

添加剂对煤油工作液 电火花成型加工影响初探

刘 志 方

(机 械 工 程 系)

摘 要

本文在实验研究的基础上,得出了在煤油工作液中,添加一定量的适当种类的添加剂,对电火花成型加工有重要影响的结果,具体指出了添加剂在煤油中的合适比例、如何正确选择加工极性、工具电极材料等。按指出的方法加工,与普通的煤油加工相比,不仅可以提高工件的蚀除速度,而且能降低工具电极的损耗,甚至可以使工具电极的损耗为零。本文还就这些方面的影响机理进行了初步探讨。

目前,国内在电火花加工工作液研究方面比较注重于线切割工作液的研究,对成型加工工作液、特别是成型加工的煤油工作液研究甚少。其实在国外,无论是线切割还是成型加工、也无论是水类工作液或是油类工作液的研究都比较深入,报道也是屡见不鲜。

近年来,笔者在这方面做了一定的实验研究工作,现就添加剂(包括活化剂,下同)对煤油工作液电火花成型加工的影响及其机理论述如下。

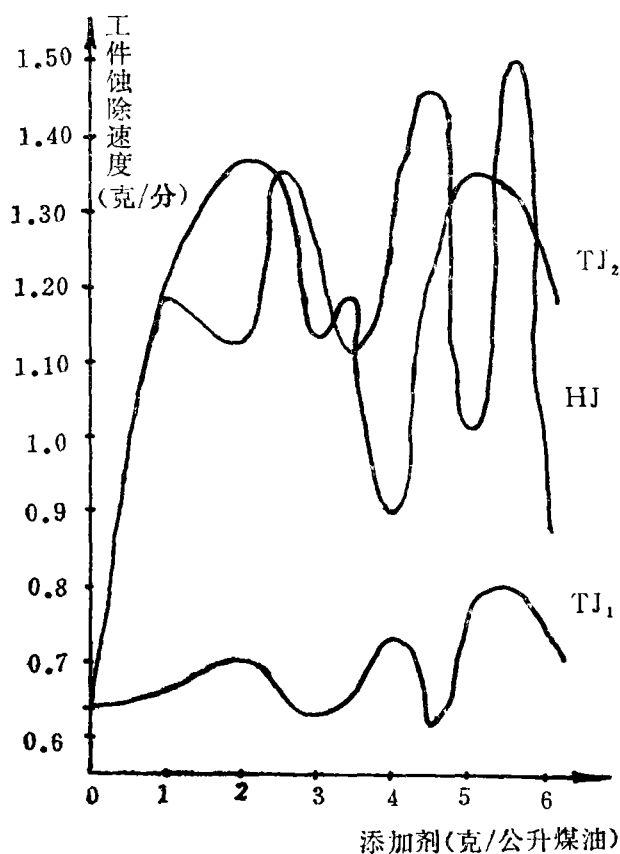
一、添加剂对工件蚀除速度的影响

实验证明,在煤油工作液中,添加适当种类和数量的导电粉末添加剂或具有一定表面活性的活化剂,与普通煤油相比,在保证被加工工件的表面粗糙度基本不变的条件下,能有效地提高工件的蚀除效率。如在普通煤油中添加TJ1、TJ2导电粉末及HJ活化剂,在D6140K电火花成型加工机床上,用0.75千赫脉冲频率、53(V)、30(A)电流的前尖峰波加工C₁₂MOV淬火钢时,实验结果如图一、表一。

从图和表上可以看出,在没有使用添加剂之前(普通煤油),生产效率只有0.647克/分,而分别使用添加剂TJ1、TJ2及HJ后,最高生产效率可分别达0.870克/分、1.377克/分及1.504克/分和普通煤油相比分别提高了35%、113%及133%,而工件表面粗糙度基本上都可达R₅。

在煤油中添加适当的添加剂及活化剂能有效地提高工件的蚀除速度,主要是降低了极间

本文于1987年10月19日收到



图、表一 添加剂对工件蚀除速度的影响
影响负极性 紫铜工具电极

添 加 剂 (克/公升煤油)	工件平均蚀除速度 (克/分)				工件表面 粗糙度R _a
	添加TJ1	添加TJ2	添加 HJ	普通煤油	
1	0.662	1.207	1.193	0.647	5/ ▽
2	0.705	1.377	1.113		
2.5	0.658	1.363	1.347		
3	0.612	1.110	1.240		
3.5	0.667	1.193	1.103		
4	0.738	0.880	1.327		
4.5	0.600	1.223	1.463		
5	0.750	1.360	1.013		
5.5	0.870	1.330	1.504		
6	0.733	1.210	0.816		

击穿电压,增加了极间的有效距离,有利于电蚀物的排出。

击穿电压降低的原因,不仅是人们通常所认为的,由于分散在极间的添加剂微粒占据了部分空间、使击穿距离减小的缘故,(因为如实验所示添加剂在介质中的浓度很低,所占空间是微不足道的),更主要的是因为添加剂这种胶体微粒会引起极间电场的畸变。设添加剂为一球形微粒,粒子半径为 R 、其介电系数为 ϵ_2 ,当在介电系数为 ϵ_1 、电场强度为 E_1 的煤油介质中时,根据高斯定理及拉普拉斯方程在不均匀介质中的应用解算(推导略),在极间电场球坐标中,微粒外任意一点 $r_1(r, \theta)$ 处,沿 r 方向的电场强度可表示为

$$E_{r_1} = \left[1 + \frac{2R^3}{r^3} \left(\frac{\epsilon_2 - \epsilon_1}{\epsilon_2 + 2\epsilon_1} \right) \right] E_1 \cos\theta \quad \dots\dots\dots (1)$$

θ 为电场 E_1 与 r 方向的夹角

由于添加剂的介电系数远远大于煤油的介电系数($\epsilon_2 \gg \epsilon_1$),从上式可以直接得出,粒外最大电场强度应在粒子界面上(即 $R=r$)且 $\theta=0$ 或 π 位置(沿电场方向的粒子直径两端),其数值已比均匀电场 E_1 大三倍,即

$$E_{R_1} = \left[1 + \frac{2R^3}{r^3} \right] E_1 = 3E_1 \dots\dots\dots (2)$$

从以上两式还可以看出,这种电场畸变的影响与 $(R/r)^3$ 密切相关,也就是说随着 R/r 的比值减小而显著减小,添加剂微粒的半径甚微,一般只有 $0.1\mu\text{m}$ — $0.001\mu\text{m}$ 左右,故单个微粒所引起的电场畸变甚微。但是大量的微粒分散在各处,一旦某处有粗粒存在,其界面两端沿电力线 $\theta=0$ 或 π 处电场强度变大,周围的粒子将会立即电泳并趋集于电场最强的地方,甚至列队结链,可以看成粗粒两端因微粒趋集而延续增长,甚至还可能形成“小桥”,使该处击穿电压降低。例如设极间距离为 0.02mm ,利用以上两式可以计算,在普通煤油工作液中,极间击穿电压为320伏,在极间添加一定量的添加剂后,极间击穿电压只有106伏。

极间添加具有一定表面活性能力的活化剂,不仅能降低煤油的表面张力,改善煤油介质的流动性,而且能在煤油介质中电离出大量的导电离子,使溶液的导电率剧增,极间放电间隙增大,此外,还能减少火花通道在靠近电极区域的扩散速度,促使被加工零件表面能量的集中,有利于提高工件的蚀除速度。

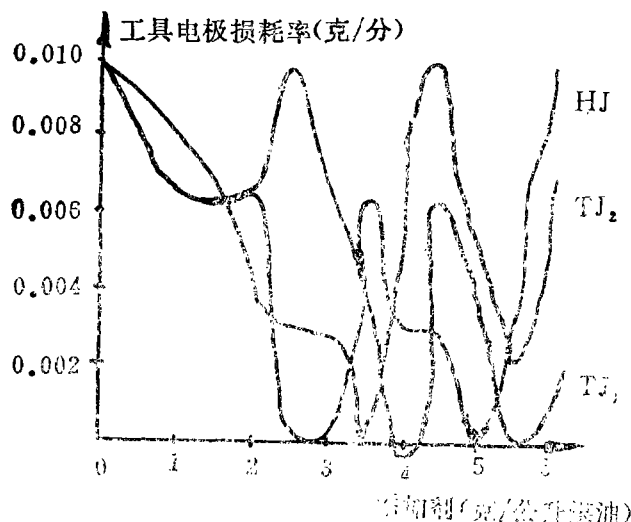
使用添加剂时,应注意添加剂在煤油中所占的比例,实验证明,一般以每公升煤油添加4—6克添加剂为宜,过量的添加剂会使极间微粒增加碰撞几率,加工不稳定、甚至引起添加剂的聚沉,加工无法进行。

二、添加剂对工具电极损耗的影响

恰当地使用添加剂,在提高工件蚀除速度的同时,还能有效地降低工具电极的损耗,只要控制得好,可使工具电极的损耗为零。如图二、表二是在测得图一、表一工件蚀除速度的同时测得的工具电损的损耗率,实验条件同图一、表一。

为什么使用添加剂后工具电极的损耗会大大降低?用胶体化学理论分析,是由于极间的微小粒子具有很大的表面自由能,在电场的作用下,这些微小的胶体粒子很容易向工具电极

图、表二 煤油中的添加剂对工具电极损耗的影响



添 加 剂 (克/公升煤油)	工具电极损耗率 (克/分)			普通煤油
	添加TJ1	添加TJ2	添加HJ	
1	0.008	0.0067	0.0067	0.010
2	0.005	0.0067	0.0067	
2.5	0.003	0.0100	0.0000	
3	0.003	0.0167	0.0000	
3.5	0.000	0.0000	0.0067	
4	0.005	-0.0033	0.0033	
4.5	0.010	0.0067	0.0133	
5	0.005	0.0033	0.0000	
5.5	0.002	0.0000	0.0067	
6	0.007	0.0100	0.0100	

泳动并被物理或化学吸附在工具电极表面上，形成牢固的保护膜。

通过化学分析和光谱分析的方法得知，工具电极的保护膜主要是添加剂粉末、铁、碳等的化合物，这种多元的复合系统交错在一起，形成的保护膜，厚度虽然只有几个微米左右，对工具电极来说却是一层很好的隔热层，隔热层的熔点能够承受3000°C以上的高温，这对降低工具电极的损耗是极为有利的。

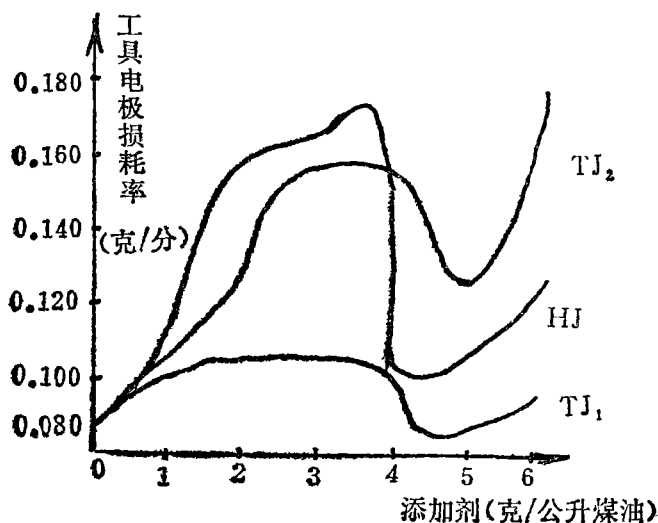
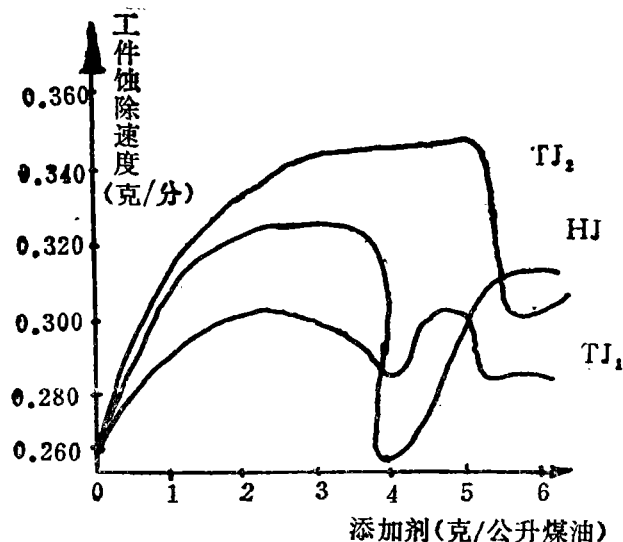
当然,工具电极保护膜的形成除与极间添加剂成份有关外,还与极间温度有关,一般在煤油中加工钢材时,当工具电极表面温度在 600°C 以下,主要是分子之间互相作用为基础的物理吸附,此是一种松弛的吸附;当工具电极表面温度在 600°C 以上又不超过电极材料的熔点时,主要是以化学键为联系的更加牢固的化学吸附。

以上实验得出,为了有效地降低工具电极的损耗,在煤油中添加剂所占的比例,以每公升煤油中添加 $2.5\sim 5.5$ 克为最好,因为过量的添加剂不但引起加工的不稳定,微粒在工具电极表面的无序碰撞也就无法形成稳定的保护膜,所以反而会增加工具电极的损耗。

三、实验应注意的问题

1、注意加工极性

图、表三 煤油加添加剂正极性加工情况



添加剂 克/公升煤油)	工件蚀除速度 (克/分)				工具电极损耗率 (克/分)			
	添加TJ1	添加TJ2	添加HJ	普通煤油	添加TJ1	添加TJ2	添加HJ	普通煤油
1	0.290	0.353	0.278	0.260	0.097	0.102	0.098	0.083
2	0.302	0.338	0.322		0.100	0.123	0.158	
2.5	0.315	0.345	0.338		0.107	0.155	0.162	
3	0.340	0.307	0.277		0.110	0.100	0.162	
3.5	0.328	0.360	0.277		0.130	0.148	0.173	
4	0.283	0.345	0.313		0.120	0.148	0.100	
4.5	0.305	0.343	0.262		0.085	0.138	0.12	
5	0.315	0.350	0.298		0.080	0.123	0.127	
5.5	0.288	0.302	0.367		0.092	0.147	0.113	
6	0.282	0.328	0.317		0.097	0.177	0.133	

实验证明,使用添加剂时,不论加工脉冲是宽还是窄,均应选择负极性加工(工件接负极),如果使用正极性加工,不但工件蚀除速度没有多大提高,而且会增加工具电极的损耗。图三、表三是实验条件均与图表一相同,只是将负极性改为正极性的工件蚀除速度及工具电极损耗的实验结果。

从上结果看出,使用TJ1、JT2添加剂及HJ活化剂与普通煤油比较,不但工件的蚀除速度没有多大提高,而且工具电极的损耗还分别增加了近57%、113%及108%,这样大的工具电极损耗生产中是不允许使用的。

造成这一现象的原因是因为在煤油中进行放电加工时,由于热解作用会产生大量氢气。根据佛隆哨(ϕ PYMKUH)理论,这一热解作用,会促使极间碳粒及添加剂微粒吸附氢的分子,并把氢分子“撕裂”成原子,即把氢分子吸附转变成氢原子吸附。而氢原子还可以进一步活化,特别是在极间添加了活化剂以后,氢原子的活化能力更甚,被碳及其它添加剂粉末原子夺取一个电子而变成带电的正离子,使碳及其它添加剂粒子带负电,这就是为什么放电加工时极间粒子向正极泳动的根本原因。这和以前一直认为的窄脉冲主要是电子对正极的轰击(电子易启动),所以工件应接正极;长脉冲主要是正离子对负极的轰击(正离子启动后动能大),所以工件应接负极的理论是相矛盾的。看来带负电的微粒向正极的泳动应是考虑的主要因素。

2、选择好电极材料

实验还证明,使用添加剂时应采用紫铜电极加工。如果使用石墨电极,实验结果如表四(采用TJ1添加剂、正极性加工、其余实验条件与图一、表一完全相同)。

从表四可以看出:工件的蚀除速度基本无提高,工件表面也极其粗糙,在 $R_{\text{a}}25$ 以上,而且随着TJ1的增加,不断产生连续的弧放电。因为石墨本身就容易产生微粒粉末再使用添

加剂,将会使极间微粒浓度剧增,引起微粒聚沉,加工无法进行。

表四 使用添加剂石墨电极加工情况

添 加 剂 (克/公升煤油)	工件蚀除速度 (克/分)		电极损耗率 (克/分)		表面粗糙 度R _a	备 注
	TJ1	普通煤油	TJ1	普通煤油		
1	0.857	0.837	0.028	0.028	25/ ▽	随着添加剂的增加,加工愈加不稳定,易弧放电,添加剂超过4克/公升煤油后无法加工。
2	0.803		0.017			
2.5	0.938		0.023			
3	0.558		0.030			
4	0.852		0.022			

本文中的实验丁阳喜、程林生、饶良虹等同志帮助做了大量工作,特此感谢!

参 考 文 献

- [1] [日] 井上洁著, 帅元伦、于学文译 《放电加工原理》 国防工业出版社1983
- [2] 浙江大学郑良桂编 《放电加工理论》 1987
- [3] 陈湛清编 《放电加工理论基础》 1982
- [4] 楚振斌编 《电火花加工原理》 第六、第七篇 1982