

Research on Wave Absorbability of Aluminum Foam

Ling Ding¹ Kai Chang² Hao Li¹ Qingfu Zhang¹

1. Liaoning Rongda New Material Technology Co., Ltd., Yingkou, Liaoning, 115000, China

2. Changchun Chemical (Panjin) Co., Ltd., Panjin, Liaoning, 124000, China

Abstract

In this paper, a series of aluminum foam materials were prepared by melt foaming method, and the bow method was used to measure the power of the incident electromagnetic wave and the reflected electromagnetic wave of the material, and the wave absorbability of the material was compared by calculating the reflectivity. Compared the different density, different thickness and different materials of absorbing performance, finally it is concluded that aluminum silicon alloy and ferrite as the main component of aluminum foam, the thickness is 15 mm, under the condition of volume density of 0.2 g/cm^3 has the best wave absorbability properties, under 10~18 GHz reflectivity is less than -10 dB, all can be used as wave absorbability material.

Keywords

aluminum foam; wave absorbability; performance electromagnetic; reflectivity

泡沫铝材料吸波性能的研究

丁玲¹ 常凯² 李昊¹ 张庆福¹

1. 辽宁融达新材料科技有限公司, 中国·辽宁 营口 115000

2. 长春化工(盘锦)有限公司, 中国·辽宁 盘锦 124000

摘要

论文通过熔体发泡法制备出一系列的泡沫铝材料, 并使用弓形法测出了材料的入射电磁波和反射的电磁波的功率, 通过计算反射率比较材料的吸波性能。比较不同密度、不同厚度以及不同材质的吸波性能, 最终得出以铝硅合金和铁氧体为主要成分的泡沫铝, 在厚度为15mm, 体积密度为 0.2 g/cm^3 的条件下具有较好的吸波性能, 在10~18GHz频率下反射率全部小于-10dB, 可以作为吸波材料的使用。

关键词

泡沫铝; 吸波性能; 电磁波; 反射率

1 引言

随着电子科学技术的发展, 电磁干扰和电磁兼容等问题日益严重, 众所周知研制出“薄、轻、宽、强”的吸波材料是有效抑制电磁辐射与防止电磁信号干扰的有效手段, 其中的“薄、轻、宽、强”是指吸波材料厚度薄、重量轻、有效频段宽、吸收能力强。泡沫铝材料兼有轻质、高孔隙率、力学性能优异等特点, 使其作为吸波材料有着无可替代的优势^[1]。

然而, 作为吸波材料需要同时具备阻抗匹配和衰减特性, 阻抗匹配是指在空间传输的过程中应尽可能的让电磁波进入材料内部, 减少在界面的反射, 这就要求材料的阻抗接近于空气阻抗, 而衰减特性是电磁波进入材料内部后的衰减

能力, 表现为将进入材料内部的电磁波转化为热或者其他形式的能量损耗。由于泡沫铝材料孔内为空气介质, 使得材料的本征阻抗和空气阻抗相近, 较容易实现阻抗匹配, 这是泡沫铝材料用于吸波领域的前提, 而对于如何实现其衰减特性仍有待进一步探讨^[2]。论文重点探讨了影响泡沫铝材料吸波性能的因素, 并在大量实验基础上通过阻抗匹配和吸收衰减两方面对泡沫铝吸波性能进行探讨, 最终得出泡沫铝吸波性能最优时的条件。

2 实验部分

2.1 泡沫铝制备

整个样品的制备在辽宁融达新材料科技有限公司设计开发的泡沫铝生产线上进行, 使用熔体发泡工艺进行生产, 通过改变原料的成分以及发泡增粘等工艺制备出不同成分、不同密度的泡沫铝材料。

【作者简介】丁玲(1988-), 女, 中国辽宁铁岭人, 本科, 初级工程师, 从事化工材料研究。

2.2 样品加工

通过带式锯床将泡沫铝锭切割成测试所需的尺寸。

2.3 吸波性能检测

测试过程在微波暗室中进行,测试系统主要由弓形装置和信号源、矢量网络分析仪等组成,结构如图1。测试样品为平板,尺寸为600mm×600mm×厚度。通过反射率测试法计算出材料反射率(Γ)来反应材料吸波性能的好坏,反射率越小表示材料吸波性能越好,其单位为分贝(dB),计算公式如下:

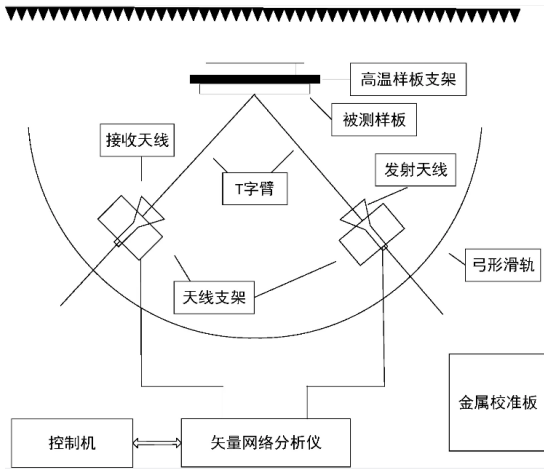


图1 反射率弓形法测试系统

$$\Gamma(\text{dB}) = 10\lg\Gamma_p = 10\lg\left(\frac{P_{\text{材}}}{P_{\text{金}}}\right)$$

式中： $P_{\text{金}}$ 为发射天线经过参考金属板再到达接收天线的电磁波功率；

$P_{\text{材}}$ 为发射天线经过泡沫铝样板到达接收天线的电磁波功率；

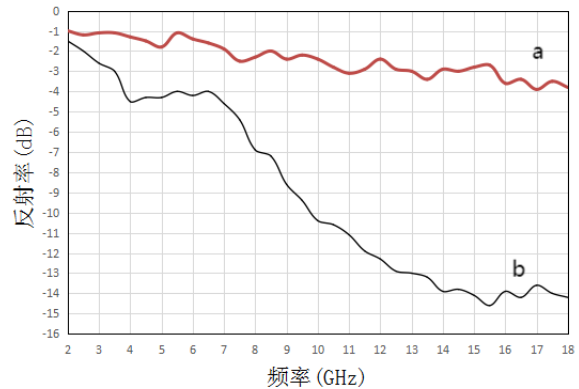
Γ_p 为吸波材料的反射功率。

3 结果与讨论

3.1 成分对吸波性能的影响

图2为不同成分的泡沫铝反射曲线,由图中的曲线可以推断泡沫铝多孔材料具备一定吸波性能,并且吸波性能随着频率的提高而增强。当泡沫铝成分为铝硅合金时虽具有一定的吸波性能,但是吸波性能较差($> -4\text{dB}$),在吸波材料的实际中通常规定反射率 $< -10\text{dB}$ 为有效吸收,因此铝硅合金成分泡沫铝应用还无法满足吸波材料的使用要求。当在铝硅合金中加入锰锌铁氧体后,吸波性能大幅提高,这是因为当电磁波进入泡沫铝后,一方面通过在泡壁上不断反射进行消耗,另一方面通过材料基体的磁性能或介电性能进行损耗。其中,以铝硅合金为主要成分的泡沫铝,基体本身不具有损耗性能,这使得泡沫铝仅仅通过结构进行电磁损耗,损耗性能有限,然而通过锰锌铁氧体的引入使得材料具有一定

的磁导率,在材料结构和成分两方面协同作用下,大大提高了泡沫铝的吸波性能^[3]。

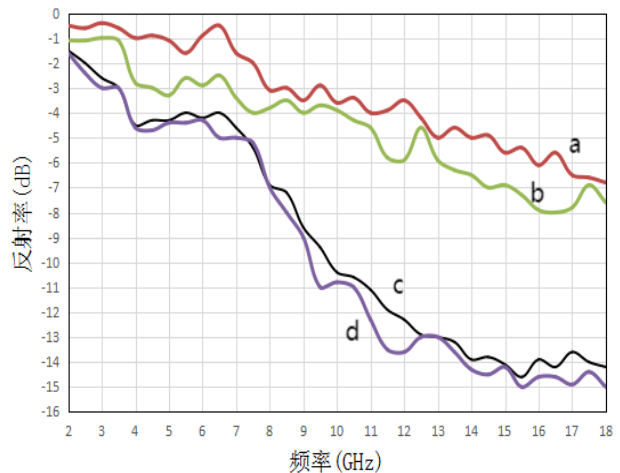


a——铝硅合金；b——铝硅合金+铁氧体。

图2 不同成分泡沫铝的反射率曲线

3.2 厚度对吸波性能的影响

论文在铝硅合金和锰锌铁氧体为主要成分的泡沫铝基础上,分别加工出不同厚度的泡沫铝板材,并比较了他们的吸波性能如图3所示。从图中可以看出,反射率随着泡沫铝厚度的增加不断提高,当厚度达到15mm后,进一步增加厚度其反射率提高的并不明显。这是因为当泡沫铝厚度小于10mm时,由于泡沫铝孔径多为3~6mm加之材料气泡本身分布的不均匀性,在许多位置上将会出现缺陷以及通孔^[4],这导致了电磁波直接穿过材料本身,当厚度达到15mm时,这些缺陷就会得到有效的避免,这是在泡沫铝厚度增加后吸波性能提高的主要原因。但是在进一步增加厚度时,并没有得到更好地反射率,仅仅实现小幅度的提高,根据吸波材料“薄、轻、宽、强”的要求,将材料厚度控制在15mm是比较适宜的^[5]。

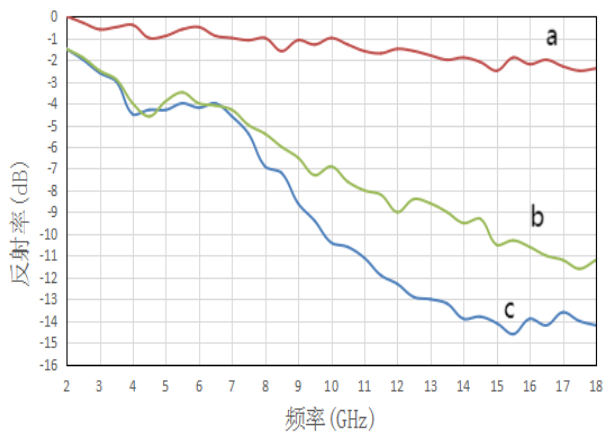


a——5mm；b——10mm；c——15mm；d——20mm。

图3 不同厚度泡沫铝的反射率曲线

3.3 密度对吸波性能的影响

论文以铝硅合金和锰锌铁氧体为主要成分,在厚度为15mm的基础上,继续考察了不同密度对吸波性能的影响。由图4可以看出,所有泡沫铝反射率都随着频率的提高而提高,当体积密度为 0.2g/cm^3 的时候,泡沫铝的反射率最好有效吸收频宽能到达8GHz(10~18GHz),在体积密度为 0.1g/cm^3 的时吸波性能并没有达到最佳,这是由于过小的体积密度使得泡壁较薄,虽然在阻抗匹配上更加接近,但是过下的密度很容易导致结构的缺陷^[6]。而泡沫铝体积密度过大为 0.4g/cm^3 时,如图4中a曲线,吸波性能最差,这是因为当泡沫铝体积密度过大时,泡沫铝泡孔小、泡壁厚导致阻抗不匹配,当电磁波入射到泡沫铝界面上时,由于阻抗的突变,部分电磁波被铝合金导体直接反射^[7]。



a—— 0.4g/cm^3 ; b—— 0.1g/cm^3 ; c—— 0.2g/cm^3 。

图4 不同密度泡沫铝的反射率曲线

4 结论

泡沫铝材料具备一定的吸波性能,并且吸波性能随着频率的提高而增强,在10~18GHz频段反射率全部 $< -10\text{dB}$,同时泡沫铝具有轻质环保的特点,符合吸波材料的发展方向,使得其在吸波领域具有一定的应用优势^[8]。

通过弓形法测试泡沫铝材料的反射率得出吸波性能最佳的条件:以铝硅合金和铁氧体为主要成分,厚度为15mm,体积密度为 0.2g/cm^3 。在这一条件下,泡沫铝的阻抗匹配和损耗性能得到最好的实现。

参考文献

- [1] 周敏,杨觉明,周建军.吸波材料研究进展[J].西安工业学院学报,2000,20(4):296-302.
- [2] 风仪,郑海务,朱震刚,等.孔泡沫铝的电磁屏蔽性能[J].中国有色金属报,2004,14(1):33-35.
- [3] 刘欣,薛向欣,刘宇,等.磁介质吸波剂/多孔金属材料吸波性能[J].东北大学学报(自然科学版),2008,29(3):354-357.
- [4] 张庆福,李昊,周云鹏,等.自动化泡沫铝生产设备的研制[J].中小企业管理与科技,2020(3):170-171.
- [5] 王录才,于利民,王芳,等.多孔泡沫金属的研究及其前景展望[J].太原重型机械学院学报,2002,23(1):72-76.
- [6] 卢天键,何德坪,陈常青,等.超轻多孔金属材料的多功能特性及应用[J].力学进展,2006,36(4):517-535.
- [7] 张光寅,戴松涛,张存洲,等.多孔材料红外反射光谱的下塌现象——红外吸波材料机理探讨之二[J].红外与毫米波学报,1995,14(4):283-287.
- [8] 孟琰琰,张雄.铁氧体吸波环境材料的应用技术研究[J].材料导报,2006,20(2):145-150.