

羰基铁粉基电磁屏蔽材料的研究现状与进展



王才良,程明,罗振涛,龙昌,韦芳,于浩

航天科工武汉磁电有限责任公司, 湖北 武汉 430074

摘 要:随着信息化技术的快速发展,电子电器设备被广泛应用到广播、通信、家用电器等领域,由此产生的电磁辐射对人体健康造成严重威胁。此外,在军事方面特别是航空航天领域迫切需要排除对飞机、卫星等武器装备上精密电子元件的电磁干扰。因此,开发综合性能优异的电磁屏蔽材料具有十分重大的意义。羰基铁粉(CIP)是一种重要的电磁吸收材料,本文综述了近年来羰基铁粉用于电磁屏蔽的发展概况,重点介绍了羰基铁粉合成及改性方面的研究,并对其发展趋势做出预测。

关键词:羰基铁粉; 电磁屏蔽; 材料改性; 电磁波吸收; 反射率

中图分类号:TQ531.3

文献标识码:A

DOI: 10.19452/j.issn1007-5453.2022.09.001

电子信息技术引领当今世界新兴技术的发展方向,给我们的日常生活带来便利的同时,也带来了一种无声无息的威胁。随着电子设备在广播、通信、GPS、医疗诊断等领域的广泛使用,由此产生的电磁波辐射越来越多,并已经开始影响到人类的健康,引起诸如睡眠障碍、哮喘、头痛、心脏疾病等问题。此外,在军事领域特别是航空航天领域,为了保障信息装备的作战效能,军用仪器上迫切需要排除电磁辐射对精密电子器件的干扰。电磁干扰对周围环境和各种设备的运行产生有害影响,已成为一种严重的全球性问题。

电磁屏蔽技术通过使用电磁屏蔽材料对电磁波进行反射或吸收,以防止有害的电磁辐射渗透到电子设备中。随着现代电子元件越来越趋于复杂化、小型化、密集化和高效化,传统的电磁屏蔽材料已不能完全满足需求,开发吸收强、频段宽、质量轻的电磁屏蔽材料具有重大意义。

羰基铁粉是一种重要的电磁吸收材料,广泛应用于电磁屏蔽领域。本文介绍了近年来使用羰基铁粉通过吸收电磁来屏蔽电磁干扰的研究,详细讨论了电磁屏蔽材料、电磁屏蔽机理、羰基铁以及羰基铁改性(形貌调控、涂层改性、共混改性)等方面大量的研究工作,为开发出更轻、更薄、成本更低和吸收性能更优越的电磁屏蔽材料指明了方向。

1 电磁屏蔽

电磁屏蔽的概念并不新鲜,最初可追溯到19世纪初,其原理是通过电磁屏蔽材料对电磁波的传播进行反射和吸收,在电磁波源头与需要保护对象之间的传播路径上对电磁波进行削弱和阻断^[1]。如图1所示,当电磁波从辐射源传输到屏蔽材料表面时,一部分电磁波在界面处反射,这是因为材料表面阻抗与空气阻抗不匹配;另一部分电磁波进入材料内部,这部分电磁波在材料内部被吸收;还有一部分在材料内部发生反射或多次反射;最后剩余的电磁波透过材料继续传播。理想的屏蔽材料透过的电磁波应该为零或忽略不计,这取决于材料的固有特性。

1.1 电磁屏蔽材料

现代电子和通信设备广泛应用于国防、医疗、家用电器

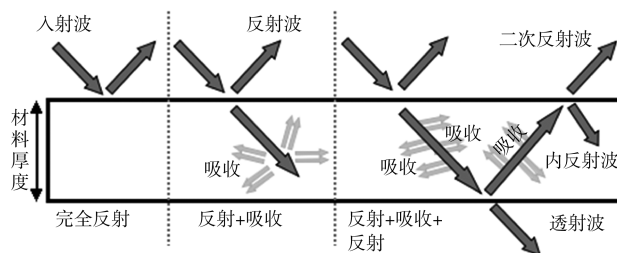


图1 电磁屏蔽机理

Fig.1 Mechanisms of electromagnetic shielding

收稿日期: 2022-03-21; 退修日期: 2022-05-15; 录用日期: 2022-06-20

基金项目: 湖北省重点研发计划(2020BAB092)

引用格式: Wang Cailiang, Cheng Ming, Luo Zhentao, et al. Research status and progress of carbonyl iron powders based electromagnetic shielding materials[J]. Aeronautical Science & Technology, 2022, 33(09): 1-6. 王才良,程明,罗振涛等. 羰基铁粉基电磁屏蔽材料的研究现状与进展[J]. 航空科学技术, 2022, 33(09): 1-6.

等多个领域,各领域对电磁屏蔽质量和标准的要求不一,因此使用的屏蔽材料也有所不同。对于商业应用来说,屏蔽效能(shielding effect, SE) > 30 dB 的材料就被认为是极好的屏蔽材料。但是对于医疗和国防应用而言,SE 值需要在 60~120 dB 范围内。因此,选择合适的电磁屏蔽材料非常重要。金属材料是发展最早的一类电磁屏蔽材料,但密度高、价格贵、不耐腐蚀等缺点限制了其在电磁屏蔽领域的进一步发展。研究人员为此开发出一系列包括聚合物、纺织物、水泥以及陶瓷等基体类型的电磁屏蔽材料。聚合物基屏蔽材料由于质量轻、柔韧性高、耐用且易于加工,是当今使用最广泛的电磁屏蔽基体材料。水泥基屏蔽材料(如混凝土、砂浆和石膏)具有良好的强度、热耐久性和耐化学侵蚀性,主要应用于结构类电磁屏蔽。而陶瓷基屏蔽材料在高温和抗氧化方面表现出突出优势。

值得注意的是,除了金属和陶瓷之外,其他类别的基体材料对电磁波基本呈透过性,需要向其中填充具有导电性或磁性的电磁吸收填料。填料主要包括金属粉末、碳材料、金属氧化物等。在所有组合中,由金属或碳基填料填充的聚合物基电磁屏蔽材料由于实用性高、成本低和屏蔽性能良好而被广泛使用。

1.2 吸收型电磁屏蔽材料

电磁屏蔽可以通过反射、吸收或二者结合来实现。如果屏蔽目的是防止保护对象受到外部电磁波的影响,那么单独使用反射效果最佳。但是,如果保护对象需要接受或发射某些特定频段的电磁波,那么采取吸收的策略进行电磁屏蔽更为适宜。基于此,电磁屏蔽材料分为反射型和吸收型,吸收型电磁屏蔽材料动态地应用于与机器人、笔记本电脑、手机、卫星等相关的电子设备。电磁吸收材料基本分为三类:(1)电损耗型;(2)磁损耗型;(3)混合型。至于通过吸收作用产生电磁屏蔽功能的材料,它必须具有电偶极子或磁偶极子,这些偶极子与传入的电磁波场相互作用并使能量损耗^[2-3]。电磁吸收材料包括炭黑、碳纤维、碳纳米管、铁氧体等介电材料,Fe、Co、Ni 金属粉或合金粉等磁性材料,以及介电-磁性复合材料。然而,要想获得良好的吸收性并不容易,必须具有两个关键特性:(1)阻抗匹配性;(2)吸收衰减性。阻抗匹配通常由材料的介电常数来决定,而吸收衰减性则取决于磁导率。因此,为了更好地对电磁波进行吸收,材料的介电常数和磁导率特性需要相互补充。此外,电磁吸收材料还面临质量轻、成本低、强度高、效率高、频带宽、柔韧性好和耐用等需求。

在诸多电磁吸收材料中,羰基铁粉性能尤为优异,不仅

由于其中等的导电性、高饱和磁化强度和较高的居里温度,还因为它很容易大规模生产,便于工业化,如图2所示。羰基铁粉作为一种有效的电磁吸收材料,并不完美,仍存在一定的局限性,其在高频波段性能仍有所欠缺。有关其局限性的信息,以及近年来关于提升羰基铁粉吸收屏蔽性能的研究将在下文详细讨论。

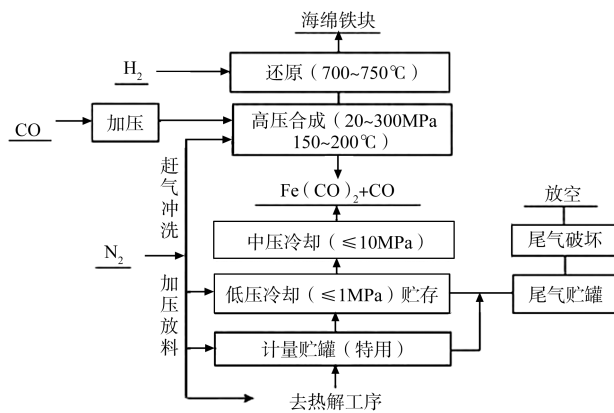


图2 羰基铁粉的合成示意图

Fig.2 Schematic of synthesis of CIP

2 羰基铁粉基吸收型电磁屏蔽材料

2.1 原始的羰基铁粉

羰基铁粉是一种常见的磁性金属粉末,尺寸从纳米级到微米级不等。羰基铁粉作为一种磁性材料,其磁损耗角正切值比介电材料高。而通常磁性材料要想表现出良好的吸收特性,必须具备较低的介电损耗角正切值和较高的磁损耗角正切值。以磁损耗为主的电磁吸收归因于:(1)磁化矢量旋转;(2)磁滞损耗;(3)磁畴壁共振;(4)自然共振;(5)涡流损耗。在弱磁场中不存在磁化矢量旋转和磁滞损耗,畴壁共振通常在1~100MHz频率范围内工作。因此,自然共振和涡流损耗是磁吸收电磁波的主要因素。

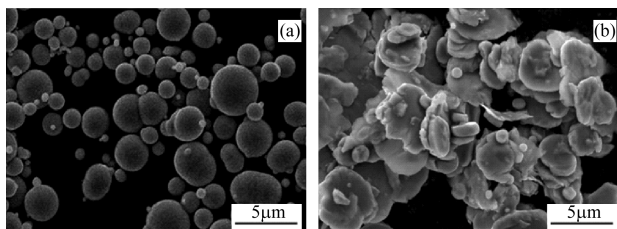
对于以羰基铁粉为填料的电磁屏蔽材料,羰基铁粉的负载量对材料形貌、复介电常数、复磁导率等均有影响,上述因素直接决定电磁屏蔽效能的优劣。Joseph等^[4]报告称,随着屏蔽材料中羰基铁粉填充比例的增加,材料的介电和磁损耗正切会同时增加,这是由复合材料中电导率和磁偶极子同时增加所致。此外,随着羰基铁粉负载量的增加,反射率(RL)峰值和吸收带会向低频移动。因此,要想获得好的电磁吸收效果,需要调配最佳的羰基铁粉负载比例。

2.2 形貌改性型羰基铁粉

材料的微观结构特性(如晶体结构、粒径、纵横比、各向异性等)会很大程度地影响材料的电磁特性。材料阻止交

变电场穿透的趋势被称为趋肤效应,它允许穿透的深度被称为趋肤深度。材料的颗粒尺寸小于其趋肤深度,有利于材料对电磁波的吸收。一般而言,由于受工业技术限制,大部分所使用的羰基铁粉为球形,其粒径在 $1\sim 10\mu\text{m}$ 。然而球形羰基铁粉的趋肤深度仅有 $1\sim 2\mu\text{m}$ 。更高的颗粒纵横比有利于使其几何尺寸低于趋肤深度,从而促进电磁吸收。另外,颗粒各向异性能增加自然共振,从而提高材料的复磁导率。因此,为了获得更好的电磁吸收特性,需要在尺寸、形状、纵横比和各向异性等多个方面对羰基铁粉进行调节。

调节羰基铁粉的形貌最常用的技术是机械研磨。经过一定时间的机械研磨后,可将羰基铁粉的形态由球形变为片状,片状厚度可在 $0.1\sim 2\mu\text{m}$ 范围内改变。相比于球形,片状羰基铁粉有以下几个优势:(1)低趋肤效应;(2)高纵横比;(3)磁导率和磁损耗正切值更大。Wen Fusheng等^[5]通过球磨法制备了两种不同形貌的羰基铁粉(CIP),如图3所示,并研究了研磨时间对羰基铁粉电磁性能的影响,研究表明羰基铁粉的复介电常数 ϵ_r 随着研磨时间的增加而增加,这归因于研磨获得的大表面积导致颗粒空间电荷极化的增加。此外,随着研磨时间的增加,复磁导率 μ_r 也随之增强。片状羰基铁粉比球形羰基铁粉的 μ_r 更高,这是由于一方面粒子各向异性有助于超过 Snoek 限制,另一方面比趋肤深度更小的薄片尺寸抑制了涡流损失。



(a) 球状 CIP

(b) 片状 CIP

图3 球状CIP和片状CIP的SEM形貌

Fig.3 SEM morphology of spherical and flakey CIP

Wang Wei等^[6]研究了晶粒尺寸和晶粒应变对片状羰基铁粉的电磁吸收特性的影响。一般而言,粉末的研磨会导致晶粒尺寸减小,但同时会将应变引入晶粒。另外,对晶粒进行热处理会导致晶粒尺寸增加,但会释放应变。结合这两种工艺的优缺点,他们在制备片状羰基铁粉的工艺中引入高温研磨方法。通过加热到 250°C 研磨,在晶粒尺寸和晶粒应变之间达到最佳平衡,从而获得高的 μ_r 和中等强度的 ϵ_r ,最终表现出优异的RL和宽频的电磁吸收特性。

通过对羰基铁粉的研磨处理,可将其形状由球状转变为片状,从而有效改善电磁吸收性能。但研磨过程中羰基

铁粉会面临颗粒氧化的问题,尤其是当片状厚度太小时。有报道用 CO_2 钝化片状羰基铁粉来提高其抗氧化性能,获得的结果表明钝化的片状羰基铁粉表现出与正常片状羰基铁粉相似的吸收行为,但钝化片状羰基铁粉不容易氧化。

2.3 涂覆改性型羰基铁粉

球形CIP由于涡流损耗较高,在高频电磁吸收方面效果并不理想。需要说明的是,涡流损耗有利于电磁吸收,但涡流损耗过大会导致磁导率降低,并因趋肤效应导致吸收效果不佳。这个问题通常可通过三种方式来解决:(1)通过研磨改变微观形貌结构;(2)表面钝化;(3)表面涂覆涂层来解决。在颗粒上涂覆薄而均匀的特定涂层,可促进热、化学、机械、电以及磁性能的改善。因此,为获得更好的电磁吸收性、耐热性以及抗氧化性,对球形或片状CIP进行涂层改性不失为一种好的方式。而涂层材料类型的选取往往取决于想获得的目标特性。

金属(Co 、 Ni 、 Ag)和电介质(SiO_2 、 SnO_2 、 ZnO 、石墨)等涂层材料可用于提高羰基铁粉填充复合材料的电磁吸收性能、抗氧化性和耐热性。大多数涂层在羰基铁粉核上形成壳状结构,从而组成核壳结构材料。核壳材料的优点有两个:一是如果壳材料与磁芯绝缘,则能通过改进阻抗匹配来提高吸收特性;二是如果壳材料是金属,则可以同时改进介电损耗和磁损耗,从而提高吸收。

在各种涂层材料中,二氧化硅以其光学透明性、良好的绝热性、易于调控和成本低廉而独树一帜。Yang等^[7]以 SiO_2 涂覆球形羰基铁粉得到核壳结构的 $\text{SiO}_2@\text{CIP}$, SiO_2 涂层可有效降低材料的复介电常数实部,而不影响复磁导率。与未涂覆的材料相比,涂覆 SiO_2 后有效吸收频段变宽,如图4所示。Wang Hongyu等^[8]报道了 SiO_2 涂层对羰基铁粉耐热性能的影响,研究发现涂覆 SiO_2 涂层后,羰基铁粉的介电常数有效降低,这有利于改善与空气介质的阻抗匹配。此外, SiO_2 涂层还可防止羰基铁粉氧化从而表现出良好的耐热性能。总体而言, SiO_2 涂覆的CIP样品具有许多优点:(1)抑制趋肤效应;(2)通过降低介电常数增加阻抗匹配;(3)不改变复磁导率;(4)通过降低涡流损耗促进高频吸收;(5)防止高温氧化。

除 SiO_2 外, ZnO 和 SnO_2 等介电材料也常被用作涂覆材料。Zhou Chang等^[9]报道了 $\text{ZnO}@\text{片状CIP}$ 的微波吸收特性,由于 ZnO 涂覆的CIP颗粒之间磁耦合效应降低,因此低频下的吸收性能增强。此外, ZnO 颗粒的小尺寸效应和大表面积增强了材料表面的电极化,促使电磁波发生更多散射,从而有利于电磁吸收。

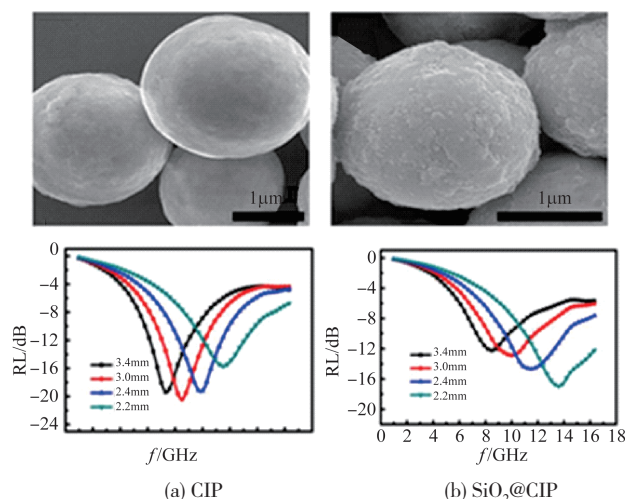


图4 CIP和SiO₂@CIP的SEM图和电磁吸收性能

Fig.4 SEM morphology and reflection loss curves of CIP and SiO₂@CIP

金属涂层同样可被用来改善CIP的电磁吸收特性,主要分为两类:(1)钴和镍,这类金属与铁有着相似的磁性; (2)银,银的电导性要优于铁。Huang Chao等^[10]以化学镀的方式将Co涂覆到CIP表面上,涂覆后Co@CIP的电损耗值和磁损耗值均优于涂覆前,这增强了电磁吸收。此外,通过热处理还可进一步提高Co@CIP的电磁屏蔽特性,即吸收更强频带更宽。Cao Xiaoguo等^[11]研究了Ag封装的CIP颗粒的电磁屏蔽特性,由于CIP上高导电涂层的存在,屏蔽机制主要为反射,总屏蔽值高达49.3dB。

总的来说,涂层的应用在改善CIP的电磁吸收性能方面十分有效。涂层不仅能提高CIP的高频吸收性能,而且赋予CIP抗氧化和耐高温性。且无论是对于球形CIP还是片状CIP,涂层均能起作用。值得注意的是,涂层提供的介电损耗和CIP提供的磁损耗,这二者的匹配是决定电磁吸收性能的关键。

2.4 共混改性型羰基铁粉

吸收强、频带宽、厚度薄和质量轻是当今电磁吸收材料的新需求。单一损耗类型的电磁吸收材料,如仅有介电损耗或磁损耗,会导致吸收性能不佳。只有当材料的介电损耗和磁损耗互补时,材料才能表现出优秀的电磁吸收性能。为了提高CIP的综合性能,另一种有效的方法是向CIP中混入介电材料来改性。

共混常用的介电材料有石墨(GR)、炭黑(CB)、碳纤维(CF)、碳纳米管(CNT)、石墨烯、ZnO、MnO₂、钽铁氧体等。炭黑是一种具有高介电常数的电阻损耗型电磁吸收材料。有研究者以炭黑和羰基铁粉的共混物作为吸收剂,聚氨酯

为基体制备了电磁吸收涂层,并研究了其电磁吸收性能。研究表明炭黑的加入拓宽了有效吸波频段,这是由于炭黑颗粒在基体中形成导电链或局部导电网络使介质内部产生极化,并且炭黑颗粒对电磁波形成了多个散射点,起到了促进电磁吸收的作用。

碳纤维(CF)的密度低、模量高、强度高,是良好的导体,对雷达波具有强反射作用。将少量碳纤维与羰基铁粉共混制备复合吸收材料,可以弥补羰基铁粉介电损耗不足的缺点,同时材料内反射增强,促进电磁波吸收。陶瑞等^[12]测试了CIP、CF以及CF-CIP的电磁参数,测试结果表明CIP兼具介电损耗和磁损耗功能,但其介电损耗较小,磁损耗主要在2~8GHz之间。CF在12~18GHz范围内具有较大的介电损耗,但基本不具备磁损耗性能。将二者复合之后,CF-CIP的磁损耗正切值基本不变,介电损耗正切值得到有效增强。在此基础上,以三者制备涂层并比较了电磁吸收性能,如图5所示。当厚度为2mm时,CF涂层的有效吸收波段(≤ -10 dB)集中在高频区域且频带较窄,仅有不到3GHz。CIP涂层的有效波段为2~9GHz,在高频区域吸收性能不足。当二者复合之后,CF-CIP涂层表现出两个强吸收峰,3~8GHz和10~16GHz这两个频段的反射率均小于-10dB。

碳纳米管(CNT)是由碳六边形重复单元所组成的一维空心管状材料,分为多壁和单壁两种,具有高比表面积、较高介电损耗和较强的抗氧化能力。Tong Guoxiu等^[13]研究了CNT掺杂量对CNT-CIP复合材料的电磁吸收性能的影响。在掺杂量较小的情况下,CNT的谐振和介电损耗会推高复合材料的介电常数值(实部和虚部均增加)。但掺杂量较高时,传导损耗出现,过高的电导率会致使复磁导率大幅降低。此外,CNT过多会引起阻抗匹配失衡,不利于电磁吸收。

近年来,石墨烯作为碳材料家族中的明星成员备受关注。有研究者利用石墨烯或者氧化石墨烯来改善CIP的电磁性能,得益于磁性CIP颗粒和介电石墨烯片、还原氧化石墨烯之间的协同效应,复合材料的有效频带明显拓宽。以类似的方式,非碳质介电材料MnO₂也被用来与片状CIP共混,随着复合材料中MnO₂含量的增加,复介电常数值随之增加,但复导磁率略有下降。通过优化MnO₂的添加量,MnO₂和CIP的电磁性能互补,MnO₂-片状CIP的吸收性能相较于片状CIP而言要优异得多。

上述研究表明,通过添加介电材料与CIP共混的方式可以有效提升材料的电磁吸收性能。除此之外,通过多层(主

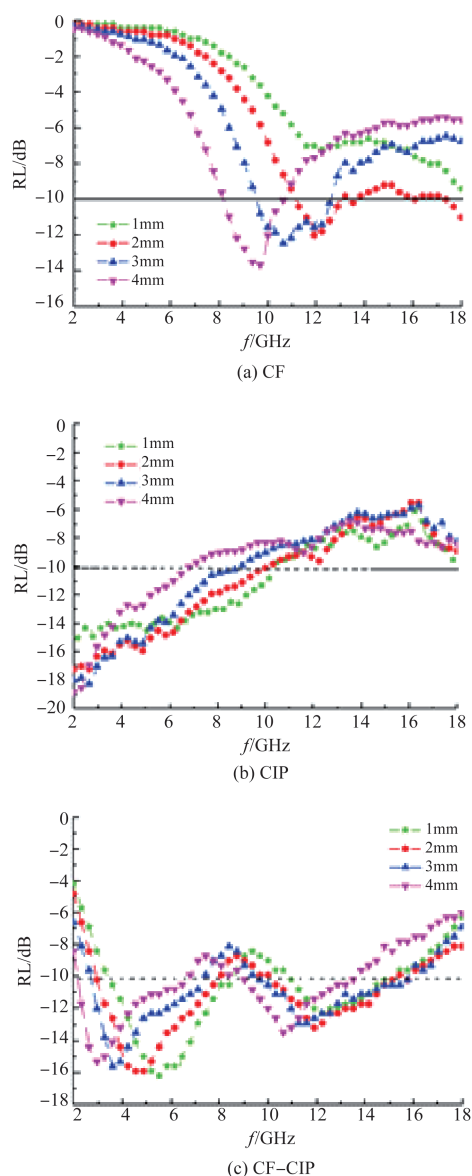


图5 不同厚度CF、CIP和CF-CIP的电磁吸收性能
Fig.5 Reflection loss curves of CF, CIP and CF-CIP with different thickness respectively

要是双层)涂层的形式也能改善吸收性能。后者分别考虑了阻抗匹配和衰减特性的重要性,在双层材料中存在两个单独的功能区:(1)匹配层,负责材料与自由空间之间的阻抗匹配;(2)吸收层,负责通过吸收引起的电磁波衰减。与单层吸收相比,双层吸收具有叠加介电损耗、磁损耗和阻抗匹配的优势,可在更薄的厚度下实现更出色的吸收屏蔽效益。

3 结论

本文介绍了近年来使用CIP通过吸收来屏蔽电磁干扰

的研究。为了获得好的屏蔽效果,需要对羰基铁进行改性处理,如形貌调控、涂层改性、共混改性。值得注意的是,改性方式、改性材料的选取以及制备工艺等,有机地共同影响电磁屏蔽复合材料的性能,在设计电磁屏蔽材料时要从机理出发综合考虑。本文为开发出更轻、更薄、成本更低和吸收性更优越的电磁屏蔽材料指明了方向。

AST

参考文献

- [1] Kondawar S B, Modak P R. Materials for potential EMI shielding applications: processing, properties and current trends [M]. Elsevier, 2020.
- [2] 黄金军, 龚荣洲. 低浓度磁性纤维对吸波结构隐身材料电性能影响研究[J]. 航空科学技术, 2014, 25(8): 105-110.
Huang Jinjun, Gong Rongzhou. Electrical properties influence study of low concentrations magnetic fiber for absorbing structure stealth material[J]. Aeronautical Science & Technology, 2014, 25(8): 105-110.(in Chinese)
- [3] 吴杨慧, 王俊杰, 赖森锋, 等. 用于航空电磁防护和智能隐身的光学透明柔性宽带吸波器的试验研究[J]. 航空科学技术, 2019, 30(5): 70-74.
Wu Yanghui, Wang Junjie, Lai Senfeng, et al. Experimental study on optically transparent flexible broadband absorber for aviation electromagnetic protection and intelligent stealth[J]. Aeronautical Science & Technology, 2019, 30(5): 70-74. (in Chinese)
- [4] Joseph N, Sebastian M T. Electromagnetic interference shielding nature of PVDF-carbonyl iron composites[J]. Materials Letters, 2013, 90: 64-67.
- [5] Wen Fusheng, Zuo Wenliang, Li Fashen, et al. Microwave-absorbing properties of shape-optimized carbonyl iron particles with maximum microwave permeability[J]. Physica B Condens Matter, 2009, 404: 3567-3570.
- [6] Wang Wei, Li Wei, Guan Jianguo, et al. Flaky carbonyl iron particles with both small grain size and low internal strain for broadband microwave absorption[J]. Journal of Alloys and Compounds, 2015, 637: 106-111.
- [7] Yang Y, Li Z W, Ding J. Model design on calculations of microwave permeability and permittivity of Fe/SiO₂ particles with core/shell structure[J]. Journal of Physics and Chemistry of Solids, 2014(75): 230-235.

- [8] Wang Hongyu, Zhu Dongmei, Luo Fa, et al. Electromagnetic property of SiO₂-coated carbonyl iron/polyimide composites as heat resistant microwave absorbing materials[J]. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 2015, 375:111-116.
- [9] Zhou Chang, Fang Qingqing, Ding Qiongqiong, et al. Enhanced microwave absorption in ZnO/carbonyl iron nanocomposites by coating dielectric material[J]. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 2012, 324: 1720-1725.
- [10] Huang Chao, Dong Qing, Yang De'an, et al. Antioxidation and electromagnetic properties of Co-coated hollow carbonyl iron particles by electroless plating method[J]. Journal of Materials Science: Materials in Electronic, 2017(28): 5037-5043.
- [11] Cao Xiaoguo, Ren Hao, Zhang Haiyan. Preparation and microwave shielding property of silver-coated carbonyl iron powder[J]. Journal of Alloys and Compounds, 2015, 631: 133-137.
- [12] 陶瑞, 刘朝辉, 班国动, 等. 碳纤维粉-羰基铁粉复合材料的吸波性能及在涂层中的应用[J]. 电镀与涂饰, 2017(22): 1205-1210.
- Tao Rui, Liu Chaohui, Ban Guodong, et al. Wave-absorbing property of carbon fiber-carbonyl iron composite and its application in coating[J]. Electropating and Finishing, 2017 (22): 1205-1210.(in Chinese)
- [13] Tong Guoxiu, Wu Wenhua, Qian Haisheng, et al. Enhanced electromagnetic characteristics of carbon nanotubes/carbonyl iron powders complex absorbers in 2-18 GHz ranges[J]. Journal of Alloys and Compounds, 2011, 509: 451-456.

Research Status and Progress of Carbonyl Iron Powders Based Electromagnetic Shielding Materials

Wang Cailiang, Cheng Ming, Luo Zhentao, Long Chang, Wei Fang, Yu Hao

Aerosapce Science and Industry Wuhan Magnetism-electron Co.LTD., Wuhan 430074, China

Abstract: With the rapid development of information technology, electronic and electrical equipment is widely used in broadcasting, communication, and household appliances. Then, the resulting electromagnetic radiation poses a serious threat to human health. In addition, in the military aspect, it is urgent to eliminate electromagnetic interference on precision electronic components of various weapons, such as aircraft carrier and aircraft. Therefore, it is very important to develop electromagnetic shielding materials with excellent comprehensive properties. Carbonyl iron powder(CIP) is an important electromagnetic absorbing material. In this paper, the development of carbonyl iron powder used in electromagnetic shielding in recent years is reviewed, then the research on synthesis and modification of carbonyl iron powder is also introduced. In the end, its development trend is forecasted.

Key Words: CIP; electromagnetic shielding; material modification; electromagnetic wave absorption; reflectivity

Received: 2022-03-21; Revised: 2022-05-15; Accepted: 2022-06-20

Foundation item: Key R&D Plan of Hubei (2020BAB092)