

碱性焊条飞溅与焊机动特性的关系

郭鸿年 薛继仁 郭秀华

王海英

(大连铁道学院)

(沈阳轻型汽车研究所)

摘要 本文研究了不同动特性的手弧焊机在用相同焊接参数焊接时,不同短路持续时间 t_s 的飞溅率 ψ 与 $i_{td}/I_t(t_s)$ (i_{td} 为 t_s 时刻的短路电流值, I_t 为焊接电流的平均值)的关系。从理论上分析了两种手弧焊机动特性影响飞溅的原因,提出用 $i_{td}/I_t(t_s)$ ($t_s=10\text{ms}$)作为评定多种手弧焊机动特性的新指标,并推导出飞溅率 ψ 与 $i_{td}/I_t(t_s)$ 关系的数学模型,其误差在1.5%以内。

关键词 动特性;飞溅;碱性焊条

0 序 言

近年来人们对弧焊电源动特性与飞溅的关系进行了不少的研究,但主要是针对气体保护焊开展工作的。对于弧焊机涉及较少。目前我国电焊机行业用 I_{FD}/I_F 来考核手弧焊机(以下简称焊机)动特性(I_{FD} 为用电阻器做负载,用接触器短路,在负载至短路这一过渡过程中的最大短路冲击电流值, I_F 为负载电流值)^[1]。规定只要 $I_{FD}/I_F \leq 2.5$ 就认为焊机的动特性合格。但生产实践表明,许多焊机虽然符合现行动特性标准,但飞溅率有很大差别,这表明 I_{FD}/I_F 不能准确反映焊机的动特性。

为此有人利用统计的方法研究了短路过渡几率与短路持续时间的关系,得出几率最大的短路过渡持续时间 $t_0 \pm 3\text{ms}$ 区间内集中了60%以上的熔滴过渡^[1]。作者还指出用 $\phi 4\text{mm}$ 碱性焊条焊接时短路过渡几率最大的短路持续时间 $t_0 = 8\text{ms}$,所以用 $i_{td}/I_t(t_s)$ (i_{td} 为短路持续时间为 8ms 时刻的瞬时短路电流值)来表示焊机动特性与飞溅的关系。对于一种焊机 $i_{td}/I_t(t_s)$ 值越大,飞溅率就越大。不同焊机亦存在同样的规律^[2]。这样进一步提高了评定焊机动特性的准确性。但后来的研究发现 $i_{td}/I_t(t_s)$ 相同的两种焊机飞溅率也不相等。而且,在实际焊接中虽然短路持续时间为 t_0 的短路次数最多,但没有证据表明熔滴过渡频率最高的短路持续时间就是飞溅最多的时间。因此用 $i_{td}/I_t(t_s)$ 作为表示焊机动特性的指标尚不够明确。

为了解决上述问题,本文利用TP805微型计算机的数据采集系统、光线示波器、高速摄影机、同步控制的试验手段。并对试验所得结果进行分时处理,在查明飞溅与焊接参数之间关系的基础上,找出了评定焊机动特性的新指标。

1 试验设备与材料

1.1 试验设备

TP805微型计算机及接口电路一套。同步控制装置一台。SC-16型光线示波器一台。NACE-10型高速摄影机一台。NAC胶片分析仪一台。碳弧背光光源一台。ZXG-500型, ZX5-400型, ZXG1-250型, AX7-320型焊机各一台。

1.2 试验材料

试件为16Mn钢板、尺寸为290mm×60mm×8mm。 ϕ 4mm结507碱性焊条等。

2 试验方法

2.1 焊机动特性调节

其目的是在保持焊接电压 ($U = 24V$) 焊接电流 ($I = 170A$) 不变的情况下, 调节焊机动特性以便研究它对飞溅的影响。

2.1.1 ZXG-500型焊机动特性调节

其原理如图1所示。具体做法是改变附加的双稳器铁芯间隙 δ 的大小, 使其产生不同的电流负反馈来控制短路过渡过程中磁放大器激磁电流的大小, 从而在一定范围内获得不同的动特性。在本试验中选取了表1所列的4种不同情况下的动特性。

2.1.2 ZX5-400型焊机动特性调节 改变焊机推力电流大小, 即可改变焊机动特性。本试验中选取了表1所列的5种不同情况下的动特性。

2.2 试验步骤

将试件除锈。焊条在350℃烘干4h。试验装置布置如图2所示。焊接参数及高速摄影机拍摄参数列于表2、表3。分别按表1所列的两种焊机的9种不同情况下的动特性进行堆焊, 同时在同步装置的控制下, 用NACE-10型高速摄影机进行熔滴过渡及飞溅的拍摄, 用SC-16型光线示波器拍摄焊接电流、电压波形, 用TP-805微型计算机及接口电路进行电流电压波形数据采集。然后用与高速摄影时相同的焊接规范在飞溅收集箱内焊接, 并用称重法测定飞溅率。用NAC胶片分析仪对所拍摄的底片进行分析处理。

表1 ψ 与 $i_{fd}/I_{(g)}$ 的关系

Table 1 The relationship of sputtering rate ψ and dynamical characteristics

		$i_{fd}/I_{(g)}$	
welding machine	No.	$i_{fd}/I_{(g)}$	$\psi(\%)$
ZXG-500	1	1.37	2.83
	2	1.59	5.17
	3	1.70	7.46
	4	2.33	13.15
ZX5-400	5	1.23	0.682
	6	1.37	1.759
	7	1.58	2.406
	8	1.82	4.71
	9	2.00	6.726

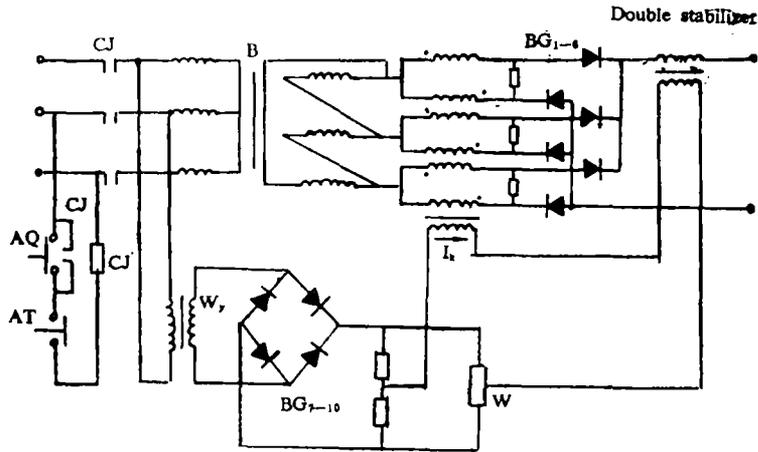


图 1 ZXG-500焊机改装原理图

Fig.1 Reform principles of ZXG-500 welding machine

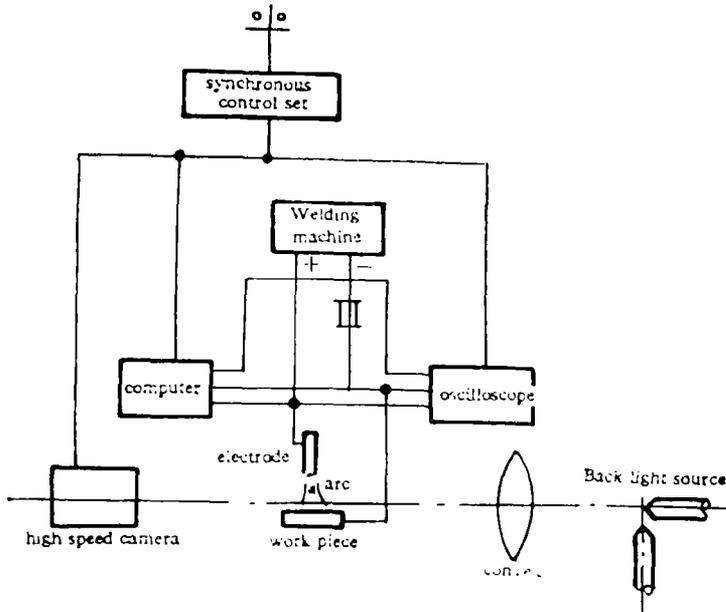


图 2 试验简图

Fig.2 Simplified graph for test

表 2 试验焊接参数

Table 2 Experiment parameters

Welding voltage $U(V)$	Welding current $I(A)$	Welding speed $V(cm/min)$	Slope of electrode $\phi(^{\circ})$
24	170	18~19	70~80

表 3 高速摄影主要参数

Table 3 Parameters for high-speed camera

Shutter constant	Aperture	Speed (P/s)	Power of back light source (kW)
5	5.6	1500	7.5~8.5

3 试验结果与分析

3.1 $i_{td}/I_{t(8)}$ 与飞溅率的关系

将所测的两种焊机的 $i_{td}/I_{t(8)}$ 与所对应的飞溅率列于表1并绘于图3。由图可见对于一种焊机其飞溅率是随着 $i_{td}/I_{t(8)}$ 增加而增加。而对于两种焊机在相等的 $i_{td}/I_{t(8)}$ 下飞溅率不等。

3.2 焊机动特性新指标的提出

为了找出评定焊机动特性的新指标,本文针对两种焊机的 $i_{td}/I_{t(8)}$ 比值相同时(见表1中的No.1与No.6 $i_{td}/I_{t(8)}$ 比值均为1.37; No.2与No.7的 $i_{td}/I_{t(8)}$ 比值约为1.58)所拍摄的高速摄影底片在NAC胶片分析仪上,参照所对应的电压电流波形,微机采集的数据进行了大量的分析统计工作。统计出不同短路持续时间高速摄影底片上飞溅颗粒的大小和个数,计算出不同短路持续时间飞溅率的百分比,将实际飞溅率与高速摄影底片上的飞溅率进行换算,并同时统计计算出相应的 $i_{td}/I_{t(t)}$ 值,得到不同短路持续时间的飞溅率 ψ' 与 $i_{td}/I_{t(t)}$ 的关系如图4所示。图5为图4的三维合成图。由图可见,飞溅率 ψ' 和短路持续时间及 $i_{td}/I_{t(t)}$ 三者之间存在着山丘形的关系。6ms以内产生的飞溅占整个飞溅的比率很小,9.5ms→10.5ms时ZXG—500型焊机出现了明显的峰值(图5中A点),其飞溅率占整个飞溅率的75%—85%,说明飞溅主要是在10ms这一时刻产生的。对ZX5—400型焊机在同一时刻由于 $i_{td}/I_{t(10)}$ 比值小故没有出现峰值(图5中B点)。其它时刻的飞溅率均低于ZXG-500型焊机的飞溅率。

由此可以看出,尽管短路持续时间为8ms时产生的短路过渡几率最大,但真正产生大规模飞溅却不是8ms,而是在10ms时。因此衡量飞溅的主要指标应为10ms时的 $i_{td}/I_{t(10)}$ 。其飞溅率 ψ 与 $i_{td}/I_{t(10)}$ 的关系如图6所示,由图6可见 ψ 与 $i_{td}/I_{t(10)}$ 近似成直线关系。其线性回归方程为 $\psi = 10.42i_{td}/I_{t(10)} - 11.61$ 。相关检验线性关系特别显著,对回归方程进行预测其置信概率为0.99的区间为 $(\psi \pm 0.6835)$,误差小于1.5%。因此衡量飞溅的新指标是 $i_{td}/I_{t(10)}$ 。

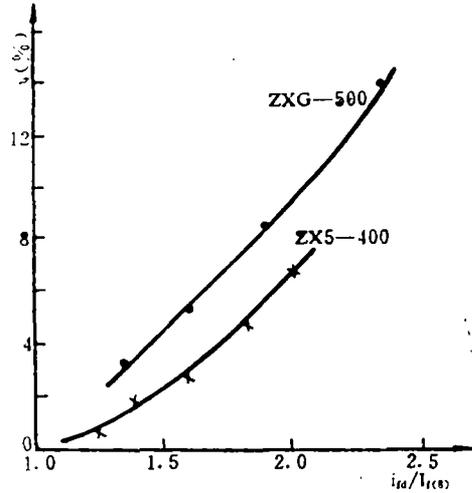


图3 飞溅率 ψ 与 $i_{td}/I_{t(8)}$ 的关系曲线

Fig.3 The relation curve of ψ and $i_{td}/I_{t(8)}$

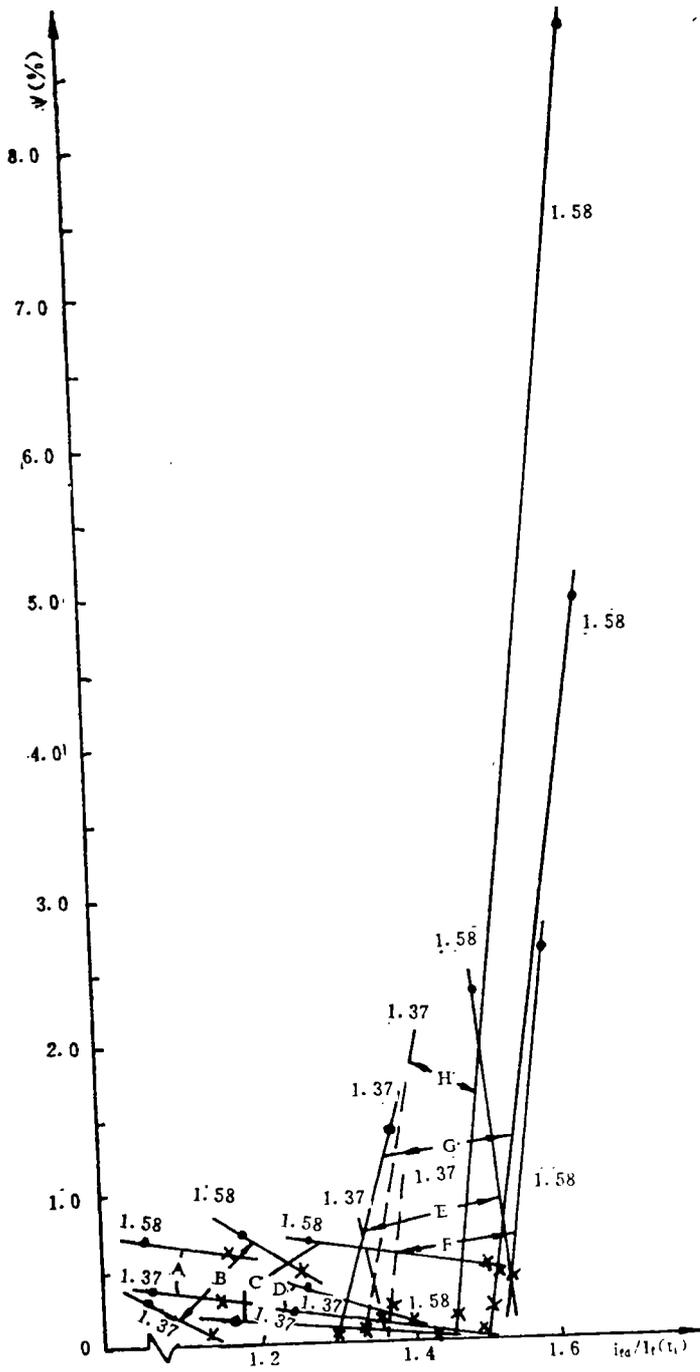


图 4 不同 t_s 时的飞溅率 W 与 $i_{rd}/I_r(t_s)$ 的关系

Fig. 4 The relationship between sputtering rate and $i_{rd}/I_r(t_s)$ in different lasting time of short circuit

● ZXG-500, × ZX5-400, A $t_s=1\text{ms}$, B $t_s=2\text{ms}$, C $t_s=3\text{ms}$, D $t_s=5\text{ms}$, E $t_s=7\text{ms}$,
 F $t_s=8\text{ms}$, G $t_s=9\text{ms}$, H $t_s=10\text{ms}$,

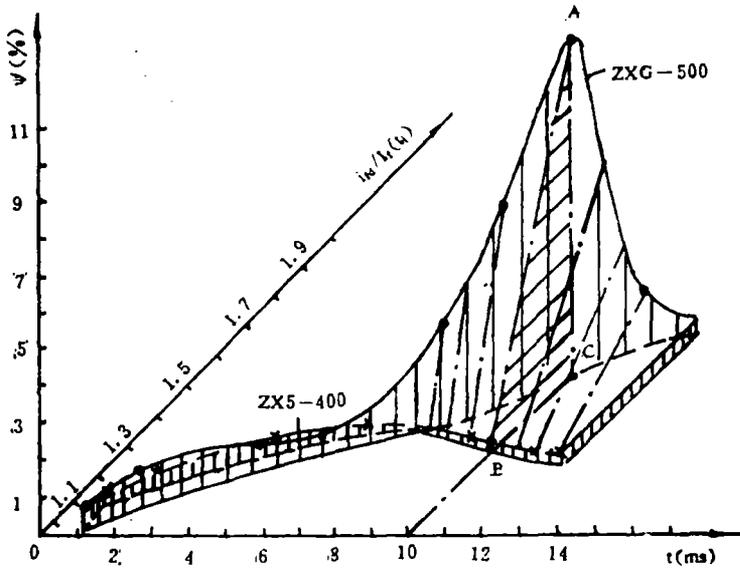


图 5 飞溅率ψ与短路持续时间t及 $i(t)/I(t)$ 的关系

Fig. 5 Relationship of sputtering rate with lasting time and $i(t)/I(t)$

3.3 焊机动特性新指标的验证

为了验证上述新指标的通用性和准确性，本文用 ZXG1-250型焊机，AX7-320型焊机进行了试验。结果见图 6。由此可见这两种焊机亦能很好地符合这一关系，误差小于1.5%。

3.4 焊机动特性对药皮套筒的影响

在试验中观察到焊条药皮套筒形貌如图 7 所示。由图可见，用 ZXG-500 型焊机焊的焊条药皮套筒很短且不完整；用 ZX5-400 型焊机焊的焊条药皮套筒长且完整。这与焊机

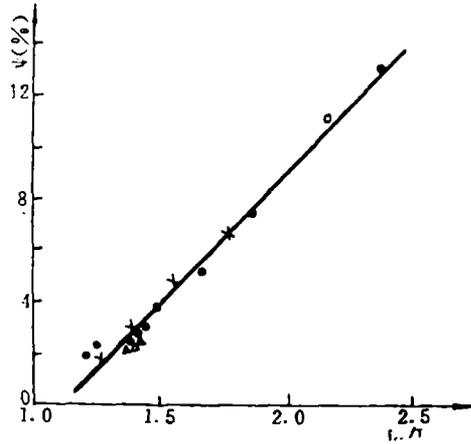
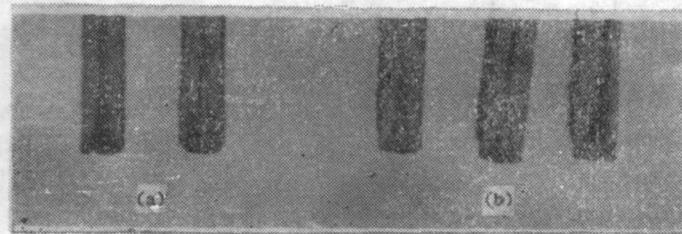


图 6 飞溅率ψ与 $i(t)/I(t)$ 的关系图

Fig. 6 The relationship between ψ and $i(t)/I(t)$
△ ZXG1-250, ○ AX7-320, ● ZXG-500, × ZX5-400



(a) ZXG-500

(b) ZX5-400

图 7 焊机动特性对药皮套筒的影响

Fig. 7 Effect of dynamical characteristics of welding machine on the envelopes of coatings

动特性有关。由两种焊机从负载至短路的电流过渡过程 (图 8) 可知，ZXG-500 型焊机虽

然短路前期电流值小,而短路持续时间到10ms时电流值很大,且呈上升趋势,因而爆破力大,它严重破坏了焊条药皮套筒(图7a),这就大大减弱了套筒中产生的气流对熔滴的吹送力和熔渣对熔滴表面覆盖作用,以致形成大熔滴。这样,一旦发生短路就会形成粗大的液体金属小桥,在很大的短路电流作用下爆破时,容易造成大规模的波及熔池的飞溅,这一点已为大量的高速摄影底片所证实。

ZX5-400型焊机虽然短路初期电流上升率大,但当短路持续时间到10ms时短路电流峰值已过,电流处于下降阶段,此时短路电流值小、爆破力小,药皮套筒不易受到破坏,形成长达3mm左右的喇叭形套筒(图7b)。这样套筒中产生的气体对熔滴有较大的吹送力,同时熔渣对熔滴表面亦能较好地覆盖,从而易形成较小的熔滴³,当熔滴与熔池短路时,液体金属小桥直径小,而且颈缩部位往往处于套筒内,爆破的液态金属不易向外飞溅,因此其飞溅就小得多。

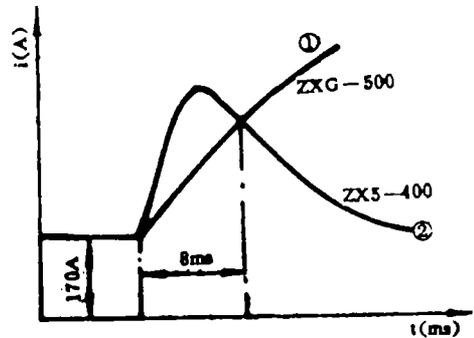


图 8 短路电流过渡过程

Fig. 8 Process of short circuit

飞溅就小得多。

4 结 论

(1) 飞溅率与熔滴不同短路持续时间、 $i_{sa}/I_c(t_s)$ 三者之间存在着山丘形的关系。飞溅率大小决定于短路持续时间为10ms时的 $i_{sa}/I_c(10)$ 值,该值越大飞溅率越大,严重时产生大规模波及熔池的飞溅,其飞溅率占整个飞溅率的75%~85%。

(2) $i_{sa}/I_c(10)$ 可以作为衡量多种焊机动特性与飞溅率关系的统一新指标,它与飞溅率的数学模型为 $\psi = 10.42i_{sa}/I_c(10) - 11.61$,误差在1.5%以内。

(1990年12月10日收到修改稿)

参 考 文 献

- 1 芦桂枝等. 碱性焊条焊接短路过渡时间的研究, 焊接学报, 1986, 7(4): 203~210
- 2 芦桂枝等. 关于碱性焊条飞溅与电源特性关系的研究, 焊接, 1985, (2): 1~5
- 3 张文钱. 金属熔焊原理及工艺(上册), 北京: 机械工业出版社, 1989, 49~50

**Relationship between spattering of basic electrodes
and dynamic characteristics of welders**

Guo Hongnian, Xue Jiren and Guo Xiuhua

(Dalian Railway Institute)

Wang Haiying

(Shenyang Research Institute of Light Car)

Abstract This paper studies the relationship between $i_{td}/I_{f(t)}$ and the spattering rate under different continuous time period of short circuiting on welders with different dynamic characteristics. On the theoretical basis, this paper analyses the causes affecting the spattering rate from two welders with different dynamic characteristics and proposes that $i_{td}/I_{f(10)}$ can be used as a new general parameter to evaluate the dynamic characteristics of many kinds of arc welders. A mathematic model of the relationship between spattering rate and $i_{td}/I_{f(10)}$, proved to be true within an accuracy of 1.5%, has been established as well.

Key words dynamic characteristics; spatter; basic electrode