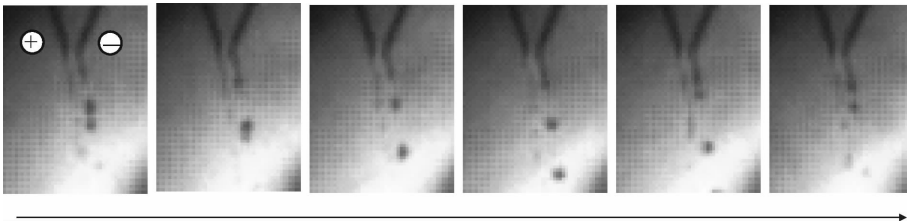


图 6 射流—射滴过渡形式图($U=31\text{ V}$, $I=256\text{ A}$, 相邻两帧图片间隔 2 ms)

Fig. 6 The streaming-projected transfer($U=31\text{ V}$, $I=256\text{ A}$, two frames intervals for 2 ms)

2.7 射流过渡

当焊接电流较大时,出现射流过渡(图 7)。射流过渡时,熔滴从经电弧热与电弧力形成的铅笔尖状的液体金属端部射出,以极高的加速度射向熔池。熔滴是从已经积聚的液体柱尖端射出,其熔滴直径小于焊丝直径,而且每两滴之间的时间间隔很短,过渡频率很高,肉眼观察时无法分辨出其间隔,看上去好像在焊丝端头形成一条连接焊丝端头与熔池的液体金属流,金属由焊丝端头连续流向熔池。射流过渡时弧根不但完全包围了熔滴,而且还扩展到熔滴的缩颈以上。这种分布所形成的电弧热与电弧力促使焊丝端头总积聚着一定的液体金属,且构成铅笔尖状,同时产生较强的等离子流力,使尺寸很小的熔滴容易从“铅笔尖”脱离,并以高速射向熔池。此时熔滴尺寸均匀,焊缝成形良好。

3 双丝间接电弧氩弧焊的熔滴过渡特点

在焊接过程中,熔滴从焊丝(焊条)端部向工件过渡,在普通的单丝焊过程中,工件作为电弧的一极,必须

与电弧的另一极(焊丝)保持适当的距离,熔滴向工件的过渡与电流方向相同(直流反接)或相反(直流正接),一般情况下,过渡熔滴总是穿过电弧空间向工件过渡的。

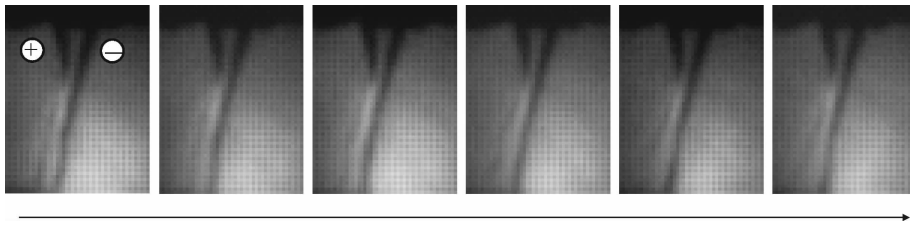


图7 射流过渡形式图($U=31\text{ V}$, $I=315\text{ A}$,相邻两帧图片间隔1 ms)

Fig. 7 The streaming transfer($U=31\text{ V}$, $I=315\text{ A}$, two frames intervals for 1 ms)

双丝间接氩弧焊的电弧引燃后,熔滴就开始形成、长大到脱离焊丝端部,与是否存在工件和距离工件的远近没有关系。当两焊丝交点距离工件较近时,焊丝端部的电弧热量和熔滴携带热量可以局部熔化工件形成熔池。另外,电流是从焊丝的一个极流向另一个极的,其方向显然与熔滴过渡方向有所不同。

双丝间接电弧氩弧焊的电弧在两焊丝间形成,熔滴过渡时总是正、负两极同时过渡,只是过渡频率、尺寸有所不同。短路过渡时,不是焊丝与熔池间的接触,而是两焊丝相接触形成短路,当焊丝成段熔断后,出现滴状过渡,然后又开始重复短路过程。另外由于正、负极斑点压力的不同还会出现正、负两极的过渡形式不一样,当正极为射滴甚至射流过渡时,负极仍为大滴过渡。这种情况在单丝焊中是不存在的。

4 结论

双丝间接电弧氩弧焊的熔滴过渡与传统的熔化极电弧焊有所不同,正、负两极同时过渡,只是过渡频率、熔滴尺寸不同。

依据正、负极熔滴过渡的不同,将双丝间接电弧氩弧焊的熔滴过渡分为大滴—大滴过渡,短路过渡,射流—射流过渡,射流—射滴过渡等7种类型,短路过渡时无法实现正常的焊接,当其中一极为大滴过渡时,熔滴尺寸较大,焊缝成形较差。在正常的焊接过程中,为了获得良好的焊缝成形,以射流过渡及射流—射滴过渡为主。

参考文献:

- [1] CHEN J H, FAN D, HE Z Q, et al. A study of the mechanism for globular metal transfer from covered electrodes[J]. Welding Journal, 1989, 68(4): 145s-150s.
- [2] KIM Y S, EAGER T W. Analysis of metal transfer in gas metal arc welding[J]. Welding Journal, 1993, 72(6): 269s-278s.
- [3] 孙威, 王红鸿, 张汉谦, 等. 国内外典型药芯焊丝的熔滴过渡及其工艺特性[J]. 焊接, 2006(6): 7-10.
SUN Xian, WANG Honghong, ZHANG Hanqian, et al. Metal transfer and technological characteristic of typical titanium flux-cored wires at home and abroad[J]. Welding & Joining, 2006(6): 7-10.
- [4] 曹梅青, 邹增大, 曲士尧, 等. 焊接电流对双丝间接电弧焊电弧特性的影响[J]. 焊接学报, 2005, 26(12): 47-50.
CAO Meiqing, ZOU Zengda, QU Shiyao, et al. Influence of welding current on arc characteristic of twin-wire indirect arc welding[J]. Transactions of the China Welding Institution, 2005, 26(12): 47-50.
- [5] 韩彬, 邹增大, 曲仕尧, 等. 双电极钛钙型焊条熔滴过渡及其影响因素[J]. 焊接学报, 2004, 25(5): 63-66.
HAN Bin, ZOU Zengda, QU Shiyao, et al. Metal transfer and its influence factor of lime titania type twin electrodes[J]. Transactions of the China Welding Institution, 2004, 25(5): 63-66.
- [6] 王春茂, 曹梅青, 邹增大, 等. 双丝单弧气体保护焊工艺[J]. 焊接技术, 2005, 34(2): 35-37.
WANG Chunmao, CAO Meiqing, ZOU Zengda, et al. Study on twin-wire single arc welding technology[J]. Welding Technology, 2005, 34(2): 35-37.