

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2012.06.003

地雷壳体电磁屏蔽吸收材料应用研究^{*}

罗先南¹, 方向¹, 高振儒¹, 刘君¹, 方鲲²

(1. 中国人民解放军理工大学, 南京 210007; 2. 北京科学技术大学, 北京 100083)

摘要: 采用不锈钢纤维(SSF)填充丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料制备导电工程塑料,并测试材料的物理和电磁屏蔽吸收性能。结果表明,SSF质量分数为15%时,能较好地兼顾材料的物理性能与加工难度,且在强电磁源主要频段有20 dB以上的屏蔽效能。低频磁场屏蔽效能测试结果表明,材料对低频磁场影响甚微,不影响地雷磁引信正常工作。该材料有助于提高磁引信地雷在高功率电磁环境下的生存能力。

关键词: 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料; 不锈钢纤维; 吸波材料; 屏蔽效能; 高功率电磁环境; 地雷壳体; 电磁屏蔽

中图分类号: TB34

文献标识码: A

文章编号: 1001-3539(2012)06-0014-03

Study on Electromagnetic Shielding and Absorptive Materials Used for Landmine Shell

Luo Xiannan¹, Fang Xiang¹, Gao Zhenru¹, Liu Jun¹, Fang Kun²

(1. PLA University of Science and Technology, Nanjing 210007, China; 2. Beijing University of Science and Technology, Beijing 100083, China)

Abstract: A new kinds of conductive engineering material was prepared, by using stainless steel fibers (SSF) to fill acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer, and physical properties and electromagnetic shielding and absorptive capabilities of the new materials were tested. The results showed that when the mass fraction of SSF was 15%, the new material was better balanced between the physical properties and the difficulty of processing. The electromagnetic shielding effect was more than 20 dB in main frequency band of high power microwave sources. The test of shielding effect in low frequency magnetic field showed that the new material had few influence on low frequency magnetic field and magnetic fuze of landmine could normally work. The new material could promote the viability of landmine with magnetic fuze in high power electromagnetic environment.

Keywords: acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer; stainless steel fiber; microwave absorptive material; shielding effect; high power electromagnetic environment; landmine shell; electromagnetic shielding

现代战场电磁环境复杂,在自然电磁源如雷电、静电之外,电磁脉冲武器、高功率微波源、超宽带电磁辐射等构成对武器装备的强电磁环境^[1]。强电磁环境下的辐射干扰和电磁损伤,严重地影响了磁引信地雷的战场生存能力。为提高磁引信地雷的电磁防护能力,研究利用电磁屏蔽吸收材料制备新型壳体,从而提高其战场生存能力和障碍效果。

1 地雷壳体电磁屏蔽吸收性能的实现

1.1 实现方法

电磁屏蔽一般是指对10 kHz以上交变电磁场的屏蔽。电磁屏蔽机理的传输线理论是:当辐射场通过屏蔽层时,在外表面部分反射,剩余部分透入传输。透射电磁波在传输过程中受到屏蔽层的吸收衰减,并在屏蔽层的两个界面之间多次反射和透射^[2]。电磁屏蔽性能实现的理想方式是同时具有良好的导

电性与导磁性。低频电磁波比高频电磁波具有更高的磁场分量,因此对于较低频率,主要考虑材料的磁导率和磁饱和度。而对于30 MHz以上频率,则通常主要考虑材料的复介电常数和电导率。

电磁吸收性能实现需符合两个主要要求^[3]: (1)入射电磁波最大限度地进入材料内部,而不是在其表面被反射,材料的表面阻抗接近自由空间波阻抗;(2)进入材料内部的电磁波迅速被吸收衰减,材料具有较大的衰减系数。材料复介电常数(ϵ_r)、复磁导率(μ_r)、介电损耗正切($\tan\delta_e$)、磁损耗正切($\tan\delta_m$)和体积电阻率(ρ)是影响材料电磁屏蔽吸

^{*} 军队预研项目(ZLY2008207)

联系人: 罗先南,博士研究生,主要研究武器系统的电磁环境效应

收稿日期: 2012-03-13

收性能的主要参数。通过调整和优化材料的电磁参数,实现材料表面的阻抗匹配与材料内部对入射电磁波的衰减吸收^[4]。

1.2 不锈钢纤维填充导电工程塑料

以地雷壳体为应用目标,可知制备新型材料应符合以下基本条件:(1)密度、厚度在地雷整体设计的可承受范围内,物理强度达到相应参数指标;(2)不影响磁引信正常工作,即对低频磁场的透入影响弱小;(3)对强电磁源的主要能量频率段的透射衰减率至少应在 20 dB 以上,屏蔽效果过小则实际应用价值不大;(4)性价比合理。

基于以上考虑,采用不锈钢纤维(SSF)填充丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)制备新型壳体材料。

SSF 具有优良的导电性能和加工性能^[5],尤其是在高温加工过程中不易产生表面氧化,无需进行繁杂的去氧化层和实施表面防护处理;SSF 的直径一般为 6~11 μm ,其质量分数为 7%~12%时就可以组成三维导电网络结构,电磁波衰减吸收能力强,二次辐射小;其所需填充量少,对 ABS 的物理、力学性能影响较小,对聚合物的外观颜色、力学性能、加工性能等的影响也小。

2 实验内容

2.1 主要原材料

SSF:316L 型,直径 10~13 μm ,湖南惠同新材料有限公司;

ABS:CB1230(耐热级),上海普利特复合材料有限公司;

乙烯-丙烯酸酯共聚物:美国杜邦公司;

十溴联苯醚、三氧化二锑:美国大湖公司;

硅烷偶联剂(KH-560、KH-570):市售。

2.2 设备

单螺杆挤出机:SJ-30 型,南京杰恩特机电设备有限公司;

切料机:南京杰恩特机电设备有限公司;

注塑机:HTB110X/1 型,宁波海天塑料机械有限公司;

三分磁强计:DCH-1 型,上海船舶设备研究所。

2.3 试样制备

在单螺杆挤出机上自制改装,增加特殊设计的 V 型浇道口模,调节牵引速率和控制掺杂物添加量,加入 SSF 与 ABS 熔融共挤出造粒,用切料机切成 8~11 mm 长的粒料,最后用注塑机制成标准试样。

SSF、ABS 两者基体的表面性能存在较大差异,完全的分散均匀较难实现。因而改善 SSF 的表面性能并优化复合工艺是复合材料制备过程的技术难点。所用偶联剂的分子结构包括亲油性基团与亲水性基团,分别与 ABS 基体偶合及与 SSF 表面作用。经表面改性处理后,复合材料的电阻率显著下降,而强度性能与基体材料本身性能差别不大。

复合材料的物理力学性能如表 1 所示。SSF 质量分数为 15% 的复合材料的相对 ϵ_r 为 3.4~3.6,相对 μ_r 为 1, $\tan\delta_e$ 、 $\tan\delta_m$ 与 ABS 材料相近。实现复合材料电磁屏蔽吸收性能主要依靠降低体积电阻率和复合材料内形成微观导电回路的损耗吸收。SSF 分布越均匀,接触面积越大,搭接良好,则更容易形成良好的导电网络结构,获得更好的导电性能和屏蔽效能^[5-6]。

表 1 ABS/SSF 复合材料的物理性能

项 目	ABS	ABS/SSF 中 SSF 质量分数/%		
		10	15	25
密度/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	1.13	1.37	1.46	1.58
拉伸强度/MPa	53.0	87.2	88.4	90.3
弯曲强度/MPa	87.6	83.9	80.7	71.4
弯曲弹性模量/MPa	2250	2473	2570	3185
冲击强度/ $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$	59	47	43	35
热变形温度/ $^{\circ}\text{C}$	102	115	117	121
加工难度		易	中度	较难
体积电阻率/ $\Omega\cdot\text{cm}$	10^{12}	967.14	410.72	182.57

2.4 屏蔽效能测试

试样的尺寸为 300 mm×300 mm×3.5 mm,测试场地为焊接式钢板屏蔽室。按照 GB 12190-2006 测试,参照依据是美国军用标准 Mil-DTL-83528C。

在焊接式钢板屏蔽室上开尺寸为 600 mm×600 mm 的测试窗口,用尺寸为 720 mm×720 mm×2 mm 的完整钢板压接封堵测试窗口,压接重叠处加导电衬垫,测量窗口中心处的电磁场数值作为参考值 A。

在尺寸为 720 mm×720 mm×2 mm 的钢板中心加工尺寸为 275 mm×275 mm 的方孔,将此钢板采用与前述相同方法压接封堵测试窗口,测量窗口中心处的电磁场数值作为参考值 B。

最后将屏蔽材料压接在钢板的开方孔上,采用与前述相同方法压接封堵测试窗口,测量窗口中心处的电磁场数值,将此测量值 C 与参考值 B 比较可以得出地雷壳体屏蔽材料的屏蔽效能。

屏蔽效能计算方法为:

$$SE=10\lg(P_0/P_1) \quad (1)$$

式中: SE ——屏蔽效能, dB;

P_0 ——无屏蔽材料时接收功率;

P_1 ——有屏蔽材料时接收功率。

表2为复合材料的屏蔽效能测试值。

项 目	频率 / MHz					dB
	15	100	450	950	3000	
参考值 A	-65	-95	-47	-78	-65	
参考值 B	-23	-55	8	-9	-3	
参考值 C	-44	-93	-43	-65	-62	
屏蔽效能	21	38	51	56	59	

由表2可见,复合材料在主要频率均有20 dB以上的良好屏蔽效能,满足要求。

对复合材料进行低频磁信号影响试验目的在于确认复合材料不影响磁引信正常工作。在屏蔽室测试窗口中心外侧放置低频磁源,将复合材料试样压接封堵测试窗口,使用三分磁强计,探头置于屏蔽室内窗口中心处。经过调零补偿,消除地磁场对磁强计的干扰影响,测试复合材料对低频磁场的屏蔽效能,其结果如表3所示。

表3 复合材料的低频磁场屏蔽效能测试值

磁源与探头距离 / cm	频率 / Hz	未加材料场强 / μT	加材料场强 / μT	屏蔽效能 / dB
40	0~10	58.445	58.015	0.064
50	0~10	34.835	34.536	0.075
60	0~10	14.443	14.324	0.072

由表3可知,复合材料对低频磁信号影响甚微,符合不影响地雷磁引信正常工作的要求(一般坦克行进速度为6~60 km/h时,其激励磁场变化频率

在0.3~5 Hz之间,激励磁场强度峰值不超过50 μT)。

3 结论

(1) 选用SSF填充ABS制备新型电磁屏蔽吸收地雷壳体材料,当SSF的质量分数为10%~15%时,可较好地实现预设目标。质量分数小于10%时,屏蔽效能达不到要求;质量分数大于20%时复合材料很难加工,且物理性能下降明显。

(2) 选取质量分数为15%的SSF制备新型ABS复合材料,兼顾地雷壳体的物理性能要求,并显著提高壳体材料的电磁屏蔽效能,在强电磁源主要频段上具有大于20 dB的屏蔽效能。且复合材料不影响地雷磁引信正常工作,能有效提高磁引信地雷在复杂战场电磁环境下的生存能力。

参考文献

- [1] 周璧华,陈彬,高成. 现代战争面临的高功率电磁环境分析[J]. 微波学报,2002,18(1):88-92.
- [2] 刘顺华. 电磁波屏蔽及吸波材料[M]. 北京:化学工业出版社,2007:67-68.
- [3] 李睿,方向,刘君,等. 新型抗电磁干扰地雷壳体材料的设计[J]. 中国人民解放军理工大学学报(自然科学版),2006(12):584-588.
- [4] 杨士元. 电磁屏蔽理论与实践[M]. 北京:国防工业出版社,2006.
- [5] 潘成,方鲲,周至彪,等. 导电高分子电磁屏蔽材料研究进展[J]. 安全与电磁兼容,2004(3):1-4.
- [6] 谭松庭,章明秋,容敏智. 金属纤维/聚合物导电复合材料的性能研究[J]. 材料工程,1998(12):15-17.

进口标准再提高,国内塑料玩具出口严阵以待

继今年3月欧盟发布2012/7/EC玩具安全指令收紧镉限值含量之后,近日,美国也通过新版玩具安全标准,使得我国的塑料玩具出口面临着更加严峻的考验。

该项新标准将在今年6月12日起强制执行。新标准不仅在原有基础上增加了对基材的要求尤其是对塑胶、电子玩具出口提出了更高的要求,还将玩具表面涂层中铅、镉的限值分别降到了 90×10^{-6} 和 60×10^{-6} 。

对此,业内人士指出,由于我国塑料玩具产业主要依赖于出口,新标准的实施将对国内塑料玩具产业形成重大冲击。具体来说,新标准不仅提高了我国玩具出口的技术门槛,而且势必加大企业在原材料把关和产品检测等方面的成本。

我国塑料玩具产业已经做好了充足准备。事实上,一些塑料玩具企业已经通过技术升级使得产品符合新标准的要求。以我国最大的玩具出口基地广东为例,虽然国外玩具进口标准一再提高,但是其出口势头依旧保持良好。数据显示,去年广东玩具出口149.83亿美元,同比增长15.8%,占全国

玩具出口总金额的60.45%。今年第一季度出口金额更是同比增长18.79%,新标准的出台并未对其产生实质性的影响。

随着新标准的陆续出台和实施,我国塑料玩具产业也将遭遇更大的挑战。从另一角度看,新标准的出台也将促进我国塑料玩具产业转型升级和深层次发展。(工塑网)

嘉洛斯公司推出PET包装材料脱氧新技术

嘉洛斯公司近日在我国推出了高性能添加剂、液体着色剂等领域的三项创新技术和一站式解决方案。其中新一代HyGuard是嘉洛斯针对聚对苯二甲酸乙二酯(PET)包装材料开发的创新脱氧技术,延长了容器的保存期限,保存期还可进行调节,最长保存期限可达24个月以上,可为易氧化的食品和饮料提供安全可靠的PET包装。专家认为,该技术有助于容器轻量化及部分小量化。

HyGuard是唯一获得欧洲PET塑料瓶平台(EPBP)和美国塑料回收协会(APR)共同推荐的可回收PET塑料瓶脱氧技术。今年3月,欧洲食品安全局确认其为安全的食品包装脱氧技术。(中聚网)