

ABS/镀镍碳纤维复合材料电磁屏蔽特性研究

何 芳 万怡灶 黄 远 李 皓 王玉林

(天津大学复合材料研究所,天津 300072)

摘要 采用热压工艺制备了镀镍碳纤维(CF)增强(丙烯腈/丁二烯/苯乙烯)共聚物(ABS)复合材料,研究了CF长度及含量对其电磁屏蔽特性的影响。结果表明,制得的镀镍CF镀层均匀、连续,且沿CF径向分布有大量沟槽;CF长度以2~4 mm为宜,随着CF含量的增加,复合材料的电磁屏蔽效能提高,当CF质量分数为20%时,ABS/镀镍CF复合材料在0.03~1.2 GHz频率范围内的电磁屏蔽效能均在83 dB以上。

关键词 镀镍碳纤维 ABS 复合材料 电磁屏蔽

随着现代电子工业的高速发展,各种军用、商用和家用电子产品的数量急剧增加,而电子线路和元件的微型化、集成化、轻量化和数字化,均导致了日常使用的电子产品易受外界电磁波干扰而出现误动、图像障碍及声音障碍等,同时这些电子产品本身也向外发射电磁波,从而造成电磁波公害。为了防止这种危害,人们多采用电磁屏蔽材料作防护。由于电磁屏蔽材料在社会生活、经济建设和国防建设中发挥着越来越重要的作用,因此电磁屏蔽材料的研发也愈发成为人们关注的重要课题^[1-2]。

与其它纤维相比,碳纤维(CF)强度大、模量高、密度小,和碳素材料一样具有很好的耐高温、耐腐蚀性,同时具有极好的热、电传导性,阻燃性能良好,热膨胀系数极低,并且还有低辐射线吸收性、非磁性和不磁化、极好的振动阻尼性、抗蠕变和抗疲劳性能及生物相容性^[3]。同时由CF制备的电磁屏蔽复合材料由于成型加工和屏蔽一次性完成,力学性能好,便于大批量生产,因此它是电磁屏蔽材料的一个重要发展方向。

一般认为,复合材料的屏蔽效能小于30 dB为差;30~60 dB为中等,可用于一般工业或商业用电子设备;60~90 dB为良好,可用于航空航天及军用仪器设备;90 dB以上为优,用于要求苛刻的高精度、高敏感度产品^[4]。但是目前电磁屏蔽效能较高的CF屏蔽复合材料主要依赖进口,且价格昂贵,很难满足电子产品低成本的要求。而国内类似材料的电磁屏蔽效能一般在50~60 dB以下,难以应用于电磁屏蔽要求较高的场合,因此迫切需要开发出工艺简单、价格适中、电磁屏蔽效能可调的CF复合材料。为此,笔者分别采用单螺杆挤出和溶液混料两种工艺制备了(丙烯腈/丁二烯/苯乙烯)共聚物(ABS)/镀镍CF复合材料,并将复合材料热压成

型,探讨了制备工艺、CF长度及含量对复合材料电磁屏蔽效能的影响。

1 实验部分

1.1 主要原材料

高强型聚丙烯腈(PAN)基CF:拉伸强度2 800 MPa,弯曲弹性模量200 GPa,密度1.75 g/cm³,直径6~8 μm,吉林碳素厂;

硫酸镍、氯化钠、硼酸、无水硫酸钠、硫酸镁:均为分析纯,天津化学试剂四公司;

ABS:秦皇岛天人科技发展有限公司。

1.2 设备仪器

环境扫描电子显微镜(SEM):XL30型,荷兰Philips公司;

光学显微镜:BX51M型,日本Olympus公司;

远场屏蔽效能测试装置:DN1015型,东南大学电磁兼容教研室。

1.3 试样制备

(1) CF电镀工艺

先将CF用丙酮溶剂浸泡24 h以上,以除去表面的环氧涂层;随后在450℃烘箱中空气氧化处理1 h,以使CF表面粗糙。将硫酸镍、氯化钠、硼酸、无水硫酸钠、硫酸镁等化学试剂按照一定比例配制电镀溶液,在20~40℃下对CF进行电镀,时间控制在30 min左右。将电镀好的镀镍CF用大量清水反复冲洗,干燥,备用。

(2) 复合材料试样制备

分别采用单螺杆挤出和溶液混料两种工艺制备ABS/镀镍CF复合材料。单螺杆挤出法是将ABS粒料从主料口加入,镀镍CF从侧加料口加入,挤出温度210~230℃,然后将挤出的原料热压成型。溶

液混料法是利用热塑性树脂粉碎机将 ABS 粒料粉碎, 并采用 250 μm (60 目) 筛过筛。将镀镍 CF 分别截成 2 ~4 mm 或 4 ~6 mm 的小段。选用合适粘度及沸点的有机溶剂作为分散剂, 将镀镍 CF、ABS 粉料和分散剂混合并充分搅拌, 随后抽滤、干燥, 最后在 230℃ 热压成型。本研究中笔者配制的分散剂粘度可调, 可满足不同镀层厚度的镀镍 CF 的均匀分散要求, 且可重复使用。最后将两种热压成型的复合材料截成标准试样。

1.4 性能测试

采用 SEM 对 CF 电镀前后的形貌进行观察; 采用光学显微镜对试样内部微观结构进行观察;

参照 GB/T 6113 - 1995, 采用同轴法对复合材料电磁屏蔽效能进行测定。

2 结果与讨论

2.1 电镀前后 CF 的形貌对比

图 1 为电镀前后 CF 的 SEM 照片。由图 1b 可以看出, 电镀后 CF 表面的镍镀层均匀、连续, 同时镀镍 CF 表面沿着径向分布有许多凹槽, 这有利于提高 CF 与 ABS 之间的界面结合。



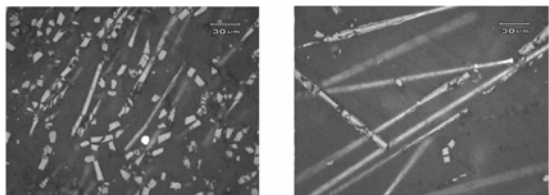
(a) (b)

a—电镀前; b—电镀后

图 1 电镀前后 CF 的 SEM 照片

2.2 制备工艺对复合材料电磁屏蔽效能的影响

单螺杆挤出法是制备导电电磁填料型复合材料常用的一种工艺^[5], 但是在原料挤出的过程中填料所承受的剪切力较大, 容易造成纤维的断裂。故本研究还采用溶液混料法制备 ABS/镀镍 CF 复合材料, 并将两种工艺获得的复合材料进行对比。图 2 为两种工艺获得的复合材料的内部微观结构照片。



(a) (b)

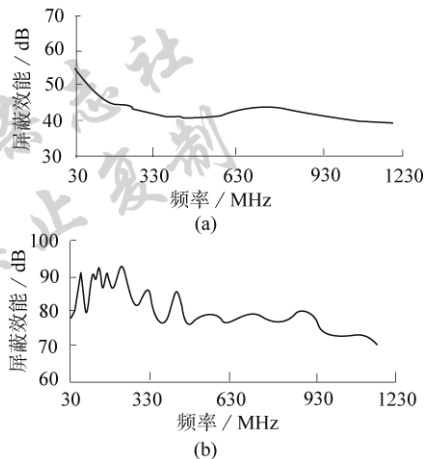
a—单螺杆挤出法; b—溶液混料法

图 2 两种工艺制得的复合材料的光学显微镜照片

由图 2 可以看出, 单螺杆挤出工艺制备的复合材料内部 CF 分散均匀, 但是大部分 CF 在单螺杆剪

切力的作用下发生断裂, 因而 CF 非常碎小, 难以形成有效的搭接; 而由溶液混料法制备的复合材料内部 CF 长度为 2 ~4 mm, 纤维相对完整, 同时 CF 之间形成了有效的搭接, 这不但有利于保证复合材料的力学性能, 同时更有利于形成导电网络。

图 3 为两种工艺制备的复合材料 (CF 质量分数均为 15%) 的电磁屏蔽效能曲线。由图 3 可以看出, 在 0.03 ~1.2 GHz 频率范围内, 单螺杆挤出工艺制备的复合材料电磁屏蔽效能较低, 为 40 ~55 dB; 而溶液混料法制备的复合材料的电磁屏蔽效能较高, 均在 70 dB 以上。由此可知, 溶液混料法更有利于减少材料制备过程中对 CF 的损伤, 从而获得电磁屏蔽效能较高的复合材料。



a—单螺杆挤出法; b—溶液混料法

图 3 两种工艺制得复合材料的电磁屏蔽效能

2.3 CF 长度对复合材料电磁屏蔽效能的影响

纤维长度对复合材料的电磁屏蔽效能有显著影响。解娜等^[5]发现, 复合材料的电磁屏蔽效能与纤维长径比成正比。根据 Schelkunoff 电磁屏蔽理论^[6], 材料的屏蔽效能 SE 是吸收损耗值 A、反射损耗值 R 和内部反射损耗值 B 三者之和。当 A 大于 10 dB 时, B 可以忽略, 则屏蔽效能是 A 和 R 之和, 即

$$SE = A + R \quad (1)$$

式中: $A = 1.31t(f \cdot \mu \cdot a_r)^{1/2}$, $R = 168 - 10 \lg(\mu \cdot f/a_r)$, t 为材料厚度; f 为入射电磁波频率; α 为相对电导率; μ 为相对磁导率。

因此, 当材料厚度 t 和入射电磁波频率 f 一定时, 材料的电磁屏蔽效能主要与其 a_r 和 μ 有关, 而 μ 与纤维长径比成正比^[7], 故纤维长度增加, 复合材料电磁屏蔽效能提高。而另一方面, 纤维长度过长, 在纤维与基体的混合过程中极易发生缠结, 导致纤

维在树脂基体中分散不均,最终影响复合材料的力学性能^[8],因此纤维长度应该适当。

笔者发现 CF 长度为 2 ~4 mm 时,其能在很短的时间内均匀分散;而当 CF 长度为 4 ~6 mm 时,其极易缠结、团聚,并形成结构密实、直径为 3 ~5 mm 的 CF 小球,最终严重影响复合材料的成型及其电磁屏蔽效能。即使延长搅拌时间和/或提高搅拌速率也不能使其再次打开,因此 CF 长度以 2 ~4 mm 为宜。

2.4 CF 含量对复合材料电磁屏蔽效能的影响

纤维用量不但影响复合材料的最终力学性能^[5],同时也影响复合材料的导电性能及电磁屏蔽效能。为降低复合材料的成本和密度,应在满足电磁屏蔽效能的条件下尽可能降低 CF 用量,因此,研究 CF 用量对复合材料电磁屏蔽效能及材料成本的影响具有重要意义。为此,制备了 CF 质量分数为 20% 的 ABS/镀镍 CF 复合材料(CF 长度为 2 ~4 mm),并测定了其在 0.03 ~1.2 GHz 频率范围内的屏蔽效能,结果如图 4 所示。与 CF 质量分数为 15% 的复合材料(图 3b)相比,CF 质量分数为 20% 的复合材料的屏蔽效能明显提高,在 0.03 ~1.2 GHz 频率范围内其最低屏蔽效能可在 83 dB 以上,这一数值接近国外同类产品^[9-10],明显高于国内同类产品。这是由于随 CF 含量的增加,相互搭接的 CF 数量增加,因而复合材料的 α 提高,由 A 和 R 可知复合材料的电磁屏蔽效能提高。由此可见,可通过调节纤维含量来获得不同电磁屏蔽效能的复合材料,以满足不同应用场合的需要。

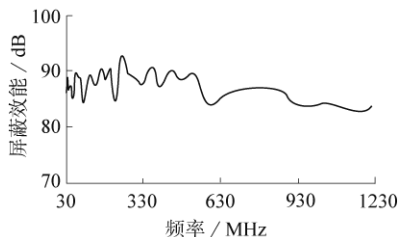


图4 ABS/镀镍 CF 复合材料的电磁屏蔽效能

2.5 复合材料的应用

电子设备的机箱除了要具有机械保护作用外,还要有重要的屏蔽电磁干扰的功能。机箱的电磁屏蔽是解决电子设备电磁兼容问题的重要手段之一,而大部分电磁兼容问题都可以通过电磁屏蔽来解决。机箱的屏蔽设计往往需要考虑材料选取和结构设计两方面。从结构设计角度来说,电磁屏蔽的关键点有两个,一是保证屏蔽体的导电连续性,即整个

屏蔽体必须是一个完整的、连续的导体,另一点是不能有穿过机箱的导体^[11]。对于一个实际的机箱,这两点实现起来都非常困难。因此,为了提高机箱的电磁屏蔽效能,在保证结构设计优化的前提下,机箱应该尽量选择电磁屏蔽效能高的材料制成。

目前大多数电子设备机箱均采用金属板材加工组合而成,因此设备质量大,同时接缝处难免存在缝隙,极易造成电磁能量的泄露,降低机壳和箱体的屏蔽效能。而笔者制备的 ABS/镀镍 CF 复合材料的屏蔽效能均在 60 dB 以上,密度低,可任意塑形,并一次成型,因而可极大降低由于接缝造成的电磁能量的泄露,同时该材料还具有良好的综合力学性能,在结构设计合理的前提下,足以同时起到机械保护的作用。

3 结论

(1) 制得的镀镍 CF 镀层连续均匀,且沿纤维径向分布有许多凹槽。

(2) 与单螺杆挤出法相比,溶液混料法更易获得屏蔽性能良好的复合材料。

(3) CF 长度在 2 ~4 mm 时易在 ABS 中分散,同时对应的复合材料电磁屏蔽效能较好。

(4) CF 长度为 2 ~4 mm 时,随镀镍 CF 含量增加,复合材料在 0.03 ~1.2 GHz 频率范围内的电磁屏蔽效能提高;CF 质量分数为 20% 时复合材料的电磁屏蔽效能均在 83 dB 以上。

参考文献

- [1] 管登高,黄婉霞,蒋渝,等.镍基电磁波屏蔽复合涂料制备及在 EMC 中的工程应用[J].电子元件与材料,2004,23(2):41-43.
- [2] 汝强,胡社军,胡显奇,等.电磁屏蔽理论及屏蔽材料的制备[J].包装工程,2004,25(5):21-23.
- [3] 靳武钢.碳纤维在电磁屏蔽材料中的应用[J].现代塑料加工应用,2004,16(1):24-27.
- [4] 赵灵智,胡社军,何琴玉,等.电磁屏蔽材料的屏蔽原理与研究现状[J].包装工程,2006,27(2):1-5.
- [5] 解娜,焦清介,臧充光,等.LDPE/不锈钢纤维电磁屏蔽材料的性能研究[J].塑料工业,2006,34(1):32-34.
- [6] 凯瑟.电磁兼容原理[M].肖华亭,许昌清,雷有华,等译.北京:电子工业出版社,1985.
- [7] 吴明忠,赵振声.长径比对多晶铁纤维吸收剂微波电磁参数的影响[J].磁性材料及器件,1997,28(4):22-25,57.
- [8] 康国政,高庆.纤维长径比对单向短纤维复合材料力学行为的影响[J].西南交通大学学报,2000,35(2):188-191.
- [9] Tzeng S S, Chang Fayen. EMI shielding effectiveness of metal-coated carbon fiber-reinforced ABS composites[J]. Materials Science and Engineering, 2001, A302:258-267.

[10] Luo Xiangcheng, Chung D D L. Electromagnetic interference shielding using continuous carbon-fiber carbon-matrix and polymer-matrix composites[J] . Composites, Part B, 1999, 30: 227 - 231.

[11] 周秀清, 刘兆黎. 电子设备机箱的电磁屏蔽设计探讨[J] . 石油仪器, 2006, 20(4) : 24 - 27.

STUDY ON ELECTROMAGNETIC SHIELDING PROPERTIES OF ABS/NICKEL-COATED CARBONFIBERS COMPOSITES

He Fang, Wan Yizao, Huang Yuan, Li Hao, Wang Yulin
(School of Materials Science and Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

ABSTRACT ABS composites filled with nickel-coated carbon fibers were prepared by heat compression molding method, and the effects of fiber length and content on their electromagnetic shielding properties were analyzed. The results showed that the nickel coating on carbon fibers was even and intact, and some grooves were observed on the coating in axis direction of fibers. The fiber length of 2 - 4 mm was appropriate from the point of view of preparation technique. The electromagnetic shielding properties of the ABS reinforced nickel-coated carbon fibers with the same fiber length were increased with fiber weight content increasing, and the electromagnetic shielding effectiveness of the composites with fiber weight content of 20% was even more than 83 dB.

KEYWORDS nickel-coated carbon fiber, ABS, composite, electromagnetic shielding

中国工程塑料工业协会加工应用专业委员会发展会员单位的通知

各有关单位:

中国工程塑料工业协会加工应用专业委员会隶属于中国工程塑料工业协会, 是一个跨地区、跨部门、跨行业、跨学科的, 本着自愿原则, 以工程塑料加工应用为纽带, 集工程塑料原料生产、加工、应用, 仪器设备及模具制造的企事业单位于一体的社团组织。其宗旨是贯彻为行业、为企业服务的原则, 产学研相结合, 通过经济技术研讨, 新产品开发、技术改造、难题招标等多种交流形式, 推动我国工程塑料行业的发展, 同时促进大专院校、科研院所与生产企业之间的相互了解和合作。本专委会愿意吸收更多的单位以及专家和企业家人会, 我们将以协会会刊《工程塑料应用》和“工程塑料网”为会员提供全方位的服务, 积极开展各种形式的交流活动。

一、本专委会会员权利和义务

1. 颁发会员单位不锈钢铭牌。2. 优先参加本专委会举办的各项活动, 参加研讨会的代表每人少交 200 元会务费。3. 可在《工程塑料应用》杂志“会员之窗”栏目刊登企业介绍, 占 1/2 版; 每年刊发供求信息二次, 占 1/4 版。4. 可在《工程塑料应用》杂志刊登 1/2 版黑白广告。5. 可在“工程塑料网”作首页文字链接 6 个月, 下载资料 1000 点, 下载网

络版期刊 12 期, 网上展厅展示 3 个月, 发布企业信息 50 条, 浏览信息不限制。并可在“供求栏目”发布信息, 在“人才招聘”栏目发布求职和招聘信息。6. 获赠《工程塑料应用》全年 12 期杂志。7. 获赠专委会论文集《2000 年~2007 年》光盘。8. 优先在本协会会刊《工程塑料应用》和《化学分析计量》杂志上发表论文。9. 优先取得本专委会提供的信息资料和咨询服务。10. 在技术合作、成果转让、人才培养等方面享受优先和优惠待遇。11. 会员应遵守本会章程, 执行本会决议, 完成本会委托的工作, 按期缴纳会费, 会费每年 2000 元。

二、入会手续

由单位提出书面申请, 填写中国工程塑料工业协会加工应用专业委员会会员单位登记表(见附表), 加盖单位公章后寄回或传真至专委会秘书处, 经专委会审批通过, 交纳会费, 即可成为会员单位。

专委会秘书处联系人: 李桂珍 张锐 孙安垣
通信地址: 山东省济南市 108 信箱 邮编: 250031
电话: 0531 - 85878057 85878278
传真: 0531 - 85947355 85878224
E-mail: epa@epa1973.com 网址: www.epa1973.com

中国工程塑料工业协会加工应用专业委员会会员单位登记表 编号:

单位名称				邮 编	
详细地址				传 真	
法人代表	电 话			手 机	
联系人	电 话			手 机	
网 址			E - mail		
入会时间	年 月 日				
单位简介	请另附纸填写, 可传真、可发电子邮件。请注明业务范围、产品名称、产量、产值及利税情况等。				
会 费	贰仟元整(可通过邮局或银行办理汇款, 汇款时请注明会费)				
汇 款	邮局汇款: 收款单位: 山东省济南市 108 信箱杂志社 邮编: 250031 银行汇款: 户 名: 中国兵器工业集团第五三研究所 开户银行: 济南市工商银行经十一路支行 帐号: 1602001229014425546				