

脉冲参数对高强奥氏体焊丝 MIG 焊接熔滴过渡的影响

张晓东¹, 霍光瑞²

(1. 海军工程大学科研部 湖北 武汉 430033;

2. 中国船舶重工集团公司第七二五研究所 河南 洛阳 471023)

摘 要: 采用高速摄像技术和汉诺威弧焊分析仪研究了脉冲频率、基值电流、脉宽比以及脉冲波形对 H08Cr18Ni27Mo6 奥氏体焊丝 MIG 焊接熔滴过渡的影响, 结果表明, 脉冲频率、基值电流与脉宽比对熔滴过渡影响较大, 而脉冲波形影响较小, 采用较高脉冲频率、较小的脉宽比并结合适当的基值电流能够获得理想的熔滴过渡形式。

关键词: 脉冲参数; 奥氏体焊丝; 熔滴过渡; 脉冲 MIG 焊

中图分类号: TG146 文献标识码: A

Effect of Pulse Parameters on Metal Transfer of High Strength Austenitic MIG Wire

ZHANG Xiao-dong¹, HUO Guang-rui²

(1. Naval University of Engineering Office of Research & Development, Wuhan 430033, China;

2. Luoyang Ship Material Research Institute, Luoyang 471023, China)

Abstract: This paper studied the effects of pulse parameters (frequency, background current, duty cycle and wave shape) on the metal transfer of the high strength austenitic H08Cr18Ni27Mo6 MIG wire in the high speed video camera and Analysator Hannover. The results showed that the pulse parameters directly affect the metal transfer, especially the frequency, background current, and duty cycle. Using higher frequency and small duty cycle could obtain optimum metal transfer.

Keywords: pulse parameter; austenitic wire; metal transfer; pulse MIG welding

高强度奥氏体焊丝合金含量高、钢液粘度大, 采用 MIG (metal inert gas arc welding 熔化极惰性气体保护电弧焊) 焊接时其工艺性较普通焊丝差很多, 因而目前高强度奥氏体焊材的焊接主要采用 SMAW (shielded metal arc welding 手工焊条电弧焊) 或 TIG (tungsten inert gas arc welding 钨极惰性气体保护电弧焊) 焊接方法, MIG 焊接方法的应用还未见相关报道。由于添加脉冲能够有效控制熔滴过渡与热输入, 脉冲 MIG 焊接已在低合金、普通不锈钢及铝合金焊丝中得到广泛的应用^[1-7]。焊接过程中的熔滴过渡行为直接影响电弧稳定性、熔池形态及焊缝成形, 对熔滴过渡行为准确控制有助于实现高质量的焊接^[8]。

依据普通焊丝 MIG 焊接应用经验, 调整脉冲参数实现对熔滴过渡行为控制是解决高强度奥氏体焊丝 MIG 焊接的重要手段。本文拟分析脉冲频率、基值电流、脉宽比以及脉冲波形对高强度奥氏体焊丝 MIG 焊接熔滴过渡的影响, 为高强度奥氏体焊丝 MIG 焊接的应用提供参考。

1 试验材料及方法

1.1 试验材料

试验材料为 $\phi 1.2\text{mm}$ H08Cr18Ni27Mo6 高强度纯奥氏体焊丝, 焊丝成分如表 1 所示, 合金含量高达 60%。

收稿日期: 2012-10-25

基金项目: 总装预研基金资助项目 (51312010107)

作者简介: 张晓东, 1969 年生, 男, 副教授, 研究方向: 船舶动力装置。

表1 试验用高强奥氏体焊丝成分

Table 1 Chemical composition of high strength austenitic MIG wire(w)

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V	N	S	P	Fe
0.086	4.55	0.312	18.47	27.50	6.55	1.30	0.16	0.008	0.010	bal

1.2 试验方法和设备

试验采用 GLC 403/603 型 CLOOS 气保焊机,该焊机能够单独调整脉冲频率、基值电流、脉宽比等参数,并带有缓、陡、极陡3种模式脉冲波形。采用保护气体为 $\text{Ar} + 2\% \text{CO}_2$, 气体流量为 $18 \sim 20 \text{ L/min}$, 直流反接极性、平焊位置焊接,送丝速度为 10.25 m/min 。焊接过程中采用 RED-LAKE 型高速摄像机记录电弧状况与熔滴过渡行为,拍摄速度为 2000 幅/s 。采用 AH-XIX 型汉诺威弧焊分析仪实时采集电弧电压和焊接电流信号,通过对这些电信号的统计分析,对焊接过程进行整体评价,汉诺威弧焊分析仪的具体应用参考文献[9—11]。

2 试验结果及分析

2.1 脉冲频率对熔滴过渡的影响

在基值电流(40 A)、脉宽比(50%)、脉冲波形(缓升模式)相同情况下,分别进行100 Hz、150 Hz、200 Hz、250 Hz 4种脉冲频率的焊接试验。结果发现,随着脉冲频率的增加,电流、电压概率

密度分布变得逐渐整齐、集中,并且随着脉冲频率增加,基值电压逐渐升高、峰值电流逐渐增大(图1所示);脉冲频率较低时,电流、电压波形偏离施加脉冲本身波形较多(图2(a)),频率较高时电流、电压的波形不受熔滴过渡的影响,与施加脉冲波形基本一致(图2(b))。高速摄像得到的熔滴过渡行为与电流、电压信号吻合很好:脉冲频率为100 Hz时出现很多熔滴短路,产生严重飞溅,并且电弧发散不集中,即使在脉冲峰值期间也是大颗粒过渡,如图3(a)所示;脉冲频率为150 Hz时飞溅减小但仍以大颗粒过渡为主;频率为200 Hz时出现“一脉一滴”过渡现象,但在熔滴尾部常拖带有几个小滴,总体来说此时熔滴过渡较平稳、飞溅较小,电弧也集中有力,如图3(b)所示;频率为250 Hz时为小颗粒过渡飞溅,但是电弧变长,不集中。综合上述结果可见,采用较高的脉冲频率,电流电压波动小,焊接过程稳定,但是由于随着脉冲频率的增加,基值电压逐渐升高,电弧变长,不利于对电弧的控制,对焊接质量产生不利影响,因此脉冲频率为200 Hz左右更合适。

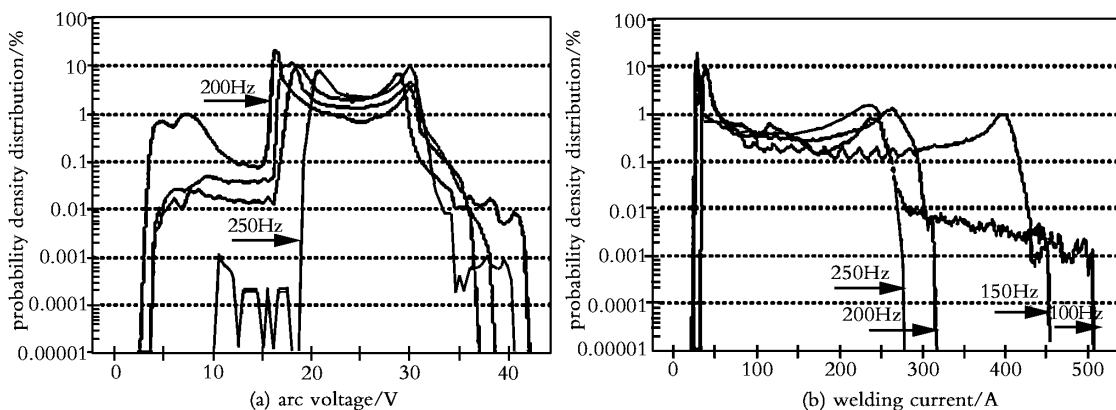


图1 不同脉冲频率下电弧电压、焊接电流概率密度分布图

Fig. 1 Probability density distribution of arc voltage and welding current at the welding condition of different pulse frequency

2.2 基值电流对熔滴过渡的影响

在其它参数相同条件下(脉冲频率为200 Hz、脉宽比为50%、缓升脉冲波形),进行了10

A、30 A、40 A三种基值电流的焊接试验。基值电流为30 A与40 A时电弧电压、焊接电流概率密度分布整齐(见图4、图5),焊接过程稳定。

基值电流为 10 A 时电流、电压概率密度分布非常宽,出现了较多的大电流(500 A 左右)与大电压(65 V 左右)情况,这些值正好对应于短路电流与引弧电压,说明出现了大量的短路与熄弧现象。由于基值电流主要作用是维持电弧燃烧,所以该电流太小时电弧不能稳定燃烧,会出

现短路过渡与瞬间熄弧现象,焊接过程变得不稳定,但基值电流太大时,在基值期间可能会出现熔滴过渡,导致过渡过程紊乱,脉冲焊的特点不明显。试验结果显示,基值电流为 30 ~ 40 A 时较好,既能维持电弧稳定燃烧,又保证熔滴顺利过渡。

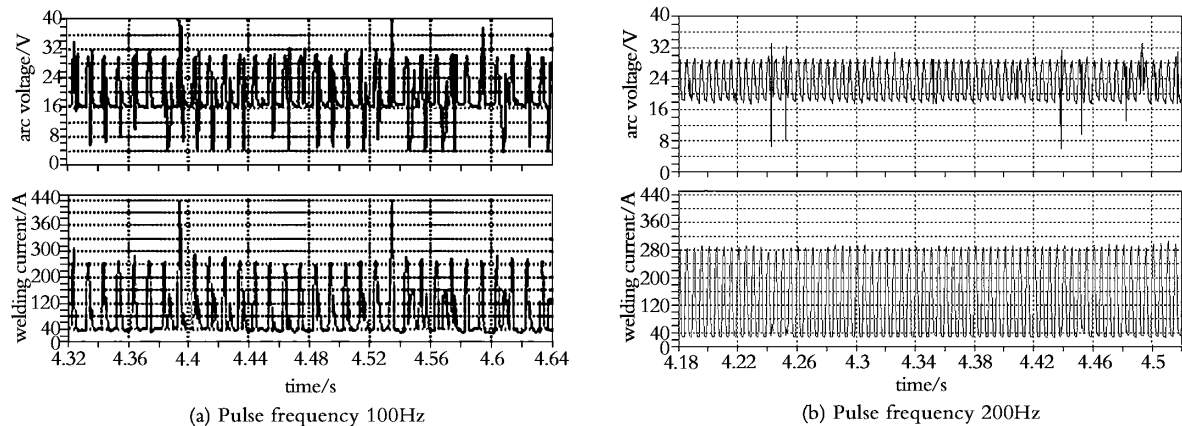


图 2 不同脉冲频率下电弧电压、焊接电流波形图

Fig. 2 The oscillograms of arc voltage and welding current at the welding condition of different pulse frequency

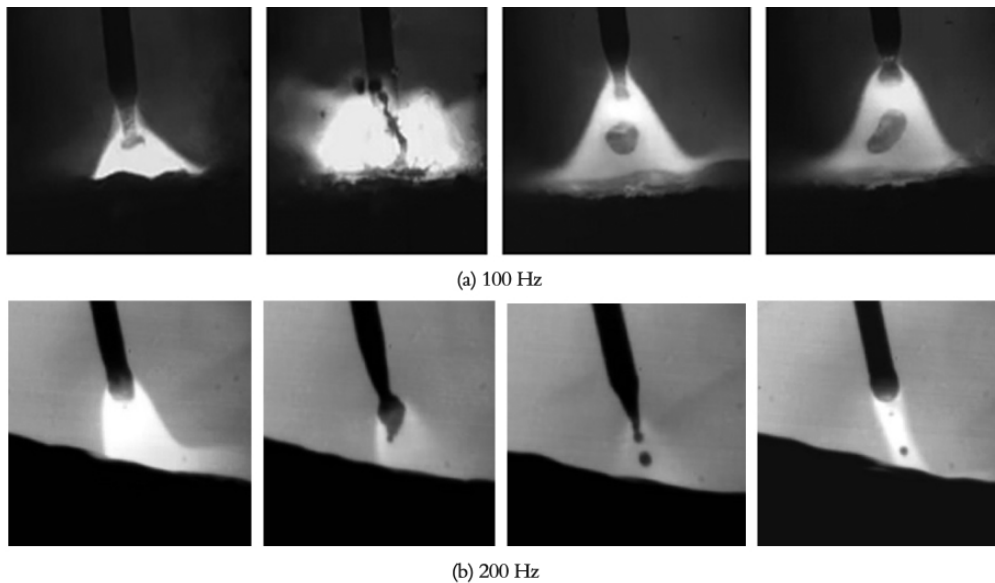


图 3 不同脉冲频率下高速摄影熔滴过渡典型照片

ig. 3 The high speed photograph of metal transfer at the welding condition of different pulse frequency

2.3 脉宽比对熔滴过渡的影响

许多研究表明,脉宽比一般选在 25% ~ 50% 之间熔滴过渡较好^[12]。试验在其它参数相同条件下(脉冲频率为 200 Hz、基值电流为 40 A、缓升脉冲波形),进行了 3 种脉宽比(30%、40%、50%)的焊接试验,拍摄的熔滴过渡的高速摄影的典型照片如图 6 所示(脉宽比为 50% 的照片见

图 3)。可以看出,脉宽比为 40% 时熔滴过渡情况良好,实现了一脉一滴过渡,熔滴尾部几乎没有拖带小滴,焊接过程非常稳定,而脉宽比为 30% 时以大颗粒过渡为主,飞溅较大。分析认为,如果脉宽比过小,在等速送丝条件下,基值电流时间变长且电流值会增大,此期间形成较大熔滴,而脉冲时间变短,由于奥氏体焊丝熔滴表面

张力大,脉冲峰值期间不能实现熔滴过渡,会出现多脉一滴现象,图 6(a)所示;脉宽比太大时,脉冲峰值时间增加,熔化金属量增加,一脉多滴的情况会出现(如图 3(b)所示脉宽比为 50%情况),如果脉宽比进一步加大,同样由于熔滴表面张力较大的原因,脉冲峰值也会出现连续的大颗粒过渡情况,并且峰值电流会进一步降低,使其可能降到射流临界电流值之下,不能实现可控的脉冲过渡。因此,应当采用较低的脉宽比更适合于该奥氏体焊丝的熔滴过渡。

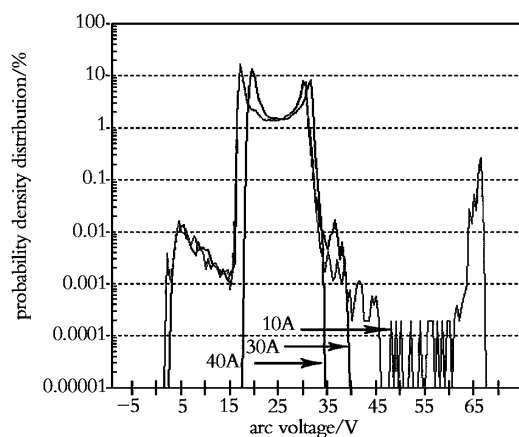


图 4 不同基值电流下电弧电压概率密度分布图
Fig. 4 Probability density distribution of arc voltage at the welding condition of different background current

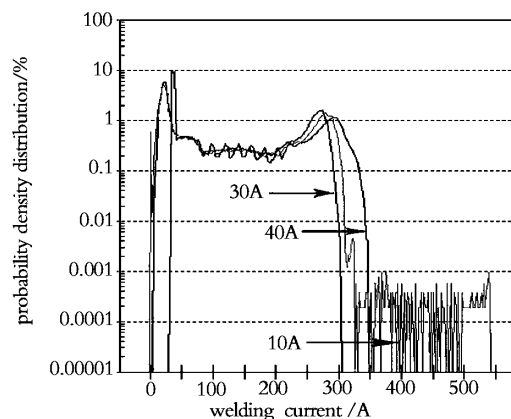


图 5 不同基值电流下焊接电流概率密度分布图
Fig. 5 Probability density distribution of welding current at the welding condition of different background current

2.4 脉冲波形对熔滴过渡的影响

在其它参数相同条件下(脉冲频率为 200 Hz、基值电流为 40 A、脉宽比为 40%),进行了缓、陡、极陡 3 种模式脉冲波形的焊接试验。结果表明,在采用的规范下 3 种脉冲波形的熔滴过渡都很稳定且飞溅很小。分析电弧电压、焊接电流概率密度分布(图 7、图 8 所示),可见,随着脉冲形状的变陡,焊接电流和电弧电压概率密度分布变得逐渐整齐,比较而言,采用较陡的波形电弧更稳定,但由于概率密度分布相差较小,因此对熔滴过渡影响不大。

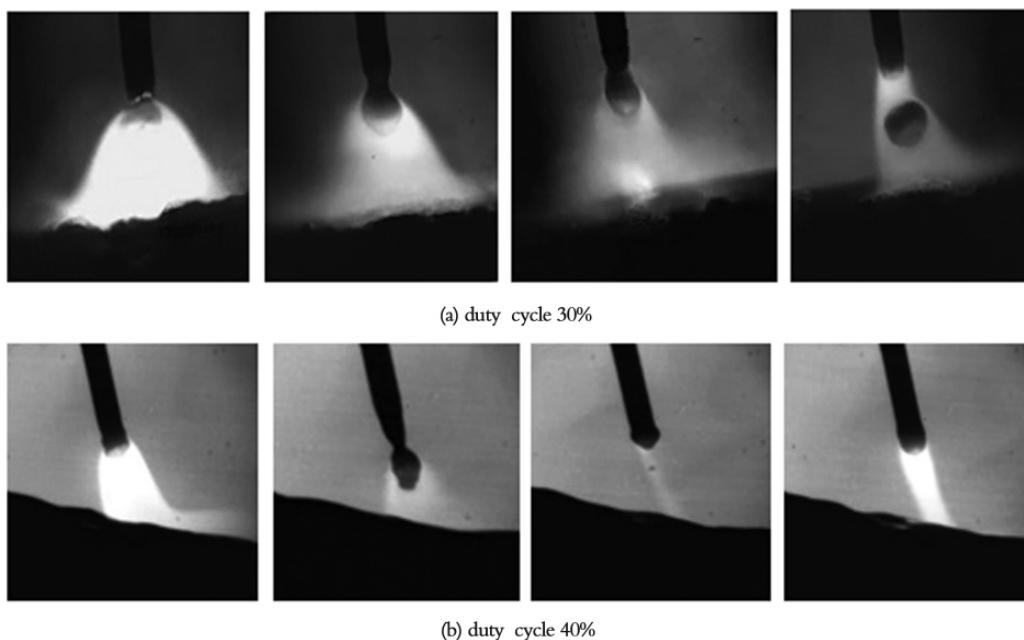


图 6 不同脉宽比下高速摄影典型照片

Fig. 6 The high speed photograph of metal transfer at the welding condition of different duty cycle

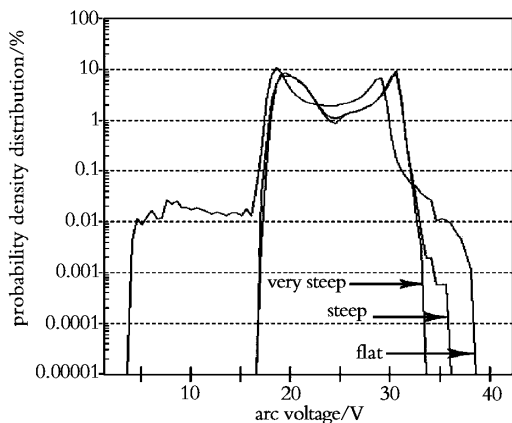


图 7 3 种脉冲波形下电弧电压概率密度分布图

Fig. 7 Probability density distribution of arc voltage at three different waveform

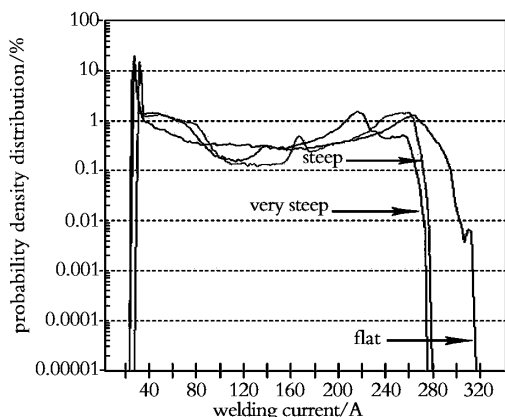


图 8 3 种脉冲波形下焊接电流概率密度分布图

Fig. 8 Probability density distribution of welding current at three different waveform

3 结论

(1) 脉冲参数显著影响高强度奥氏体焊丝熔滴过渡形式, 脉冲频率、基值电流与脉宽比对熔滴过渡影响较大, 而脉冲波形影响较小。

(2) 采用较高脉冲频率(200 Hz 左右)、较小的脉宽比(40%)并结合适当的基值电流(30 ~ 40A), 高强度奥氏体焊丝能够获得理想的熔滴过渡形式。

参考文献:

- [1] Amin N. Pulsed current parameters for arc stability and controlled metal transfer in arc welding[J]. *Metal Construction*, 1983, 15(5): 272-278.
- [2] Jacobsen N. Monopulse investigation of drop detachment in pulsed gas metal arc welding[J]. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 1992, 25(5): 783-797.
- [3] Joseph A, Farson D, Harwing D, et al. Influence of GMAW-P current waveform on heat input and weld

bead shape[J]. *Science and Technology of Welding and Joining*, 2005, 10(3): 311-318.

- [4] Weglowski M, Huang Y, Zhang Y. Effect of welding current on metal transfer in GMAW[J]. *Archives of Materials Science and Engineering* 2008 33(1): 49-56.
- [5] 沈显峰, 陈金明, 黄文荣. H1Cr24Ni13 焊丝的机器人脉冲 MAG 焊接稳定性[J]. *上海交通大学学报*, 2010 44(增刊): 134-137.
- Shen X F, Chen J M, Huang W R. Welding processing stability of filler wire in robotic pulse MAG welding[J]. *Journal of Shanghai Jiaotong University*, 2010 44(Supp.): 134-137.
- [6] 姚屏, 薛家祥, 黄文超, 等. 脉冲 MIG 焊熔滴过渡阶段的波形控制[J]. *华南理工大学学报(自然科学版)*, 2009 37(4): 52-56.
- Yao P, Xue J X, Huang W C et al. Waveform control in droplet transfer phase during pulsed MIG welding[J]. *Journal of South China University of Technology (Natural science edition)*, 2009 37(4): 52-56.
- [7] 符卫, 胡绳荪, 尹玉环. 熔滴过渡对脉冲熔化极氩弧焊快速成形的影响[J]. *机械工程学报* 2009 45(4): 95-99.
- Fu W, Hu S S, Yin Y H. Effect of droplet transition on rapid prototyping by P-MIG[J]. *Journal of Mechanical Engineering* 2009 45(4): 95-99.
- [8] 胡特生. 电弧焊[M]. 北京: 机械工业出版社, 1996.
- Hu T S. Arc Welding[M]. Beijing: Machinery Industry Press, 1996.
- [9] 刘富强, 王宝. 汉诺威弧焊质量分析系统及其在焊接材料测试技术中的应用[J]. *兵器材料科学与工程* 2008(2): 87-90.
- Liu F Q, Wang B. Welding-quality analyzing system of HANNOVER and its application in test technology of welding materials[J]. *Ordnance Material Science and Engineering*, 2008(2): 87-90.
- [10] 黄玉凤. 分析仪在焊接电参数测试中的应用[J]. *新技术新工艺* 2008(4): 74-75.
- Huang Y F. Analysis on welding electric parameters testing application[J]. *New Technology and New Process* 2008(4): 74-75.
- [11] 韩永全, 刘燕. 铝合金脉冲 MIG 焊信号检测及分析[J]. *焊接技术*, 2008(4): 18-20.
- Han Y Q, Liu Y. Aluminum alloy pulsed MIG welding signal detection and analysis[J]. *Welding Technology*, 2008(4): 18-20.
- [12] 殷树言. 气体保护焊工艺基础[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- Yin S Y. Gas Shielded Arc Welding Process[M]. Beijing: Machinery Industry Press, 2007.

(编辑: 房威)