

电火花加工中极性效应的研究

赵 伟 任中根 迟恩田

(西北工业大学 西安 710072)

文 摘 针对电火花放电机理中的极性效应这一问题做了进一步的研究。为考察两电极的蚀除情况,进行了单脉冲实验,结果发现在煤油中大脉宽放电条件下正极的蚀除量大于负极,这与实际加工中的结果不符。通过参考和分析等离子通道中电子和正离子的运动,并对上述现象给出了探讨性的解释。

关键词 极性效应,电火花放电加工,电极蚀除量

Discussion on Polarity Effect in EDM

Zhao Wei Ren Zhonggen Chi Entian

(Northwestern Polytechnic University Xi'an 710072)

Abstract The problem of polarity effect in EDM is researched in this paper. In order to find out deterioration of anode and cathode, experiment with single pulse is taken in kerosene oil. The deterioration of anode is found larger than that of cathode even in the condition of large pulse width, which is contradictory to deterioration in EDM machining with continuous pulses. This phenomenon above may be explained through analyzing the movement of electron and positive ion in plasma canal.

Key words Polarity effect, EDM, Electrode deterioration

1 前言

众所周知,在电火花加工中存在极性效应,即在加工时阳极和阴极表面分别受到电子和离子的轰击而受到瞬时高温热源的作用,它们都受到电腐蚀,但即使两电极材料相同,两个电极的蚀除量也不相同。如果两电极的材料不同,则极性效应更复杂。

通常认为放电时,电子奔向阳极,由于电子质量小,加速度大,容易获得较高的运动速度;而正离子质量大,加速度小,短时间不易获得较高速度。所以当放电时间较短时,如小于 $30 \mu\text{s}$,电子传递给阳极的能量大于正离子传递给阴极的能量,使阳极蚀除量大于阴极蚀除量,此时工件应接正极,工具电极应接负极,称为正极性加工。反之,当放电时间足够长时,如大于 $300 \mu\text{s}$,正离子被加速到较高的速度,加

上它的质量大,轰击阴极时的动能也大,使阴极蚀除量大于阳极蚀除量,此时工件应接负极,工具应接正极,称为负极性加工^[1,2]。

日本国学者对在压缩空气中的电火花放电加工进行了研究,结果表明与在煤油中的放电加工存在很大不同。与在煤油中的电火花放电加工相比,在以压缩空气为介质的放电加工中,当工具电极接负极时,可得到更小的电极损耗和更大的工件蚀除速度^[3]。

2 实验及结果

很明显,在空气中的电火花放电加工工艺结果与通常在煤油中的结果不一致。为弄清造成上述不同的本质原因,设计了单脉冲实验,试图从放电加工机理上找出合理的解释。实验中采用了紫铜—紫铜

收稿日期:2000-05-15

赵伟,1972年出生,博士研究生,主要从事电火花加工工艺和机理的研究工作

(针), 钢—紫铜(针), 钢—钢(针) 电极对进行了实验。实验结果显示当针电极为负极时在正极形成的放电凹坑要大于当针电极为正极时在负极形成的放电凹坑。表 1 显示了加工结果和实验条件。

表 1 不同电极对的放电凹坑尺寸*

Tab.1 Pit dimension of different couple electrodes μm

针电极	工件	凹坑直径均值
紫铜(+)	紫铜(-)	189
紫铜(-)	紫铜(+)	209
紫铜(+)	钢(-)	143
紫铜(-)	钢(+)	149
钢(+)	钢(-)	82
钢(-)	钢(+)	241

*电压:120 V;峰值电流:10.2 A;脉宽:1 800 μs ; 介质:煤油; 放电间隙:10 μm 。

下图为不同电极对的放电凹坑的电镜扫描照片。



图 1 钢针电极—钢(-)放电凹坑的电镜扫描照片 370 \times

Fig.1 Steel pin-steel cathode 370 \times



图 2 钢针电极—钢(+)放电凹坑的电镜扫描照片 300 \times

Fig.2 Steel pin-steel anode 300 \times

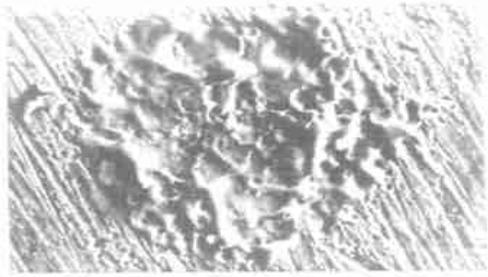


图 3 铜针电极—钢(-)放电凹坑的电镜扫描照片 230 \times

Fig.3 Copper pin-steel cathode 230 \times



图 4 铜针电极—钢(+)放电凹坑的电镜扫描照片 230 \times

Fig.4 Copper pin-steel anode 230 \times



图 5 铜针电极—铜(-)放电凹坑的电镜扫描照片 300 \times

Fig.5 Copper pin-copper cathode 300 \times

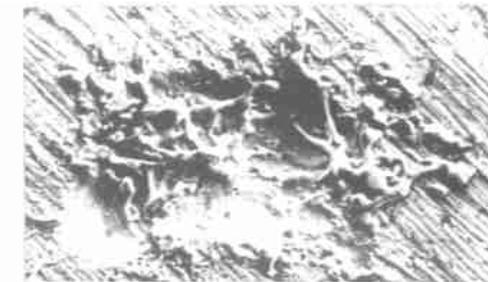


图 6 铜针电极—铜(+)放电凹坑的电镜扫描照片 300 \times

Fig.6 Copper pin-copper anode 300 \times

从图1与图2、图3与图4、图5与图6的比较可以发现,在相同针电极材料下放电,在正极形成的放电痕的径向尺寸和深度要比在负极形成的放电痕尺寸大。正极经放电腐蚀后有较为明显的放电凹坑存在,而负极表面只是被熔化的痕迹较明显并无很明显的放电凹坑形成。

3 结果分析

对于上述结果,用轰击理论难以解释。轰击理论认为电子和正离子在放电通道中分别向正极和负极运动,在大脉宽条件下,正离子的运动得到充分加速,对负极的轰击作用得到加强,超过了电子对正极的作用,因而正极的蚀除量小于负极。根据这一理论给出的解释正好与实际放电加工中大脉宽条件下负极蚀除量大于正极蚀除量的结果相吻合,这也是通常我们对放电加工的理解。

而本次实验结果表明单脉冲放电时正极的蚀除量大于负极,也就是说在大脉宽条件下电子对正极的作用大于正离子对负极的作用,这似乎难以理解。

日本学者夏恒通过对能量在两极分配比例的研究认为:无论脉冲宽度如何变化,工具阳极获得的能量总要比工件阴极大得多,其比例分别为40%和25%左右,而流入工作液的能量则比二者均要小得多,但他没有给出深入的解释^[4]。

有关对等离子体弧柱的研究显示^[5]:阳离子和电子在电场作用下,要沿着它们的受力方向移动。这些带电粒子的移动便形成电流,因此弧柱中的电流是由电子流 I_e 和阳离子流 I_i 构成。即

$$I = I_e + I_i$$

阳离子(一价)和电子所受电场力的绝对值相等,而阳离子的质量比电子要大得多,因此阳离子沿作用力方向的运动速度比电子小得多,所以 I_i 相对于 I_e 可以略去。它们的电流比 I_i/I_e 等于它们的迁移率比,比值约为1/1000。所以在实际应用中不妨认为弧柱总电流 I 在数值上约等于电子流 I_e 。

所以等离子通道中主要是电子在运动,这一规律是不随脉宽变化而变化的,所以即使是在大脉宽情况下阳离子的运动也远远弱于电子的运动。换言之,

在带电粒子对电极的轰击作用方面,电子带给正极的能量要远大于正离子带给负极的能量,因此正极的蚀除量要大一些。

以上结果似乎与事实不符,实际加工结果表明大脉宽加工时,负极的蚀除量要大于正极,正好与上述结论相反。事实上二者并不矛盾,因为从表1可以发现在单脉冲放电中当电极对为铜—钢和铜—铜时在两极形成的凹坑尺寸相差不大,但大脉宽条件下的实际加工中,正极表面附了一层碳膜,对正极的保护作用加强,从而使正极的蚀除量小于负极;但在小脉宽加工条件下,正极表面无法形成碳保护膜,正极的蚀除量就要大于负极了。表1还可以反映出钢—钢的单脉冲放电在两极形成的凹坑相差较大,在正极形成的凹坑尺寸(241 μm)远大于在负极形成的凹坑尺寸(83 μm),这时即使能在电极表面形成保护膜,其对正极的保护作用相比之下也不明显了,所以在钢—钢的放电加工中总是采用正极性加工,但在压缩空气中进行电火花加工,因不必考虑保护膜对电极的保护作用,仍为正极损耗大。

4 结论

单脉冲条件下的放电结果似乎可以与连续放电下的实际加工结果不一致,这可能是在连续放电或变换介质时在电极表面形成的保护膜对电极蚀除的影响所致。在本实验条件下的单个脉冲放电中正极的蚀除要大于负极。

对于本文中的实验结果和所提出的观点有必要做进一步的探讨和论证,延续性的研究工作正在进行之中。

参考文献

- 1 刘晋春,赵家齐.特种加工.北京:机械工业出版社,1994:11~12
- 2 金庆同.特种加工.北京:航空工业出版社,1988:24
- 3 Masanori,Masahiro Yoshida. Electrical discharge machining in gas. CIRP, 1997;46(1):143~146
- 4 Xia H,Hashimoto H, Nishiwaki N. Measurement of energy distribution in continuous EDM process. JSPE,1996; 62(8): 1 141~1 145
- 5 安藤弘平,长谷川光雄.焊接电弧现象.北京:机械工业出版社,1985:75