

雷达波吸收性聚氨酯泡沫塑料的研究

宋宇华 于名讯 朱洪立 王 昶 丁文皓 陈开来

(中国兵器工业集团第五三研究所, 济南 250031)

摘要 通过对碳纤维、碳纤维/纤维Ⅰ和碳纤维/纤维Ⅱ分别填充的硬质聚氨酯泡沫塑料的吸波性能的研究,探讨了纤维类型、纤维含量、样品厚度的相关变化对塑料样板吸波性能的影响。结果表明,填充碳纤维的硬质聚氨酯泡沫塑料的吸波频带较窄;纤维Ⅰ和纤维Ⅱ分别与碳纤维混杂均可展宽频带;吸波性能随塑料样板厚度的增加而增强,随纤维Ⅱ含量的增加,吸收峰向低频移动,峰值增大。

关键词 聚氨酯 碳纤维 混杂 吸波性能

随着电子技术的迅速发展及精确制导武器的出现,现代战争的格局发生了重大变化,精确打击成了现代战场上火力较量的一种重要方式和手段,这就促使武器装备向隐身化方向发展。雷达是现代战争中应用于探测武器特别是飞行器的最可靠手段^[1],因此,研究雷达波隐身材料成了世界各国在现代战争中竞争的主要方面之一。

普通碳纤维具有高的电导率,是电磁波的强反射体,不具有吸波性能。但当碳纤维在复合材料中含量较小时,则具有较好的吸波性能,与传统的吸收剂如铁氧体、金属微粉等相比,它具有质轻的优点。但是,作为高性能的吸波材料,采用单一的吸收剂很难达到宽频高吸收效果。近年来对碳纤维主要是研究树脂基长碳纤维平行排布的吸波性能^[2],或将短碳纤维与粉料吸收剂相混杂填充树脂后的吸波性能^[3],对它与其它短纤维相混杂用作吸收剂的研究报道较少。聚氨酯泡沫塑料^[4]具有质量轻、稳定性好、耐化学腐蚀、生产工艺简单、可机械化生产等优点。因此笔者采用纤维Ⅰ、纤维Ⅱ分别与短切碳纤维相混杂填充硬质聚氨酯泡沫塑料,与单独填充碳纤维的硬质聚氨酯泡沫塑料相比较,研究两者之间的差异,探讨不同混杂纤维含量、不同样板厚度对雷达波吸收性硬质聚氨酯泡沫塑料性能的影响。

1 实验部分

1.1 主要原材料

硬质聚氨酯泡沫塑料组合料(A组分、B组分):

济南金方聚氨酯材料有限责任公司;

碳纤维:P2000,鞍山东亚碳纤维有限公司;

纤维Ⅰ、Ⅱ:自制。

1.2 仪器及设备

弓形反射率测试系统:RAM型,自制;

浮动式盖板模具:自制。

1.3 样板制备

在实验装置、工艺条件、组合料配比(1:1)等不变的情况下,制备三种填充纤维类型不同的雷达波吸收性硬质聚氨酯泡沫塑料:①填充碳纤维;②填充碳纤维/纤维Ⅰ;③填充碳纤维/纤维Ⅱ。

称量A组分置于容器中,按配比加入纤维,搅拌15 min,使纤维在A组分中均匀分散,然后称量B组分加入容器中,高速搅拌数秒钟,将混合料在发泡前注入模具中。混合料在模具中发泡成型,将其加压静置15 min,待凝固后脱模,熟化24 h后进行切割,制成18 cm×18 cm、不同厚度的样板。

1.4 性能测试

吸波性能参照GJB 2038-1994测试,试样为18 cm×18 cm的正方形样板,测试系统工作方式为扫频测量,测量范围为8~18 GHz,将制作的正方形样板平铺在良导体底板上进行测试。

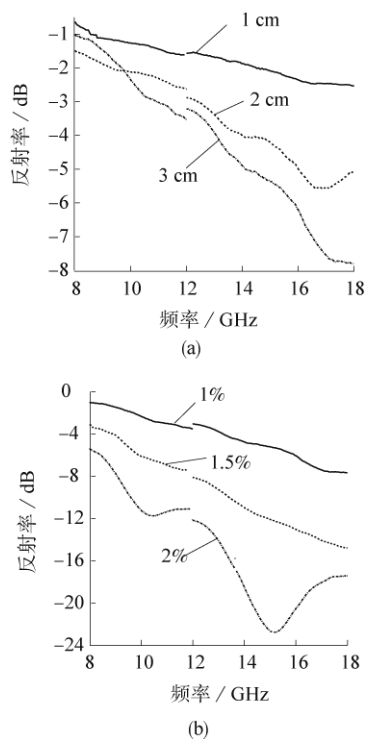
2 结果与讨论

2.1 填充碳纤维的聚氨酯的吸波性能

吸波样板中填充碳纤维,改变样板中碳纤维的含量和样板的厚度,其反射率与频率关系曲线如图1所示(分别测试8~12 GHz、12~18 GHz)。图1a为碳纤维质量分数为1%、不同厚度的吸波样板的反射率曲线,图1b为吸波样板厚度为3 cm、不同碳纤维含量的吸波样板的反射率曲线。

由图1可以看出,随着吸波样板的厚度增加,吸波性能增强;随吸波样板中碳纤维含量增加,吸波性能增强,在高频段,吸波性能增强的幅度较大;当吸波样板中碳纤维含量高于一定值时,出现吸收峰。

复合材料对电磁波的吸收主要由以下两部分组成:①吸收剂对入射电磁波的吸收损耗;②材料面层



a—碳纤维 1%, 样板厚度不同; b—碳纤维含量不同, 样板厚 3 cm

图 1 填充碳纤维的聚氨酯的反射率曲线

的入射波与底层的反射波之间的干涉作用所引起的损耗^[5]。

在硬质聚氨酯泡沫塑料中, 短切碳纤维长度较短, 在基体中随机分布, 在雷达波电场中不能形成连续的传导电流, 作为电偶极子(谐振子)在基体中运动。当电磁波入射到泡沫塑料中, 作为电偶极子的短切碳纤维与入射电磁波相互作用产生谐振电流, 在周围基体的作用下, 谐振电流被衰减, 从而雷达波能量被消耗转化为其它形式的能量, 主要为热能。随着泡沫塑料样板厚度的增加, 良导体底板对样板表面的入射波散射影响降低, 同时随着泡沫塑料样板中纤维吸收剂含量的提高, 更多地损耗入射雷达波, 表现为吸波性能的提高。

根据干涉作用产生的条件^[5], 样板厚度为传播波长的 1/4, 即:

$$d = \lambda/4 \quad (1)$$

式中: d ——复合材料样板的厚度;

λ ——在复合材料样板中传播的电磁波的波长。

传播波长 λ 为:

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{|\epsilon\mu|} \quad (2)$$

式中: λ_0 ——入射波的波长;

ϵ ——复合材料样板的介电常数;

μ ——复合材料样板的磁导率。

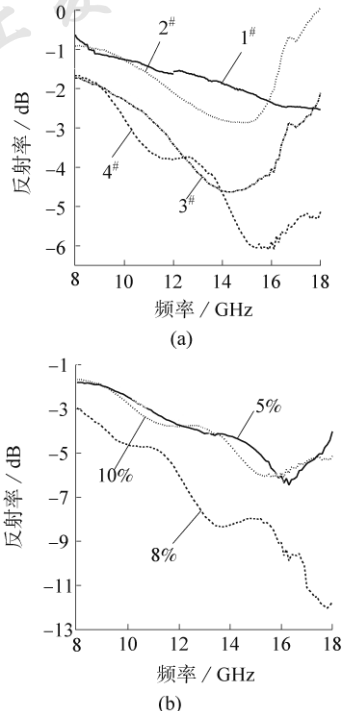
得到产生干涉作用对应的入射波的波长:

$$\lambda_0 = 4d \quad |\epsilon\mu| \quad (3)$$

在复合材料厚度一定的情况下, 碳纤维的含量增多, 泡沫塑料样板的介电常数 ϵ 增大^[3], 产生干涉作用对应的入射波的波长变长, 当碳纤维含量增加到一定量时, 在 8 ~ 18 GHz 内出现干涉峰。

2.2 填充碳纤维/纤维 I 混杂纤维的聚氨酯的吸波性能

吸波样板中填充碳纤维/纤维 I, 改变样板的厚度和纤维 I 的含量, 其反射率与频率关系曲线如图 2 所示。图 2a 中 1[#] 样板中碳纤维质量分数 1%、厚度 1 cm; 2[#]、3[#]、4[#] 样板中纤维含量相同(纤维 I 质量分数 10%、碳纤维质量分数 1%), 厚度依次为 1、2、3 cm; 图 2b 中各样板厚度相同, 碳纤维含量相同(1%), 纤维 I 质量分数分别为 5%、8%、10%。



a—相同纤维含量(1[#]除外), 不同厚度;

b—同一厚度, 不同纤维 I 含量

图 2 填充碳纤维/纤维 I 的聚氨酯的反射率曲线

由图 2a 可以看出, 在相同厚度(1[#]、2[#])的情况下, 与填充单种碳纤维的样板相比, 碳纤维/纤维 I 混杂纤维的泡沫塑料样板的吸波性能增强, 填充单种碳纤维的样板的反射率小于 -2 dB 的频宽约为 3.5 GHz, 填充混杂纤维的样板的反射率小于 -2 dB 的频宽约为 4.2 GHz, 吸收频带变宽; 在纤维含量相

同的情况下(2[#]、3[#]、4[#]),样板越厚,吸波性能越强。由图2b可以看出,在相同厚度的情况下,纤维Ⅰ的质量分数为8%时,样板的吸波性能相对较好。

碳纤维为导电纤维,它对某一频率电磁波的吸收性能较强,但吸收频带较窄。纤维Ⅰ具有较好的频率特性,电磁参数随着频率的增大而缓慢减小,因此将碳纤维/纤维Ⅰ混杂填充硬质聚氨酯泡沫塑料,既有利于展宽吸波频带,获得宽频的吸波材料,又能满足对特定频率波的吸收。

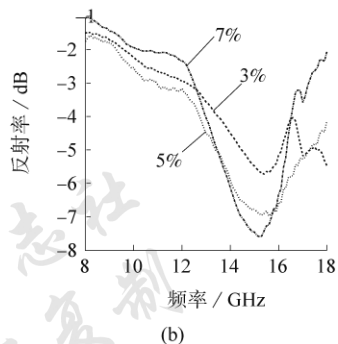
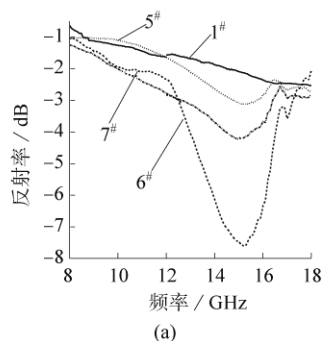
碳纤维/纤维Ⅰ混杂的吸波样板的吸波性能并非随着纤维Ⅰ含量的变化而单调递变,适当的纤维Ⅰ含量可获得较好的吸波性能。当纤维Ⅰ含量较少时,损耗较小,因而吸波性能较低;当纤维Ⅰ含量较高时,样板中纤维吸收剂的分布发生改变,纤维在基体中呈接触状态^[6],形成导电网络,从而影响了其电导率与磁导率,降低了样板对入射雷达波的损耗,使样板的吸波性能变差,因此,过高或过低的纤维含量都不利于获得具有较高吸波性能的吸波材料。

2.3 填充碳纤维/纤维Ⅱ混杂纤维的聚氨酯的吸波性能

吸波样板中填充碳纤维/纤维Ⅱ,改变样板的厚度和纤维Ⅱ的含量,其反射率与频率关系曲线如图3所示。图3a中1[#]样板中碳纤维质量分数为1%、厚度1cm,5[#]、6[#]、7[#]样板中纤维含量相同(纤维Ⅱ质量分数7%、碳纤维质量分数1%),厚度依次为1、2、3cm;图3b中各样板厚度相同,碳纤维含量相同(1%),纤维Ⅱ质量分数分别为3%、5%、7%。

由图3可以看出,与填充碳纤维的泡沫塑料相比,填充碳纤维/纤维Ⅱ的硬质聚氨酯泡沫塑料出现吸收峰,且随厚度增大,吸波性能增强,吸收峰向低频移动,样板的吸波性能增强;随泡沫塑料中纤维Ⅱ含量的增加,吸收峰向低频移动,峰值增大。

纤维Ⅱ为电磁双损耗介质,它与纤维Ⅰ的吸波机理相类似,混杂纤维填充的硬质聚氨酯泡沫塑料的吸波性能高于单种碳纤维填充的吸波性能,但相对而言,碳纤维/纤维Ⅱ增加的幅度较小。样板中纤维Ⅱ含量越高,吸波材料的介电常数、磁导率越大,根据干涉作用对应入射波波长 $\lambda_0 = 4d$ μm ,入射波波长越长,吸收峰越向低频移动。



a—相同纤维含量(1[#]除外),不同厚度;
b—同一厚度,不同纤维Ⅱ含量

图3 填充碳纤维/纤维Ⅱ的聚氨酯的反射率曲线

3 结论

(1) 碳纤维填充的硬质聚氨酯泡沫塑料具有较好的吸波性能,吸波性能随样板中纤维含量的增加、样板厚度的增大而增强,但吸波频带较窄。

(2) 相对填充碳纤维的聚氨酯泡沫塑料,填充纤维Ⅰ或纤维Ⅱ与碳纤维混杂的硬质聚氨酯泡沫塑料的吸波性能增强,吸波频带变宽。

(3) 碳纤维/纤维Ⅱ填充的硬质聚氨酯泡沫塑料样板的吸波性能随纤维Ⅱ含量的增加,吸收峰值增大,且吸收峰移向低频。

参考文献

- 胡传忻.隐身涂层技术.北京:化学工业出版社,2004.
- 曹婷.碳纤维(碳毡)/环氧复合吸波材料的制备及性能研究:[硕士学位论文].天津:天津大学,2002
- 邢丽英,刘俊能,任淑芳.短碳纤维电磁特性及其在吸波材料中的应用研究.材料工程,1998(1):19
- 李俊贤.塑料工业手册—聚氨酯.北京:化学工业出版社,1999.
- 许健翔,张巍.短切碳纤维填充的复合材料吸波性能研究.玻璃钢/复合材料,2002(4):16
- 李小莉.多晶碳纤维雷达吸波性能的研究:[硕士学位论文].山西:太原理工大学,2004

ABSTRACT By analysing the absorbing properties of polyurethane foam plastic filling with carbon fiber, carbon fiber/fiber I, carbon fiber/ fiber II, the influence of fiber type, content and screed thickness on absorbing property of the plastic sample plate were discussed. The results showed that the bandwidth of the reflectivity loss of polyurethane foam filling with carbon fiber was narrow, a far-rago of carbon fiber with fiber I or fiber II could widen the bandwidth. Absorbing properties enhanced with the increasing of the screed thickness, absorbing peak moved to low frequency, and the peak value increased along with the increasing of fiber II content.

KEYWORDS polyurethane, carbon fiber, farroge, absorbing property

废羽毛制生物降解塑料

美国家禽养殖业每年产出 91 ~136 万 t 的废羽毛,这种废羽毛不是将它研细作动物饲料,就是焚烧或掩埋掉。现在这种废料可以用美国能源部(DOE) 的 Ames 实验室研究人员开发的方法将其制造成生物降解塑料。由于该方法用的是废料,而且只要简单处理就能制成塑料原料,所以以羽毛为原料的树脂的生产成本比制造其它生物降解塑料所需的费用低。羽毛约含 80% (质量分数) 的角蛋白,角蛋白是一种疏水性的生物降解蛋白质。加压下将羽毛蒸煮提取角蛋白,然后将其干燥研磨成粉,最后与大豆蛋白、生物降解聚酯、增塑剂混合,加热生成的树脂强度高而且柔软。此树脂含 70% (质量分数) 的角蛋白,能够模压成园艺种植用钵、农用覆盖膜和包装材料等制品。(中塑助剂网)

盛大集团膜分散微结构纳米碳酸钙投产

10 月 20 日,山东盛大集团为其独资设立的陕西咸阳海泽纳米材料公司举行项目一期投产暨二期开工典礼,这是膜分散微结构反应器制备纳米碳酸钙技术首次在我国实现工业化生产,该公司的目标是成为全球最大的纳米碳酸钙生产基地。该项目计划年产 100 万 t 纳米碳酸钙。其中,已经投产的一期项目设计产能为 10 万 t/a;开工的二期项目设计产能为 6 万 t/a,计划于 2007 年 5 月建成投产;随后将启动三期项目,到 2015 年将形成 100 万 t/a 纳米碳酸钙产能。

膜分散微结构反应器制备纳米碳酸钙技术是世界先进的纳米材料生产技术,此前只有德国巴斯夫公司掌握并工业化生产。山东盛大集团通过与清华大学合作,共同研发出具有我国自主知识产权,较德国技术在水循环、节能、产品质量保证等方面更具优势的膜分散技术,于 2005 年 12 月通过了国家级鉴定。随后,该技术被用于咸阳海泽纳米材料公司 10 万 t/a 纳米碳酸钙项目,并生产出平均粒径 30 nm 的优质纳米碳酸钙。(中化报)

兄弟化工四溴双酚 A 新生产线完工

由潍坊兄弟化工有限公司投资兴建的四溴双酚 A 生产线日前顺利完工,将于 11 月中旬正式投产。其单线产能为 1.2 万 t/a。

四溴双酚 A 作为溴系阻燃剂,以毒性较低,与基材相容性好而得到广泛应用,主要应用于环氧树脂、ABS、HIPS、酚醛树脂、不饱和聚酯等材料的阻燃,还作为反应型阻燃剂大量用于生产溴化环氧树脂中间体、溴代聚碳酸酯,另外还用来合成更高档次的阻燃剂。在阻燃环氧树脂制备领域,四溴双酚 A 目前仍然处于无可替代的地位。

潍坊兄弟化工生产的四溴双酚 A 在国内同行业一直处于领先地位。鉴于近年来国内国际市场需求日渐增大,潍坊兄弟化工在原有产能基础上斥资兴建大型四溴双酚 A 生产装置,使四溴双酚 A 年总产能达 2 万 t/a。(芳)

新泰市鲁燕色母粒有限公司更名为

山东鲁燕色母粒有限公司

新泰市鲁燕色母粒有限公司是一家集科研、开发、生产、销售于一体,设备技术先进,技术实力雄厚的现代化工业企业,2003 年通过 ISO9001:2000 国际质量管理体系认证。公司生产的“釜燕”牌色母粒部分产品已通过 SGS 检测,经国家化学建筑材料测试中心、山东卫生防疫中心、齐鲁石化树脂研究所检测为合格产品。公司业务遍及全国各地,并有部分产品出口。由于业务发展需要,公司更名为山东鲁燕色母粒有限公司,并由山东省新泰市顺河路 15 号迁址至山东省泰安市青春创业开发区振兴街,新厂年产量达 6 000 t。公司总经理陈卫国携公司员工热忱欢迎新老客户莅临指导。山东省省内业务电话:0538 - 8569165、8569185,山东省外业务电话:0538 - 8569285、8569385,联系人:戴淑珍(13954899598)。

三种塑料制品将执行环保新标准

国家环保总局近期公布了 10 种产品的新环保标准,其中包括再生塑料制品、泡沫塑料和塑料门窗三种塑料制品。新标准于 2007 年 3 月 1 日起实施,如继续贴旧标识将被视为假冒行为。

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》,减少塑料制品在生产、使用过程中对环境 and 人体健康的影响,节约能源,减少环境污染,降低原材料消耗,提高资源利用率,国家环保总局环境发展中心起草了《环境标志产品技术要求 再生塑料制品》(HJ/T231-2006)、《环境标志产品技术要求 泡沫塑料》(HJ/T233-2006)、《环境标志产品技术要求 塑料门窗》(HJ/T237-2006) 三项新的塑料制品环保标准,并于 2007 年 1 月 6 日获得批准。

新标准除了对原标准中的技术内容进行了部分改动,并对其进行全面修改外,进一步强调了减少污染物排放和对人体健康的保障,将对促进上述三类塑料制品的科技进步起到积极作用。新标准实施后,相应旧标准同时废止,只有符合新环保标准的制品才能张贴环境标志产品的标识。据了解,环境标识产品是由有关部门依据一定的环境标准,经认证后向有关厂家颁发,证明其生产、使用过程全部符合环保要求,有利于资源的再生和回收利用。(中塑商务网)