

围之内的,只要在一个脉冲周期内提供过渡一个熔滴所需要的能量就可以达到一脉一滴的效果。

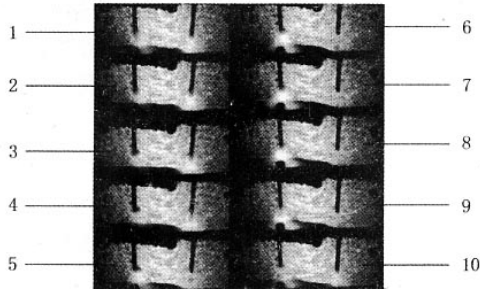


图5 熔滴过渡高速摄像(拍摄频率500幅/s)

4 结 论

本研究提出了双丝脉冲焊的工艺方法。采用这种工艺方法可以在保证焊接质量的前提下大幅度地提高熔敷率,从而提高了生产效率,对于实际生产具有重要

的意义。通过焊接实验证明:所设计的推挽式脉冲双丝焊系统及控制是成功的;高速摄像也证实实现了一脉一滴的熔滴过渡。

参 考 文 献

- 1 林尚扬,关 桥.我国制造业中焊接生产现状与发展战略.中国工程院咨询项目报告,2003.10
 - 2 唐伯钢.对21世纪焊接材料发展趋势的探讨.焊接,2001(3)
 - 3 Kammerhuber Ch, Sommerfeld R. High deposition MAG welding: Used for welding bridges and structures. Welding in the World, 1996, 38: 227~343
- (收稿日期 2005 08 25)

作者简介: 李 桓,1955年出生,博士,教授。现任中国焊接学会熔焊工艺及设备委员会委员,研究方向为焊接电弧物理、焊接工艺及设备,承担过国家自然科学基金委员会、国家教育部、天津市科委及石油天然气总公司等许多重要课题并多次获奖,取得国家专利6项,发表论文40余篇。

双电极焊条单弧焊飞溅的研究^①

山东建筑工程学院材料系(济南市 250101) 罗 辉

山东大学材料学院(济南市 250061) 邹增大 王新洪 曲仕尧 王育福

摘要 利用高速摄影等实验手段,研究了双电极焊条单弧焊熔滴过渡形态、熔滴受力、双芯间隙、焊条套筒形式、双电极焊条焊接时运条方式等对飞溅的影响。

关键词: 双电极单弧焊 飞溅 熔滴过渡

STUDY ON SPLASH OF TWIN ELECTRODE SINGLE ARC WELDING

Shandong Architecture Engineer College Luo Hui

Shandong University

Zou Zengda, Wang Xinhong, Qu Shiyao, Wang Yufu

Abstract The effects of transfer shape about droplet, stress of droplet, gap between twin electrode, barrel form and motion manner of electrodes on splash factors of twin electrode single arc welding were studied by the high-speed photographs.

Key words: twin electrode single arc welding, splash, transfer of droplet

^① 山东省自然科学基金资助项目(Z20002F03)。

0 前 言

双电极焊条(Twin Electrode)^[1]别于一般的双芯焊条或两根束状焊条,是一根焊条中有两根相互平行而绝缘的焊芯,外涂药皮。双电极焊条单弧焊^[2]是利用两柄相互绝缘的特种焊钳,引弧前两钳口分别与双电极焊条尾部紧密接触夹紧双电极焊条。引弧时可利用被焊工件或其它导体使双电极端部短路,电弧在双电极端部形成单一电弧,电弧可在离工件不同距离的空间燃烧。调整电弧与被焊工件之间的距离、焊接电流和焊接速度,可获得不同熔深和熔合比的焊缝。

双电极焊条单弧焊过程中,飞溅是影响双电极焊条单弧焊工艺性能的重要因素。飞溅不仅恶化了焊工操作环境,使焊件沾污,而且减少焊条的熔敷效率,增加辅助工作量和降低生产率。为此本文研究了影响双电极焊条单弧焊产生飞溅的因素。

1 双电极焊条单弧焊熔滴过渡形式对飞溅的影响

用高速摄影观察双电极焊条单弧焊熔滴过渡^[3,4]主要有渣壁过渡、爆炸过渡。双电极焊条单弧焊熔滴多以渣壁过渡。当焊接电流较小时,弧根直径小于熔滴直径,熔滴与焊芯之间的电磁力较小,不易使熔滴形成缩颈,熔滴较易长大,这种过渡形式是双电极焊条单弧焊的主要过渡形式。双电极奥氏体不锈钢 TE308-16 焊条,间隙为 1.2 mm 焊接时,熔滴渣壁过渡形态见图 1a,这种过渡有利熔滴进入熔池,引起的飞溅较少。熔滴爆炸过渡多数发生在熔滴悬挂在焊条末端尚未脱离焊条的端部的时候,双电极结构钢焊条 TE4303 焊接时熔滴爆炸过渡形态见图 1b,图中熔滴在形成、长大或过渡过程中由于激烈的冶金反应,在熔滴内部产生 CO 等气体,使熔滴急剧膨胀发生爆裂,导致飞溅,它是双电极焊条单弧焊工艺飞溅主要形式之一。

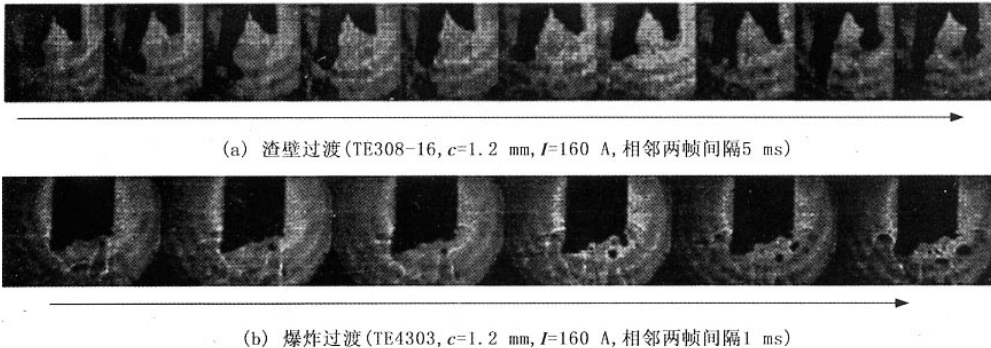


图 1 双电极焊条单弧焊熔滴过渡形态

2 双电极焊条单弧焊熔滴受侧向推力引起的飞溅

用高速摄影技术拍的双电极焊条单弧焊焊接电弧呈周期性变化见图 2。在双电极焊条单弧焊焊接过程中,焊接电弧开始引燃时,由于药皮套筒较长,熔滴小,电弧光被焊条药皮套筒遮盖,高速摄影只能拍出很暗的电弧光。随着焊接电弧燃烧,熔滴逐渐长大,电弧阴、

阳极斑点随着下移,电弧燃烧光越来越亮,当熔滴脱离焊条后,电弧光又变暗,双电极焊条单弧焊的焊接电弧燃烧过程,随着熔滴过渡电弧的集中程度和形态发生周期性变化。焊接电弧这种周期性变化与熔滴形成与长大有关。当熔滴长大过程中,受到电磁推力作用向双电极焊芯端部侧推,这种推力是由于熔滴表面斑点压力造成的,如图 3 中的 F_1 ,不是指向熔池,而是指向

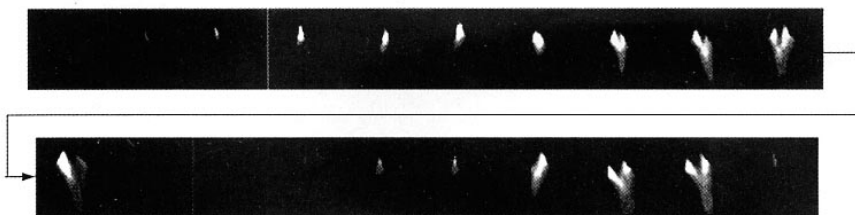


图 2 双电极焊条单弧焊电弧燃烧的周期变化示意图(TE308-16, c = 1.2 mm, I = 160 A, 相邻两帧间隔 5 ms)

与熔滴过渡相反的侧上方。同时,在双电极焊条单弧焊中由于双电极焊条端部为电弧两极,离焊条端部近的电密度高,电磁吹力大,而远离焊条端部的电密度小,电磁吹力较小,形成由焊条端部由内向外的电磁推力,如图3中的 F_2 ,这两种力作用在熔滴上,当熔滴从药皮套筒脱落时,合力造成熔滴向熔池外侧飞离。由于熔滴受重力的影响^[5,6],施焊中也常看到熔滴颗粒飞溅以抛物线飞出。

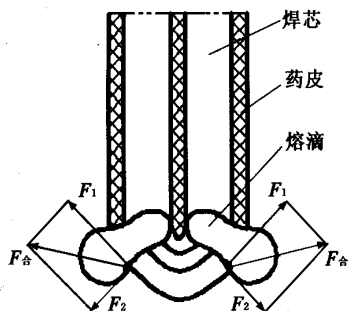
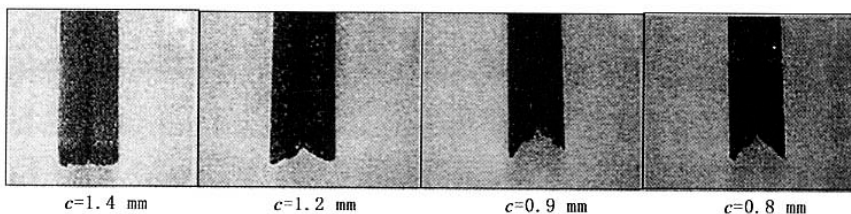


图3 双电极焊条单弧焊熔滴受电弧吹力示意图

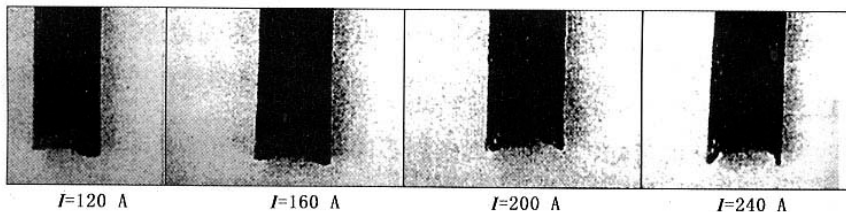
3 双电极焊条单弧焊焊条套筒形状对飞溅的影响

双电极 TE4303 焊条单弧焊焊条药皮套筒的形态

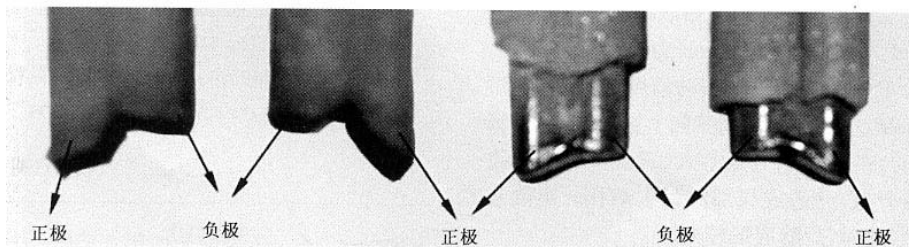
通常分为^[1,3]长套筒、锥状套筒和平套筒。其中锥状套筒焊条药皮薄,对熔滴的保护性能差,焊缝成形差。焊条套筒的形态与双电极焊条两芯的间隙有关。当焊条药皮重量系数一定时,随两芯间隙增大,套筒形态由长套筒型向平套筒转变。因为两芯间隙越大,电弧电压增加,电弧吹力增强,使得套筒端部越易熔化。间隙对套筒形态的影响见图4a。另外,焊接电流也会引起套筒形态的改变,随着焊接电流的增加,焊芯电阻热增加使的焊条两芯间药皮熔化快,而焊条两端的药皮熔化慢,形成长套筒。焊接电流对套筒形态的影响见图4b。当焊条套筒形态为长套筒即双焊芯两侧尖长,间隙凹时,使部分熔滴从双焊芯中间直接飞离熔池,引起飞溅。焊条药皮套筒平齐,越有利渣壁过渡,熔滴过渡越平稳,飞溅较少。双电极 TE308-16 焊条焊接后焊条药皮套筒形状见图4c左。焊条端部正极与负极套筒相差2~4 mm左右,从双电极 TE308-16 焊条单弧焊焊接电弧燃烧过程,见图1a,焊条正极的药皮套筒长度大于负极的。把套筒药皮去除,焊条的正极焊芯长度也长于负极焊芯见图4c右。这种差异维持在2~4 mm。形成 TE308-16 焊条药皮套筒特殊形式,使的



(a) 双芯间隙对焊条套筒形态的影响 (TE4303, $I=170 A$)



(b) 焊接电流对焊条套筒形态的影响 (TE4303, $c=1.2 mm$)



(c) TE308-16焊条极性对套筒形态的影响 ($c=1.2 mm, I=160 A$)

(c) TE308-16焊条极性对套筒形态的影响 ($c=1.2 mm, I=160 A$)

图4 双电极焊条套筒形态

电极 TE308-16 焊条单弧焊焊接时,随着焊条离焊件的距离增加,熔滴易在套筒短的一侧飞出,形成飞溅。

4 双电极焊条焊芯间隙对飞溅的影响

选用双电极 TE308-16 焊条间隙分别为 1.2, 1.4, 1.6, 1.8 mm 四种规格。试验前将焊条 300 °C × 1 h 烘干,用 280 mm × 50 mm × 20 mm 的不锈钢钢板,立放在厚度 3 mm 的紫铜板上,用 1 mm 厚高 400 mm 的紫铜板围成椭圆形直桶加以屏蔽,在钢板上面进行单道焊,焊后将桶内飞溅收集,用天平称其重量,每种规格分别焊三根(三根焊条可在同一试板上进行,每焊完一根焊条试板水冷去渣,试板温度低于 100 °C 可继续焊接),焊接电流 170 A,电压 45 V 左右。焊条端部距工件距离保持 5~10 mm。焊芯间隙与焊接飞溅关系见图 5。

由图 5 曲线可见,随双电极焊条间隙增加,焊接飞溅也略有增多。其原因是多方面的,如前所述间隙增加焊条套筒趋于平齐,飞溅减少。但由于间隙增加,电弧电压加大,电弧吹力增加,飞溅略有增加。

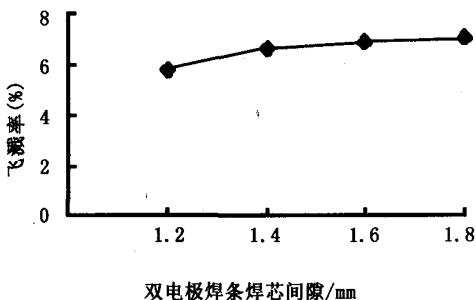
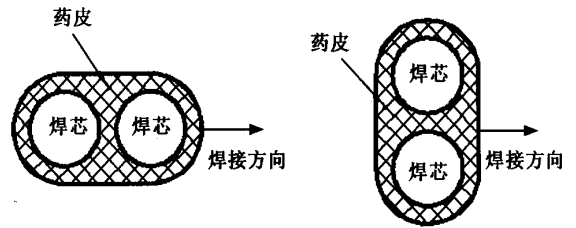


图 5 焊芯间隙与焊接飞溅率关系

5 双电极焊条运条方式对飞溅的影响

双电极焊条是由两根焊芯构成中间靠药皮绝缘,焊接时两根焊芯可有不同的排列位置如图 6 所示。图 6a 焊接时焊芯前后排列,焊条熔滴熔化后落入熔池中,飞溅明显减少。而当远离焊接熔池时熔滴落入母材覆盖面较大易于形成不连续焊缝。另一部分熔滴在电弧吹力作用下飞离熔池,形成大颗粒飞溅。图 6b 为焊芯并列排列,由于双电极焊条单弧焊熔滴过渡多为渣壁过渡形式,熔滴从焊条套筒末端过渡,加上熔滴受侧上推力作用,易形成飞溅^[7,8]。同时,由于熔滴分别落入熔池的两侧,使得熔滴携带的热量分散,易造成局部母材未熔化。熔滴易形成大颗粒飞溅,此时,焊缝成形较差。

因此双电极焊条单弧焊焊条端部离工件的距离不宜过大,一般控制在 5~8 mm 飞溅明显减少。



(a) 焊芯前后排列与运条方向一致 (b) 焊芯并排与运条方向垂直

图 6 双芯焊条排列方式示意图

6 结 论

(1) 影响双电极焊条单弧焊工艺飞溅的主要因素有:熔滴过渡形态、熔滴受力及焊条两芯间隙等。其中,熔滴渣壁过渡飞溅小,熔滴爆炸过渡引起的飞溅大。

(2) 双电极焊条单弧焊工艺的熔滴受侧上推力,使熔滴过渡偏离熔池,加剧飞溅的产生。

(3) 双电极焊条单弧焊工艺的飞溅随双芯间隙的增大而增大。同时,还与焊条的套筒形式有关,套筒平齐时飞溅小。双电极焊条运条方向影响飞溅,当双焊芯前后排列,且与焊接方向一致时,飞溅较小。

参 考 文 献

- 1 李立英. 双芯单弧电弧焊焊接工艺研究:[硕士学位论文]. 济南:山东大学,2002
- 2 韩 彬. 双电极焊条单弧焊电弧特性及熔滴过渡研究:[博士学位论文]. 济南:山东大学,2004
- 3 王 宝,陆文雄. 焊条熔滴过渡形态分析. 焊接学报,1991,12(1):1~6
- 4 陆文雄,王 宝. 焊条金属熔滴过渡形态及其工艺特性分析. 太原工学院学报,1982(3):19~30
- 5 王 宝,王嘉玲,张子荣,等. 不锈钢焊条熔滴过渡形态及工艺稳定性的研究. 太原工学院学报,1980(1):1~6
- 6 Essers W G, Jelmorini G, Tichelaer G W. Metal transfer from coated electrode. Metal Construction and British Welding Journal, 1971, 3(4):151~154
- 7 Larson L J. Metal transfer in the metallic arc. British Welding Journal, 1960, 7(2):115~128
- 8 Bohme D. MAG double wire welding - a process to reach high welding speed. IIW - Doc, XII - 1379 - 94, 1994

(收稿日期 2005 07 05)

作者简介: 罗 辉,1963 年出生,工学硕士,讲师。主要从事材料加工工程的教学和科研工作,研究方向为焊接工艺及方法。发表论文 15 篇。