

石墨对聚四氟乙烯(PTFE)抗静电性能的影响

张永强¹,任新鑫¹,浦玉萍¹,肖汉成¹,吕广庶²

(1. 钢铁研究总院粉末冶金研究室,北京 100081; 2. 北京理工大学材料学院,北京 100081)

摘要:采用冷压成型、热压烧结工艺制备石墨改性聚四氟乙烯(PTFE)复合材料,利用 MS-T3000 摩擦磨损试验仪和 EST102A 振动电容式静电计检测摩擦过程中产生的静电电压,并研究了石墨粒径、添加量对 PTFE 复合材料抗静电性能的影响。试验结果表明,添加石墨可以改善 PTFE 复合材料的抗静电性能,且添加小粒径石墨(4 μm)的效果要明显优于添加大粒径石墨(30 μm)的效果,当石墨含量(4 μm)为 5%时,抗静电性能最优,摩擦过程的静电电压接近于 0 V。

关键词:聚四氟乙烯;抗静电;石墨

中图分类号: TB 332 **文献标志码:** A

The Influence of Graphite on the Antistatic Property of PTFE

ZHANG Yongqiang¹, REN Xinxin¹, PU Yuping¹, XIAO Hancheng¹, LV Guangshu²

(1. Powder Metallurgy Laboratory, China Iron & Steel Research Institute Group, Beijing 100081, China;

2. College of Material Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100081, China)

Abstract: In this paper, the graphite modified PTFE was prepared by cold press molding and hot press sintering. The electrostatic voltage generated during the friction process was tested using MS-T3000 friction and wear tester and EST102A vibrating capacitance electrometer. And then the effect of different size and dosage of graphite on the antistatic property of the PTFE was discussed. The results show that the antistatic property of the PTFE could be improved by adding graphite. And the PTFE composite material which add the small particle size of the graphite (4 μm) has better antistatic property than the material which add large particle size of graphite(30 μm). In conclusion, when the content of graphite (4 μm) is 5%, the PTFE composite material has the best antistatic property, and the electrostatic voltage generated during the friction process is close to 0V.

Key words: PTFE, Antistatic, Graphite

聚四氟乙烯 PTFE (Polytetrafluoroethylene) 是氟塑料的一种。其中 F-C 键具有很高的键能,属稳定的化学键,因此具有很高的耐腐蚀和耐热性能。

同时 PTFE 是一种表面自由能很低的非极性聚合物,具有较低的动摩擦因数和静摩擦因数,是一种良好的对磨部件^[1]。但由于 PTFE 的分子结构和其

000 001 1015 000 000 018 8 7050 0 008 000 020 140 100 012
0. 1080 2 0 2 5~3. 1

000 001 1015 000 000 018 3 7050 0 009 000 020 140 100 012
0. 1080 2 0 3 6~4. 3

3.2 加工效果

经三坐标测量仪检测,该零件加工的孔径误差在 0.003~0.006 mm 之间,两孔之间相互角度位置误差在 35"左右,直线度在 0.008 mm 左右,平行度在 0.015 mm 以内,表面粗糙度值达到 Ra 0.4 μm,完全满足了图样的技术指标要求。

4 结语

实践表明,在传统加工方法难以完成的特殊通孔的加工中,慢走丝线切割具有很大的优势。用慢走丝线切割加工高精度小直径深孔,通过对走丝系统和电极丝张力的调整,并减少装夹次数,能有效保证零件加工的形状位置精度;确定合适的走丝速度

等切削工艺参数,并采取多次切削,能较大幅度地提高零件加工的尺寸精度和表面光洁度,且加工变形小。慢走丝线切割的方法弥补了普通加工方法的不足,为解决高精度小直径深孔的加工难题提供了一种新的思路,在精密仪器强调小型化、高精度要求的今天,慢走丝线切割在各种特殊孔系的加工中将发挥更大的作用。

参考文献

- [1] 盛晓敏,邓朝晖.先进制造技术[M].北京:机械工业出版社,2000.
[2] 周旭光.特种加工技术[M].西安:西安电子科技大学出版社,2004.

作者简介:胡玲(1976-),女,工程师,主要从事机械产品加工工艺研究。

收稿日期:2009年7月5日

责任编辑 吕德龙

优异的电绝缘性能,使其在摩擦过程中极易产生并积累大量的静电荷,造成吸尘、电击,甚至产生火花后导致爆炸等恶性事故^[2]。

目前最行之有效的方法是使用抗静电剂以降低材料的表面电阻^[3]。因此,选择添加抗静电剂对PTFE进行改性,从而达到降低PTFE复合材料在摩擦过程中产生并积累的静电荷。抗静电剂的作用机理主要有2种^[4]:一是在材料表面形成导电层,从而降低其表面电阻率,使已经产生的静电荷迅速泄漏;二是赋予材料表面一定的润滑性,减小摩擦因数,从而抑制或减少静电荷的产生。前人主要研究抗静电剂对纤维和高分子聚合物抗静电性能的影响,如梁琦^[5]等研究了石墨对聚乙烯抗静电性能的影响,但抗静电剂对PTFE抗静电性能的影响尚无人研究,本文研究了石墨对PTFE抗静电性能的作用。

1 试验部分

1.1 原料和仪器

聚四氟乙烯:浙江巨圣氟化学有限公司;石墨:上海胶体化工厂。

摩擦磨损试验机:MS-T3000摩擦磨损试验机(中国科学院兰州化学物理研究所);静电检测仪:EST102A 振动电容式静电计(北京劳动保护科学研究所研制)。

1.2 试样的制备

添加了不同粒径和不同添加量石墨的PTFE粉体经过机械共混后,按照文献[6]优化的工艺,依次经过冷压成型、热压烧结等工艺制备出PTFE抗静电复合材料。

表1 不同粒径和不同添加量石墨改性的PTFE

编号	石墨	
	含量(%)	粒径/ μm
1	1	30
2	3	4
3	4	30
4	5	4
5	7	30
6	10	30

1.3 试样的检测

将压制成型后的试样裁成50 mm×50 mm正方形样件,裁好的样件依次经过100目、800目、1200目砂纸打磨;超声波环境下丙酮溶液清洗。处理好后的样件置于MS-T3000摩擦磨损试验机平台上进行摩擦试验,试验过程中利用EST102A 振动电容式静电计同步检测摩擦过程中试样对磨点处的静电电压。

2 试验结果分析

2.1 纯PTFE的摩擦静电学特征

没有添加任何添加剂的纯PTFE粉末经过冷压成型、热压烧结的工艺制备出的PTFE块状材料,通过摩擦磨损试验仪和静电计检测所得数据如表2所示。

表2 纯PTFE块状材料的摩擦学及静电学特征

平均摩擦因数	最大摩擦因数	平均静电电压/V	最大静电电压/V
0.214	0.244	1 092.431	1 369.963

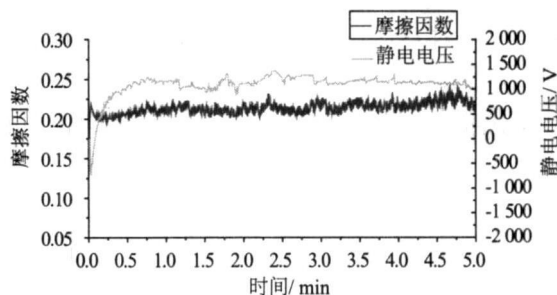


图1 纯PTFE块状材料的摩擦学及静电学特征

由表2、图1可以看出,纯PTFE块状材料在摩擦过程中产生并积累了大量的静电荷,检测出的最高静电电压高达1 369.963 V,过高的静电电压在某些特定环境下不可避免的会引起事故,因此,对PTFE的抗静电改性显得尤为重要。

2.2 添加石墨对PTFE摩擦静电学特征的影响

在石墨的晶体结构中,层内具有共价键—金属键,而层间为分子键,石墨的这种结构决定了其具有金属光泽,良好的导电性和导热性等性能。石墨晶体属六方晶系,常呈层状、鳞片状或粉末状,是常用的导电填料。与炭黑相比,具有易加工、污染小、制品摩擦损耗少等优点,因而在抗静电、导电领域具有重要的应用价值。

2.2.1 不同含量石墨(30 μm)对PTFE复合材料抗静电性能影响

石墨粒径为30 μm ,添加量分别为1%、4%、7%、10%的PTFE复合材料通过摩擦磨损试验仪和静电计检测所得数据如表3所示。

表3 添加不同含量粒径为30 μm 石墨对PTFE复合材料抗静电性能影响

	石墨含量(%)				
	0	1	4	7	10
平均静电电压/V	1 092.43	594.71	499.22	505.69	526.72
最大静电电压/V	1 369.96	857.14	681.32	732.11	723.32

由表3、图2可以看出,粒径为30 μm 的石墨添加PTFE所制备的复合材料的抗静电性能有所改善。当石墨含量在4%以下时,随着石墨含量的增加,摩擦过程中静电计所检测到的静电电压呈显著

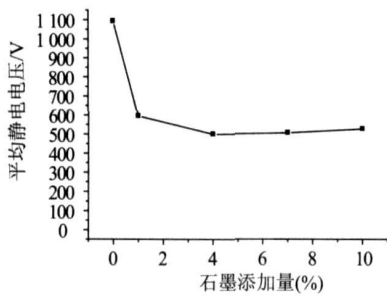


图2 添加不同含量粒径为 $30\mu\text{m}$ 石墨对 PTFE 复合材料抗静电性能影响

下降趋势,即摩擦过程中产生并积累的静电荷明显减少。当石墨含量大于 5%以后,静电电压的下降趋势减缓,接近平稳状态。

2.2.2 不同含量石墨($4\mu\text{m}$)对 PTFE 复合材料抗静电性能影响

为了验证石墨粒径对 PTFE 摩擦静电学特征的影响,试验选择粒径为 $4\mu\text{m}$ 的石墨与粒径为 $30\mu\text{m}$ 的石墨进行对比。石墨粒径为 $4\mu\text{m}$,添加量分别为 3%、5%的 PTFE 复合材料通过摩擦磨损试验仪和静电计检测所得数据如表 4 所示。

表 4 添加不同含量粒径为 $4\mu\text{m}$ 石墨对 PTFE 复合材料抗静电性能影响

	石墨含量(%)		
	0	3	5
平均静电电压/V	1 092 43	415 10	24 68
最大静电电压/V	1 369 96	679 37	46 40

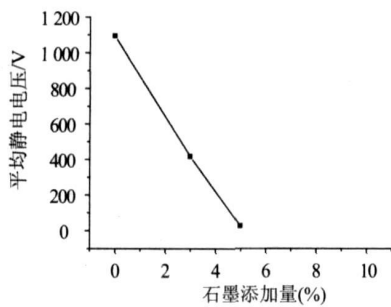


图3 添加不同含量粒径为 $4\mu\text{m}$ 石墨对 PTFE 复合材料抗静电性能影响

由表 4、图 3 可以看出,添加粒径为 $4\mu\text{m}$ 石墨所制备的 PTFE 复合材料的抗静电性能明显改善,效果优于添加粒径为 $30\mu\text{m}$ 石墨所制备的 PTFE 复合材料。并且与添加大粒径石墨有所不同,添加小粒径石墨时,PTFE 复合材料抗静电性能随着石墨含量的增加明显增强,当石墨含量达到 5%时,摩擦过程中所检测到的最大静电电压仅为 46 40 V,平均静电电压接近于 0 V。

石墨能够明显改善 PTFE 复合材料的抗静电性能以及粒径小的石墨能够更好地改善 PTFE 复合材料的抗静电性能的原因如下。

1) 石墨本身是良好的导体,添加石墨可以降低材料的体积电阻率和表面电阻率,有利于静电荷泄漏,同时石墨具有吸湿性,可以在材料表面形成水膜,也有利于静电迅速泄露出去。

2) 石墨是层状结构材料,能够降低材料的摩擦因数,从而减少摩擦过程中产生的静电荷。

3) 由于粒径小的石墨具有较高的比表面积,因此当粒径小的石墨分散在基体中时,不同石墨颗粒之间相互接触的几率增大,比大粒径石墨更容易形成一个导电网络;且表面分布的细小颗粒的石墨更加容易吸附空气中的水分,更有利于静电的泄漏。

3 结语

1) 石墨的添加可以改善 PTFE 的抗静电性能,降低摩擦过程中产生并积累的静电荷。

2) 粒径小的石墨($4\mu\text{m}$)颗粒对 PTFE 复合材料的抗静电性能的改善要明显优于粒径大的石墨($30\mu\text{m}$)。

3) 添加石墨粒径为 $4\mu\text{m}$,质量分数为 5%所制备的 PTFE 复合材料具有较优的抗静电性能,摩擦过程中平均静电电压接近于 0 V。

参考文献

[1] 化学工业出版社组织编写. 中国化工产品大全[M]. 第 3 版. 北京: 化学工业出版社, 2005.
 [2] 杜仕国. 抗静电剂的开发及其应用[J]. 化工新型材料, 1994, (7): 9-12.
 [3] 李燕云, 尹振晏, 朱严谨, 等. 抗静电剂综述[M]. 北京石油化工学院学报, 2003(1): 28.
 [4] Wang Guoquan, Zeng Peng. Electrical conductivity of polyvinylchloride plastisol—short carbon fiber composite[J]. Polymer Engineering and Science, 1997, 37(1): 96-100.
 [5] 梁琦, 贾润礼. 石墨和短纤维填充聚乙烯抗静电材料的研究[J]. 塑料, 2007(2): 23-25.
 [6] 浦玉萍, 吕广庶, 李晓军, 等. 添加剂对聚酰亚胺基复合材料微孔特性的影响[J]. 材料工程, 2003(6).

作者简介: 张永强(1985-), 男, 助理实验师, 主要从事聚四氟乙烯改性研究。

收稿日期: 2009 年 7 月 5 日

责任编辑 吕德龙

