第17卷 第3期　　焊 接 学 报　　Vol.17　No.3
1996年9月　　HANJIE XUEBAO　　September 1996

MAG焊脉冲电流控制旋转喷射过渡

黄 炜　艾 盛　王震澍

(西安　西北工业大学)

摘　要　研究直流反极性脉冲MAG焊旋转喷射过渡的熔滴过渡特性、电弧现象与焊缝成形。试验结果指出：如果选定的脉冲峰值电流值高于连续旋转喷射过渡的转变电流值，随着脉冲能量的不断增大，熔滴过渡特性将从脉冲轴向射流过渡转变为脉冲旋转喷射过渡，同时焊接电弧现象和焊缝成形等亦发生变化，例如焊缝熔宽与焊丝熔化速度会突然的增大。

关键词：转变电流　脉冲轴向射流过渡　脉冲旋转喷射过渡

0　序　言

熔化极气体保护焊建立连续旋转喷射过渡，在50年代末曾有研究报道[1]，但在较长的时间中，由于人们对其工艺特性、控制规律及应用技术等认识不足，连续旋转喷射过渡没见在焊接生产中推广使用。到了80年代，国外开始介绍有使用连续旋转喷射过渡MAG焊以焊接某些钢结构部件的事例，同时还开发与发展了TIME焊接法或大电流MAG焊技术，显示出用连续旋转喷射过渡可有效的增大焊缝熔宽，提高焊接熔敷速度，改善角焊缝与窄间隙焊的焊缝成形，以及对焊件装配间隙不敏感等优点[2~6]，这些情况受到各工业发达国家焊接工作者的重视与仿效。

对于确定成分与直径的钢焊丝，采用连续旋转喷射过渡的焊接电流值应大于第二转变电流值(即形成旋转喷射过渡的临界电流)，这将使焊接电弧功率很大，增加焊件的热输入，可能会对焊接合金结构钢引起不利的影响。此外，使用恒值电流焊接，随着电流值再增加，估计要控制液锥旋转角很困难，且易导致金属飞溅增大。针对连续旋转喷射过渡将存在这些问题，我们按照自立创新精神，开拓了采用脉冲电流控制旋转喷射过渡的理论与应用研究，较系统的探索脉冲规范参数调变对建立脉冲旋转喷射过渡的熔滴过渡特性、电弧现象及焊缝成形等的影响，为推动旋转喷射过渡技术在焊接生产中应用开辟一条新途径。

1　试验方法

焊接电源用输出脉冲矩形波的TR－800晶体管弧焊电源。试验采用Φ1.2mm的H08Mn2SiA

* 参加此项研究工作的还有何锐敏、朱余荣、周志同等.

镀铜焊丝和 Ar+10%CO_2 混合气体在厚度为 8mm 的 A3 钢板上进行直流反极性平板敷焊。

焊接过程使用光线示波器和带双向光导纤维镜头的高速摄影机，以拍摄记录在一定规范与条件下的焊接电流、电压波形和电弧及熔滴过渡现象。

2 试验结果

2.1 脉冲规范参数值调变的影响与匹配

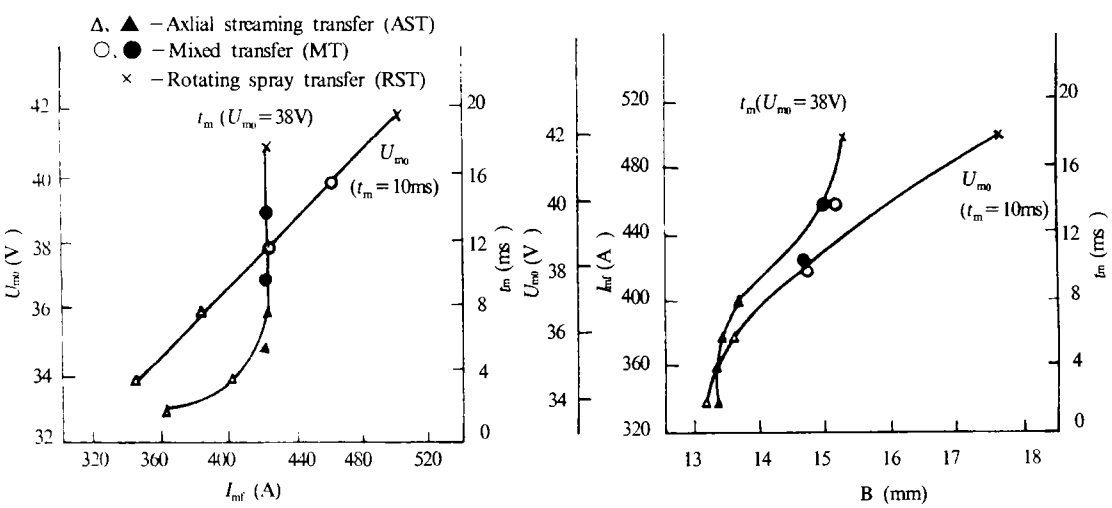
试验研究表明，焊接时选定的脉冲规范参数值将直接影响熔滴过渡特性与电弧现象。

2.1.1 脉冲峰值电流 I_{mf} 和脉冲持续时间 t_m 的影响

使用 TR－800 弧焊电源，焊接时选定的脉冲空载电压 U_{m_0} 与基值空载电压 U_{j_0} 值就分别确定了脉冲峰值电流 I_{mf} 和基值电流 I_j 的数值。

从文献[1]可知 Φ1.2 mm软钢焊丝建立连续旋转喷射过渡的第二转变电流 I_{Cr_2}=380A，设定 Φ1.2mm 的 H08Mn2SiA 焊丝的 I_{Cr_2} 值与其相近，则在脉冲 MAG 焊时，只要选用 U_{m_0} 值能保证在 t_m 时间内 I_{mf} 值高于 380A，就可能引起出现脉冲旋转喷射过渡。依据此原则，研究中当保持其他规范参数值不变的条件下，分别单独调变 U_{m_0} 或 t_m 值时所得到的试验结果如图 1 所示。

从图 1 可看出，在选择 I_{mf}>380A 的条件下，随着 U_{m_0} 或 t_m 值的增大，只要脉冲能量达到一定值时，其提供的脉冲电弧热与力作用可在 t_m 时间中使焊丝末端液锥变得细长柔软，由高速摄影拍摄的影片中就可观察到偶尔出现的旋转喷射过渡。若 I_{mf} 或 t_m 值继续增大，即脉冲能量的继续提高，脉冲电弧热与力的作用更增强，呈现脉冲旋转喷射过渡的几率就增加，显示出脉冲轴向射流过渡＋脉冲旋转喷射过渡(简称为混合过渡)的特征，这时焊成的焊道熔宽明显增大。此后，I_{mf} 或 t_m 值再继续增大达到另一定值时，其熔滴过渡特征就成为完全的脉冲旋转喷射过渡。



(a) Characteristics of metal transfer (b) Weld width

图 1 U_{m_0} 或 t_m 值对熔滴过渡特征及焊道熔宽的影响

(U_{j0}=30V, I_j=220A, L_S=20mm, V_H=40cm/min, Q_{Ar}/Q_{CO_2}=1800/200(L/h)

Fig.1 Effect of U_{m_0} or t_m on characteristics of metal transfer and weld width

2.2 电弧现象和焊缝成形特点

当建立了脉冲旋转喷射过渡时，观察宏观电弧形态或从高速摄影影片上记录的在 t_m 时间中脉冲电弧形态(图 3)，其电弧弧柱烁亮区呈现为角锥形，外面围绕着一层颜色暗淡的略似钟罩形的弧焰，电弧燃烧仍稳定。此外，在焊丝末端还可隐隐约约地观察到有一细长的液锥暗线，其下面游动有一个较暗淡的小角锥，这可能是液锥下端产生旋转所造成的阴影。

建立脉冲旋转喷射过渡后，由于焊接电弧和液锥产生旋转，焊接电弧热与力的作用范围分散并扩大，这样增强了对熔池中轴线两侧的加热及挖掘作用，致使焊缝熔宽呈现明显的增大，焊缝中轴线两边的熔透亦略有增加。

2.3 脉冲旋转喷射过渡的焊丝熔化率

脉冲 MAG 焊采用平外特性电源匹配等速送丝系统时，弧—源系统的稳定工作条件是焊丝送给速度 V_S 等于焊丝熔化速度 V_R，即 $V_S=V_R$，故焊丝送给速度在不同脉冲规范参数值焊接时的数值变化，可以反映焊丝熔化率的变化。在图 4 为试验中分别单独调变 U_{m0} 或 t_m 值时对焊丝送给速度的影响，可见随着 I_{mf} 或 t_m 值增大而使脉冲能量增加，当出现有脉冲旋转喷射过渡时，焊丝的送给速度开始明显增大，如呈现完全的脉冲旋转喷射过渡时 $V_S \geqslant 14$m/min，它比脉冲轴向射流过渡的 V_S 值可增加约 40% ～ 50%，但金属飞溅仍不大。

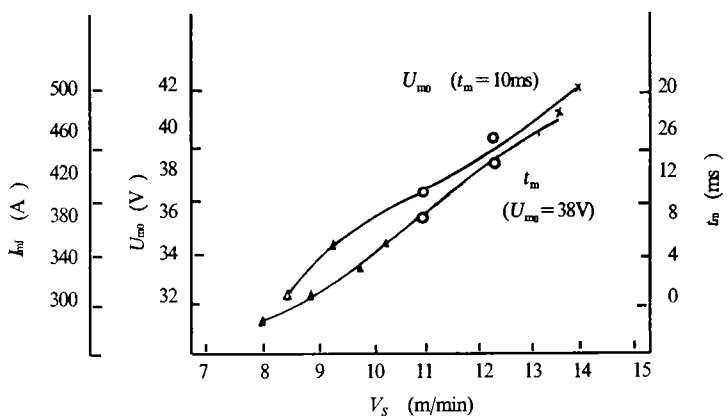


图 4 调变 U_{m0} 或 t_m 值对焊丝送给速度的影响

Fig.4 Effect of U_{m0} or t_m on wire feed speed

3 结 论

(1)初次揭示了采用 Φ1.2mm 的 H08Mn2SiA 焊丝进行脉冲 MAG 焊，在选定 $I_{mf}>I_{Cr_2}$ 值条件下，只要调变 U_{m_0} 或 t_m 值大于某一定值后，就会在 t_m 时间内呈现脉冲旋转喷射过渡特征。随着 U_{m_0} 或 t_m 值的继续增大，即脉 冲能量的提高，产生旋转喷射过渡的几率亦增加，最后可获得完全的脉冲旋转喷射过渡。

(2)脉冲规范参数值变化对建立旋转喷射过渡的影响以 U_{m_0} 与 t_m 为显著。在保证 $I_{mf}>I_{Cr_2}$ 值条件下，要获得完全的脉冲旋转喷射过渡，对 I_{mf} 与 t_m 值的匹配原则是：高的 I_{mf} 值可选配用较短的 t_m 值，略低的 I_{mf} 值就应选用较长的 t_m 值。

(3)完全的脉冲旋转喷射过渡，其电弧燃烧仍很稳定，弧柱烁亮区形态呈角锥形，与轴向射流过渡的钟罩形电弧形态有明显的区别。

(4)形成完全的脉冲旋转喷射过渡时，焊缝熔宽和焊丝送给速度(亦即焊丝熔化速度)有显著的增大。这种熔滴过渡控制技术，既可保持有连续旋转喷射过渡焊接技术的主要优点，又可改善对焊件热输入过高和控制液锥旋转角的难题。

(1995－05－15 收到初稿，1996－04－20 收到修改稿)

参 考 文 献

1 Lesinewich A. Control of Melting Rate and Metal Transfer in Gas－Shielded Metal Arc Welding: Part Ⅱ －control of Metal Transfer. Welding Journal, 1958, (9)

2 Lyttle K A. GMAW－A Versetile Process on the Move. Welding Journal, 1983, (3): 15～ 22

3 Church J G. and Imazumi H. Welding Characteristics of a New Welding Process－T.I.M.E. Doe Ⅶ－1199－90, IIW, 1990, 1～ 74

4 山西英幸等. ハイ・マグ溶接法の開発.溶接技术，1990, (2): 68～ 73

5 今泉昌等.大電流マグ溶接法—タイム・プロヤヌの开発.溶接技术，1990, (2): 74～ 85

6 Lannsteiner R. The T.I.M.E. Process－an Innovative MAG Welding Process. Welding Review International, 1992, (2): 17～ 20

7 朱余荣等.脉冲 MAG 焊采用脉冲旋转喷射过渡的开发。第七届全国焊接会议论文集，H－$Ⅶ_b$－010－93, 1993.

Pulsed Rotating－spray Transfer During MAG Welding

Huang Wei, Ai Sheng, Wang Zhencheng

(Northwestern Polytechnical University, Xi'an)

Abstract The characteristics of metal transfer, arc phenomena and shapes of weld in DCRP PC－MAG welding with pulsed rotating－spray mode are studied in this paper. It is indicated that if the choosed peak value of pulsed current is higher than the transition current (critical current) of continuous rotating spray transfer, the characteristics of metal transfer may change from pulsed axial streaming transfer to pulsed rotating－spray transfer with the continuous increase of pulse energy, simultaneously, the changes in arc phenomena and shapes of weld will take place also, for example, weld width and wire feed speed will increas suddenly.

Key words transition current, pulsed axial streaming transfer, pulsed rotating－spray transfer