

高温腻子快速固化研究

胡义文 宋文杰 张立 范亚巍 邓世杰
四川航天燎原科技有限公司 四川成都 610000

摘要: 本文根据高温腻子固化原理, 通过调整其固化的各项参数, 研究出满足性能要求的快速固化的最佳方法, 便于更好地应用于实际生产。

关键词: 高温腻子; 厚度; 固化时间; 固化温度

引言

高温腻子作为一种耐火材料, 在地面电缆的脱落插头中广泛使用, 本文中所使用的高温腻子由五个组分混合而成, 从开始涂覆到固化需要至少15天时间, 因此, 本文将针对高温腻子涂覆后快速固化方法开展研究, 探索出高温腻子快速固化的工艺方法, 缩短产品生产周期。

1. 试验原理

依据国标和高温腻子原材料要求, 高温腻子的主要技术要求。

高温腻子作为航天用耐烧蚀材料, 充分利用环氧有机硅树脂的特点, 具有良好的机械性能和耐烧蚀性能^[1]。高温腻子的主要成分有环氧有机硅树脂、南大一42、聚硫橡胶液、纤维、无机填料。其固化机理为南大一42(苯胺甲基三乙氧基硅烷)作为固化剂、环氧有机硅树脂的固化反应。由于南大一42偶联剂具有4个反应性基团, 使其既可同基料中的环氧基、羟基反应, 又可与无机填料、增强剂表面的羟基反应, 使涂层中基料分子之间、填料之间、基料与填料之间、基料与底材之间都偶联起来, 使整个涂层成为一个牢固的整体, 从而大大提高涂层的性能^[2]; 聚硫橡胶液作为增韧液、纤维作为增强剂对涂料有促进作用, 可以改善和提高涂层的力学性能和耐烧蚀性能。高温腻子涂料刮涂厚度影响环氧有机硅树脂的固化反应^[3], 其反应可在室温下, 也可适当提高温度, 在反应一定时间后, 达到完全固化的效果。根据上述原理, 改变温度、时间、刮涂厚度, 研究出满足要求的工艺参数。

2. 试验内容

2.1 试验条件、材料、设备及工具

试验材料:

- (1) 高温腻子
- (2) 2A12铝合金试板

(3) 无水乙醇、无纺布、脱脂棉球等

试验工具:

调刀、手板、砂纸、游标卡尺等

试验设备:

- (1) 分散砂磨机
- (2) 电热鼓风恒温干燥箱
- (3) 拉力试验机
- (4) 高低温试验箱

试验工装:

腻子刮涂厚度控制工装

2.2 高温腻子涂覆方法

(1) 底材处理: 底材需打磨处理(铝合金: 砂纸打磨), 将金属表面的漆层刮除干净, 以保证高温腻子附着牢固。采用无水乙醇清洗无杂质, 做到表面清洁。

(2) 环氧有机硅树脂、南大一42、聚硫橡胶液按一定比例混合后采用分散砂磨机搅拌均匀, 再加入一定量的纤维、无机填料混合后搅拌均匀。

(3) 涂覆: 涂覆采用刮涂法, 利用厚度控制工装控制厚度, 再用金属刮刀将腻子均匀地涂刮在试板上。

2.3 试验过程

2.3.1 样件制作

(1) 剪切强度样件制作

按GB/T 7124-2008制作剪切强度试验试板。

选用两块试板作为一组, 共制作36组, 将两块试板进行拼接后涂覆高温腻子, 分别制作刮涂厚度为0.5mm、1mm、2mm、3mm的剪切强度样件。每个厚度的制作9个样件, 其中1~9为0.5mm的样件, 10~18为1mm的样件, 19~27为2mm的样件, 28~36为3mm的样件。静置至可以挪动样件而不造成样件变形。

将各厚度的3个样件分别送入50℃、55℃、60℃的干燥箱。关闭干燥箱后开始计时, 干燥24h再取出样件。

(2) 抗压强度样件制作

按 GB/T 1448-2005 制作抗拉强度试验样件。

使用 0.5mm、1mm、2mm、3mm 厚度的抗压强度模具，在模具中间涂覆高温腻子，直至涂满模具并与模具上方边缘起齐平，多余部分刮掉。待腻子稍干后，小心取出模具，将样件放于指定位置。每个厚度的制作 9 个样件，其中 1 ~ 9 为 0.5mm 的样件，10 ~ 18 为 1mm 的样件，19 ~ 27 为 2mm 的样件，28 ~ 36 为 3mm 的样件。静置至可以挪动样件而不造成样件变形。

将各厚度的 3 个样件分别送入 50℃、55℃、60℃ 的干燥箱。关闭干燥箱后开始计时，干燥 24h 再取出样件。

(3) 耐温变性样件制作

使用铝板制作耐温变性试板，试板尺寸为 50mm × 50mm，厚度 2mm。

在耐温变性试板上涂覆高温腻子，涂覆前清洁试板。每个厚度的试板分别涂覆 9 块，每个厚度的制作 9 个样件，其中 1 ~ 9 为 0.5mm 的样件，10 ~ 18 为 1mm 的样件，19 ~ 27 为 2mm 的样件，28 ~ 36 为 3mm 的样件。静置至可以挪动样件而不造成样件变形。

将各厚度的 3 个样件分别送入 50℃、55℃、60℃ 的干燥箱。关闭干燥箱后开始计时，干燥 24h 再取出样件。

(4) 耐火性能样件制作

制作方式同耐温变性样件。

2.3.2 剪切强度试验

(1) 试验原理

按 GB/T 7124-2008 进行试验，在平行于粘接面且在试样主轴方向上施加一拉伸力，测出的刚性材料单搭接粘接处的剪切强度。判定准则：剪切强度 $\geq 30 \text{ kg/cm}^2$ 。

(3) 试验结果

从试验结果可以看出，温度的变化对高温腻子的剪切强度影响不明显；厚度的变化对高温腻子的剪切强度影响较大，大体来看，随着厚度的增加，高温腻子剪切强度下降明显，仅 0.5mm 厚的剪切强度大于 30 kg/cm^2 。

2.3.3 抗压强度试验

(1) 试验原理

按 GB/T 1448-2005 进行试验，以恒定速率沿样件轴向进行压缩，使样件破坏或高度减小预定值。在整个过程中，测量施加在样件上的载荷和样件高度或应变，测量抗压强度。判定准则：抗压强度 $\geq 2 \times 100 \text{ kg/cm}^2$ 。

(2) 试验结果

从试验结果可以看出，温度的变化对高温腻子的抗压强度影响不明显；厚度的变化对高温腻子的剪切强度影响较大。大体来看，随着厚度的增加，高温腻子剪

切强度下降明显，仅 0.5mm 厚的抗压强度大于 200 kg/cm^2 。

2.3.4 耐温变性试验

(1) 试验原理

检测涂层经受高温和低温急速变化情况下，抵抗被破坏的能力。将样件在低温 -50℃ 保持 4h；高温 50℃ 保持 4h；冷热总转换时间 $\leq 1 \text{ min}$ 。判定准则：判定样件外观无开裂、脱落现象。

(2) 试验结果

耐温变性试验总共进行 10 个循环。所有样件均为发现有开裂、脱落。

2.3.5 耐火性能

(1) 试验原理

采用氧乙炔火焰喷嘴，温度 2500 ~ 2800℃ 喷嘴 $\phi 2$ 、距离 10mm、时间 5s，对样件进行烧蚀，通过消融速率来衡量其耐火性能。判定准则：消融速率 $< 0.2 \text{ mm/s}$ 。

(2) 试验结果

所有样件消融速率均 $< 0.2 \text{ mm/s}$ 。

2.3.6 最佳参数

根据上述试验，仅涂覆 0.5mm 厚的高温腻子满足各项性能指标，因此再对涂覆 0.5mm 厚的高温腻子进行 50℃、55℃、60℃ 的 20h、28h 干燥试验，以得出高温腻子烘干的最佳工艺参数。

按照本文试验方法制作 0.5mm 厚的 50℃、55℃、60℃ 的 20h、28h 剪切强度、抗压强度、耐温变性、耐火性能样件并进行试验。

从试验结果并考虑到性能更好、时间更快的前提下，尽量减少烘干时间，最佳参数选择是涂覆 0.5mm 厚度在 60℃、24h 条件下干燥。

结束语

高温腻子快速固化最佳参数选择是涂覆 0.5mm 厚度在 60℃、24h 条件下干燥。以高温腻子涂覆 2mm 厚度为准，可将高温腻子固化时间从 15 天缩短至 9 天。高温腻子在电缆防火方面发挥着举足轻重的作用，为了提高高温腻子固化质量，后续还将继续探究。

参考文献

- [1] 马宏, 马永强, 杨保平, 何敏婷, 孟军锋. 耐烧蚀隔热涂层的研制 [J]. 宇航材料工艺, 2008 (06): 68-72.
- [2] 董巍. 耐高温杂化甲基硅树脂多孔材料的研究 [D]. 哈尔滨工业大学, 2015.
- [3] 曲明哲. 有机硅耐烧蚀材料的研究进展 [J]. 化学工程与装备, 2012 (11): 151-153.