

文章编号:1671-6833(2008)04-0014-03

纳米微波吸收剂对改性环氧胶粘剂 微波固化性能的影响

孙晓峰¹, 马世宁¹, 朱乃姝¹, 钱海峰¹, 胡春华²

(1. 装甲兵工程学院 装备再制造技术国防科技重点实验室, 北京 100072; 2. 装甲兵技术学院 机械工程系, 吉林 长春 130117)

摘 要:选取 4 种典型的纳米材料作为微波吸收剂, 研究其对改性环氧胶粘剂在微波作用下固化时间及固化后力学性能的影响。结果表明, 在相同固化条件下, 纳米微波吸收剂能明显降低改性环氧胶粘剂的微波固化时间。随着添加量的增加, 固化时间大大缩短, 其中纳米 Fe 和纳米 SiO_2 尤为突出, 当添加质量分数超过 3% 时, 固化时间小于 5 min。力学性能测试表明, 添加纳米 Fe 和纳米 Fe_3O_4 后, 胶粘剂微波固化后的拉伸强度和弹性模量没有明显变化, 当添加质量分数为 4% 时, 拉伸强度分别为 33.8 MPa 和 34.1 MPa; 而添加纳米 SiO_2 和 SiC 后, 拉伸强度和弹性模量值略有下降。

关键词: 纳米微波吸收剂; 微波; 固化时间; 力学性能

中图分类号: TQ 314.269

文献标识码: A

0 引言

利用微波独特的致热特点, 固化环氧树脂基胶粘剂, 是实现野战条件下装备损伤快速修复的有效手段。然而环氧树脂基胶粘剂属于低损耗型的微波介质, 只能吸收少部分的微波, 单纯靠其自身吸收的微波来固化, 则需要很长的时间。如果在其中添加少量的无机磁损耗型物质, 则有利于磁损耗的提高, 加速胶粘剂的聚合速度, 缩短固化时间。纳米材料由于具有小尺寸效应、表面效应以及量子尺寸效应, 使得其具有吸波频带宽、兼容性好、质量轻和厚度薄等特点, 易于满足微波吸收材料“薄、轻、宽、强”的要求, 以纳米颗粒及复合颗粒为代表的吸波材料有良好的发展前景^[1]。国内外研究的纳米雷达波吸收剂主要有纳米金属与合金吸收剂、纳米氧化物吸收剂、纳米陶瓷吸收剂、纳米导电聚合物、纳米金属与绝缘介质复合吸收剂等几种类型^[2]。

作者选取了纳米 Fe、纳米 Fe_3O_4 、纳米 SiO_2 和纳米 SiC 作为微波吸收剂, 考察其对改性环氧胶粘剂固化时间和固化后力学性能的影响。

1 实验部分

1.1 原材料

自行研制的改性环氧胶粘剂是由改性环氧 E-51 树脂、改性胺类固化剂、液体橡胶、偶联剂组成。纳米颗粒平均粒径 50 nm, 纯度大于 99.9%。

1.2 胶粘剂制备

将树脂、液体橡胶、偶联剂按一定比例进行熔融混合, 机械搅拌均匀。纳米材料加入乙醇溶液中进行球磨分散, 将所得的纳米颗粒悬浮液加入树脂中, 并置于 60 ℃ 的恒温水浴中磁力搅拌, 除去溶剂, 冷却至室温备用。

1.3 固化时间测试

将加入纳米粒子的改性环氧树脂与 A50 固化剂按一定比例混合, 搅拌均匀, 倒入聚四氟乙烯模具中如图 1 所示, 胶层厚度控制在 2 mm。采用自行研制的 150 W 微波设备进行固化, 待完全固化后, 记录下时间。

1.4 力学性能试验

将加入纳米粒子的改性环氧树脂与 A50 固化剂按一定比例混合, 搅拌均匀, 注入自制模具中(见图 2)。采用自行研制的 150 W 微波设备进行

收稿日期: 2008-06-08; 修订日期: 2008-09-11

基金项目: 武器装备预研基金资助(9140A27010207JB3501)

作者简介: 孙晓峰(1977-), 男, 辽宁丹东人, 装甲兵工程学院讲师, 博士研究生, 主要研究方向为装备维修, E-mail:

sxfl1999@sohu.com.

固化。

采用 Zwick/2003 万能电子试验机对固化后的试样进行拉伸强度和弹性模量测试,每组测试 4 个试样,试验结果取其平均值。试验条件:夹距 50 mm,卡距 93.5 mm,拉伸位移 5 mm/min。



图1 聚四氟乙烯模具

Fig.1 PTFE die

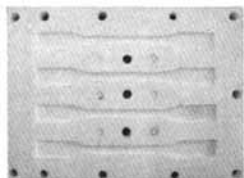


图2 拉伸试样模具

Fig.2 Tensile sample die

2 结果与讨论

2.1 纳米微波吸收剂对改性环氧胶粘剂固化时间的影响

图3为胶粘剂微波固化时间与纳米微波吸收剂添加种类和添加量之间的关系曲线。从图中可

以看出,添加纳米微波吸收剂后,大大缩短了胶粘剂的固化时间,且随着添加量的增加,时间缩短更加明显。当添加量大于 3% 时,加入纳米 Fe 和纳米 SiO_2 的胶粘剂,微波固化时间小于 5 min,远远低于未添加时的 23 min。试验表明,加入纳米微波吸收剂后,大大提高了胶粘剂的磁导率和磁损耗,从而增加了对微波的吸收,加剧了胶粘剂内部分子的运动促使磁化,使电磁能迅速转化为热能。

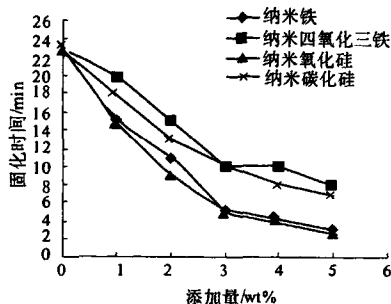


图3 纳米微波吸收剂对固化时间的影响

Fig.3 Effect of nanometer microwave - absorber on curing time

在对固化后的试样进行观察中发现,当添加剂的质量分数为 5% 时,由于反应比较剧烈,导致胶体普遍产生大量气泡,以纳米 SiO_2 为例,如图 4 (e) 所示。添加剂的质量分数小于 5% 时,除了有少量气泡外,胶粘剂成型较好。

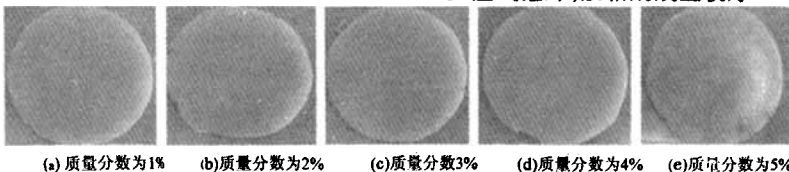


图4 添加纳米 SiO_2 胶粘剂微波固化后的照片

Fig.4 Adhesive photo of adding nano - SiO_2 after microwave curing

2.2 纳米微波吸收剂对改性环氧胶粘剂固化后力学性能的影响

图5给出了添加不同纳米微波吸收剂的改性环氧胶粘剂,微波固化后拉伸强度值。从图中可以看出,随着纳米微波吸收剂添加量的增加,微波固化后的胶粘剂拉伸强度明显提高,尤其是添加了 4% 纳米 Fe 和纳米 Fe_3O_4 后,拉伸强度值较佳,分别为 33.8 MPa 和 34.1 MPa,比未添加微波吸收剂的略有升高。但添加纳米 SiO_2 和纳米 SiC 后,拉伸强度值反而下降。

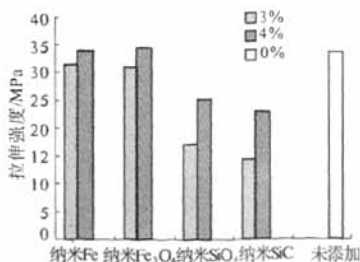


图5 纳米微波吸收剂对拉伸强度的影响

Fig.5 Effect of nanometer microwave - absorber on tensile strength value

添加纳米微波吸收剂的胶粘剂,微波固化后的弹性模量变化趋势与拉伸强度一致,且均低于未添加时的值,如图 6 所示。

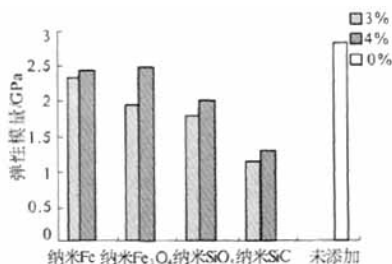


图 6 纳米微波吸收剂对弹性模量的影响

Fig. 6 Influence of nanometer microwave - absorber on elastic modulus value

添加了纳米微波吸收剂后,胶粘剂的拉伸强度和弹性模量没有明显的改善,尤其是添加纳米 SiO₂ 和纳米 SiC 后,其强度值反而下降。初步分析可能是因为:①纳米粒子在胶粘剂中分散不均匀,导致局部产生夹杂或缺陷;②反应过于剧烈,固化时间短,使得反应过程中产生的气体无法及时排出,形成气孔。若想提高胶粘剂微波固化后的力学

性能,就必须进一步优化纳米粒子分散和微波固化工艺。

3 结论

(1) 纳米微波吸收剂能明显缩短改性环氧胶粘剂的微波固化时间,其中以纳米 Fe 和纳米 SiO₂ 最为突出,添加量超过 3% 时,固化时间小于 5 min。

(2) 添加纳米微波吸收剂,胶粘剂微波固化后的拉伸力学性能没有得到明显的提高,纳米粒子分散和微波固化工艺是影响力学性能的关键因素。

(3) 综合考虑,纳米 Fe 作为微波吸收剂,可在保证力学性能的基础上,加速胶粘剂微波固化时间。

参考文献:

- [1] 康青. 新型微波吸收材料[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [2] 王丽熙, 张其土. 微波吸收剂的研究现状与发展趋势[J]. 材料导报, 2005, 19(9): 26-19.

Effect of Nanometer Microwave - absorber on Microwave Curing Properties of Modified Epoxy Adhesive

SUN Xiao - feng¹, MA Shi - ning¹, ZHU Nai - shu¹, QIAN Hai - feng¹, HU Chun - hua²

(1. National Key Laboratory for Remanufacturing, Academy of Armored Forces Engineering, Beijing 100072, China; 2. Department. of Machinery Engineering, Academy of Armored Force Technology, Changchun 130117, China)

Abstract: Four kinds of typical nanometer materials were selected as microwave - absorber, microwave curing time and mechanical properties of modified epoxy were researched. The results show that nanometer microwave - absorber can obviously decrease the microwave curing time of modified epoxy adhesive under the same curing condition. Microwave curing time is shortened greatly with increasing amount of addition. The curing time of nano - Fe and nano - SiO₂ is less than 5min when addition exceed 3%. Mechanical property tests show that tensile strength and elastic modulus of microwave curing adhesive change unobviously when adding nano - Fe and nano - Fe₃O₄, tensile strength value is 33.8MPa and 34.1 MPa respectively when addition is 4%. Tensile strength and elastic modulus value drop a little when nano - SiO₂ and nano - SiC are added.

Key words: nanometer microwave - absorber; microwave; curing time; mechanical property