

某隔热涂层材料低温下应用性能研究

朱 杉 陈 斌 戴剑雄 刘 凯  
(空军驻山东地区军事代表室, 济南 250023)

**摘要** 研究了某隔热涂层材料在不同固化时间下的低温性能, 分析了该材料低温下断裂的原因, 制订了解决措施。通过改进工艺可以有效提高材料涂覆质量和性能参数, 降低断裂几率; 通过低温筛选, 可以减少材料内部应力不均现象, 有效剔除不合格品。

**关键词** 隔热涂层 固化 低温 断裂

某多组分消融型隔热材料主要由胶粘剂 A(主体成分为有机硅改性酚醛树脂)和两种粉体隔热填料 B、C 组成, 3 种组分按一定比例配制后, 涂覆在基体材料表面并进行固化, 在高温条件下可以起到对基体材料隔热防护的作用, 其具有热失重率小、韧性高等特点<sup>[1]</sup>。该材料在配制过程中粘度较大, 需加入溶剂才能施工, 在固化过程中易因内部溶剂挥发产生微气孔, 涂覆过程中也可能裹入少量的空气而形成气泡。由于没有纤维增强, 且材质本身很难做到均匀, 因此材料对外加应力比较敏感, 在受到应力作用时, 极易在缺陷或薄弱部位产生应力集中而导致材料破坏。根据使用要求, 该隔热涂层材料需涂覆于低膨胀合金板外表面, 室温固化 2 h 后, 在 80℃条件下固化 5~9 h, 最终经过 -55℃条件下 24 h 低温贮存考核。在实际制品生产过程中, 个别制品贮存结束后出现了隔热材料局部断裂现象。

笔者测试了低温条件及不同固化时间对隔热材料拉伸强度、拉伸弹性模量、断裂伸长率、线膨胀系数的影响, 对隔热材料出现断裂的原因进行了分析, 制订出解决措施并进行验证, 有效解决了问题。

1 实验部分

1.1 原材料

隔热材料(A、B、C 组分): 济南航空特种结构研究所;

丙酮: 分析纯, 烟台市双双化工有限公司;  
脱模剂: 55-NC, 美国 Henkel 公司。

1.2 主要仪器、设备

高温膨胀仪: DIL-402EP 型, 德国耐驰公司;  
材料拉力机: INSTRON5882 型, 美国 Instron 公司。

1.3 试样制备

制作简易铝合金成型模, 型腔尺寸 5 mm×5 mm×50 mm; 用纱布蘸少许丙酮将型腔和盖板表面

擦拭干净, 并用洁净纱布立即擦干表面, 保证表面清洁、无油污; 用洁净白绸布蘸脱模剂, 均匀涂抹于型腔和盖板表面, 常温晾置 2~5 min; 配制隔热材料 230 g; 将隔热材料 A、B、C 3 个组分分别按 100、40、60 g 称量好, 将 B 组分放入烧杯中加入 30 g 丙酮后进行搅拌, 然后分别加入 A、C 组分进行搅拌, 直至搅拌均匀; 将隔热材料均匀涂覆于模具型腔内, 在室温条件下固化 2 h 后, 在 80℃条件下固化 5 h, 脱模、除毛刺; 用同法制作 80℃条件下固化 5、7、9 h 的 5 mm×5 mm×50 mm 试样各 7 根(用于线膨胀系数测试), 另制作 80℃条件下固化 5、7、9 h 的 5 mm×30 mm×180 mm 试样各 7 根(用于拉伸强度等测试)。

1.4 性能测试

线膨胀系数按 GB/T 2572-1981 测试;  
拉伸强度、拉伸弹性模量和断裂伸长率按 GB/T 1447-2005 测试。

2 结果与讨论

2.1 测试结果分析

隔热涂层材料的具体测试结果见表 1 和表 2。

| 表 1 隔热涂层材料平均线膨胀系数 |                                         |        |
|-------------------|-----------------------------------------|--------|
| 后处理时间<br>(80℃下)/h | 线膨胀系数 / $\times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ |        |
|                   | -55~24℃                                 | 24~80℃ |
| 5                 | 41.3                                    | 12.1   |
| 7                 | 49.6                                    | 18.5   |
| 9                 | 39.6                                    | 16.2   |

| 表 2 隔热涂层材料低温力学性能 |               |                 |              |
|------------------|---------------|-----------------|--------------|
| 固化时间<br>(80℃下)/h | 拉伸强度 /<br>MPa | 拉伸弹性模量 /<br>GPa | 断裂伸长率 /<br>% |
| 5                | 30.4          | 5.20            | 0.61         |
| 7                | 32.8          | 5.07            | 0.65         |
| 9                | 31.9          | 4.92            | 0.64         |

由表 1、表 2 可知, 隔热涂层材料固化时间的长

收稿日期: 2010-02-09

短,对隔热涂层材料的拉伸强度、拉伸弹性模量、断裂伸长率影响不大,但对线膨胀系数有较大影响。

材料的低温贮存试验环境为-55℃,设24℃隔热涂层材料最终固化状态为初始零应力状态,则由室温24℃降温至-55℃,产品在-55℃低温贮存时,隔热涂层材料因温度降低自然收缩受限引起的应变 $\varepsilon$ 如式(1)所示<sup>[2]</sup>。

$$\varepsilon = \alpha \times \Delta T \tag{1}$$

式中:  $\alpha$ ——隔热涂层材料的线膨胀系数,  $K^{-1}$ ;  
 $\Delta T$ ——温度变化范围,  $^{\circ}C$ 。

将 $\Delta T = 79^{\circ}C$ 和表1中线膨胀系数 $\alpha$ 值代入式(1)中,得到隔热涂层材料产生的应变,见表3。

表 3 24℃降温至-55℃隔热涂层材料的应变

| 后处理时间(80℃下)/h | 应变/ $\times 10^{-3}$ |
|---------------|----------------------|
| 5             | 3.263                |
| 7             | 3.918                |
| 9             | 3.128                |

按80℃为初始零应力状态,则由80℃降温至-55℃, $\Delta T = 135^{\circ}C$ ,将 $\Delta T = 135^{\circ}C$ 和表1中线膨胀系数 $\alpha$ 值代入式(1)中,可得隔热涂层材料产生的应变,见表4。

表 4 80℃降温至-55℃隔热涂层材料的应变

| 后处理时间(80℃下)/h | 应变/ $\times 10^{-3}$ |
|---------------|----------------------|
| 5             | 3.940                |
| 7             | 4.954                |
| 9             | 4.036                |

根据之前的试验数据,-55℃时3种固化时间隔热涂层材料的拉伸断裂应变最低约 $3.410 \times 10^{-3}$ ,最高约 $8.000 \times 10^{-3}$ ,平均约 $6.640 \times 10^{-3}$ ,分布情况见图1。隔热涂层所保护的基体材料低膨胀合金板在常温至-55℃的平均线膨胀系数在 $1 \times 10^{-6} K^{-1}$ 左右,定性分析时可以忽略其因温度变化引起的尺寸变化。由表3、表4可知,3种固化时间隔热涂层材料因温度降低自然收缩受限引起的应

变为 $3.128 \times 10^{-3} \sim 4.954 \times 10^{-3}$ ,和图1所示的材料拉伸断裂应变测试结果范围有所重叠。因此,隔热涂层材料涂覆于低膨胀合金板经80℃固化后,在-55℃贮存时达到收缩断裂的临界状态,当材料的拉伸断裂应变指标低于实际使用中因自然收缩受限引起的应变值,则会形成材料拉伸断裂。

2.2 问题原因分析

隔热涂层保护的基体材料膨胀系数较低,而自身的线膨胀系数较大且断裂应变较低,在-55℃环境条件下,接近达到收缩断裂的临界状态,同时其性能分散性较大,是低温条件下偶然发生断裂的主要原因。

3 解决措施

3.1 完善工艺

(1) 改进隔热材料的涂覆质量

由于隔热材料涂覆时容易夹带空气形成气泡,导致强度不均,可以通过减少每次隔热材料的涂覆用量,减薄涂覆厚度,增加涂覆次数,在消除气泡的同时,利于溶剂的挥发,减少气孔率,提高材料强度。

(2) 选取合适的后处理时间

根据5、7 h和9 h后处理试样的性能测试结果,隔热材料低温力学性能相近,但在80℃条件下固化7 h后材料的线膨胀系数明显大于固化5 h和固化9 h的材料,由于固化5 h和固化9 h的材料线膨胀系数及断裂应变测试结果相近,考虑到成本和生产效率,将后处理时间确定为5 h。

3.2 低温筛选

低温冷冻过程本身不会引起隔热涂层材料的化学变化,不会降低材料的低温贮存寿命和其它性能指标,可以减小隔热涂层内部的初始应力不均匀和部分应力集中现象,降低再次低温冷冻而断裂的可能性。同时由于材料本身性能和施工过程中的离散性,完善工艺无法完全避免不合格品。因此,可以通过进行-55℃环境下贮存2 h的低温筛选试验,将个别不合格品筛选出来,进行重新涂覆。

4 试验验证

按改进后的涂覆工艺制作产品,随后进行-55℃环境下的低温筛选试验,经过对30余件产品的试验验证,产品均未出现隔热材料断裂现象,证明采取的措施有效。

5 结语

在-55℃环境条件下,隔热材料达到收缩断裂的临界状态是出现局部断裂的主要原因,通过采取

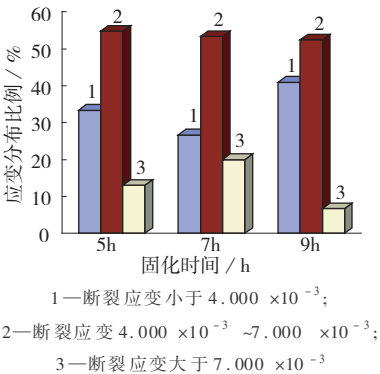


图 1 隔热涂层材料拉伸断裂应变分布情况图

工艺措施改善隔热材料的涂覆质量和性能参数, 减少内部制造缺陷, 可以大大降低隔热涂层低温条件下断裂的发生; 通过冷冻筛选, 可以减少材料内部应力不均现象, 并有效剔除个别不合格品。

## 参考文献

- [1] 白侠, 李辅安, 李崇俊, 等. 耐烧蚀复合材料用改性酚醛树脂研究进展[J]. 玻璃钢/复合材料, 2006, 191(6): 50-55.
- [2] 程军. 通用塑料手册[M]. 北京: 国防工业出版社, 2007.

## STUDY ON APPLICATION PERFORMANCE OF THE HEAT INSULATION COAT MATERIAL AT LOW TEMPERATURE

Zhu Shan, Chen Bin, Dai Jianxiong, Liu Kai

(Military Representative Office of PLA Air Force in Shandong Region, Jinan 250023, China)

**ABSTRACT** The low temperature performance of the heat insulation coat material at different solidified time was studied, and the reason that the material ruptured at low temperature was analysed, then the solution was put forward. By improving technics, coating quality and performance parameter was advanced effectively and rupture rate was reduced. By low temperature selection, stress asymmetry phenomena inside was decreased and rejects could be eliminated effectively.

**KEYWORDS** heat insulation coat, solidify, low temperature, rupture

### 埃克森美孚化工丙烯酸弹性体提高 软包装薄膜的附加值

埃克森美孚化工生产的 Vistamaxx 丙烯酸弹性体可提高软包装薄膜应用领域整个价值链的附加值。新牌号具有低晶点, 可提供优异的外观和加工可靠性。

Vistamaxx 具有更高的热封性能和粘附特性、内在的弹性和良好的韧性, 并能与众多聚烯烃相容, 这些将为各种软包装薄膜应用的创新和产品开发带来灵感。应用领域包括流延聚丙烯薄膜、拉伸套管薄膜、聚丙烯拉丝编织、聚烯烃编织布和非织造布的挤出涂覆和复合、表面保护膜、流延拉伸缠绕膜和弹性卫生用品薄膜。Vistamaxx 的良好光学性能和耐化学性还可应用于高透明薄膜领域。

这些优点的结合使薄膜生产商和最终用户设计的薄膜性能能够达到一个新水平, 降低配方和加工成本, 并通过节省能耗和原料消耗以及 Vistamaxx 是可回收的聚烯烃材料实现可持续发展的目标。

针对高性能薄膜应用领域, 埃克森美孚化工新近推出了 4 个 Vistamaxx FL 系列牌号 Vistamaxx 6202FL、Vistamaxx 6102FL、Vistamaxx 3980FL 和 Vistamaxx 3020FL。这些牌号具有低晶点, 更易于加工和提升性能, 为薄膜配方设计者、薄膜加工商和最终用户设计新一代薄膜带来更多的灵感, 包括杰出的热封操作和包装完整性、高拉伸比下更优的薄膜抗撕裂性能以及更好的防刮擦和划痕的表面保护。

Vistamaxx FL 低晶点系列牌号可带来优异的印刷和光学品质, 与所有 Vistamaxx 牌号一样, 符合美国食品药品监督管理局(FDA)和欧盟关于与食品接触用途的指令。(中聚)

### 首款可完全回收的汽车用 PET 树脂将面世

近日, 聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)生产商西班牙 LSB 公司与两家西班牙汽车塑料零部件供应商共同开发汽车行业内第一款可完全回收的 PET 树脂。

LSB 公司称, 新型 PET 树脂于 2008 年开始研发, 在研究

与技术创新中心 Leitat 进行, 该树脂确保 100% 可以回收。如果该 PET 树脂取代尼龙(PA)和其它工程塑料并得到应用, 可节约超过 50% 的成本。

作为欧洲领先的 PET 包装瓶生产商 APPE 的母公司, 该研发小组还列出了详细的添加剂调查报告, 保证应用于汽车领域的树脂具有其必备的特性。他们已经为这款新型汽车用树脂申请了国际专利, 并将在巴塞罗那的工厂投入生产。

LSB 公司表示, 他们的 PETAUTO 创新计划符合欧盟标准, 欧盟标准规定 85% 的汽车部件必须由可回收材料制造, 这项要求在 2015 年将会提高到 95%。(工塑)

### 路博润推出永久性静电消散型聚合物母粒

路博润集团特种聚合物材料业务部将在上海举行的国际橡塑展推出 State-Rite 系列永久性静电消散型聚合物母粒。

此母粒可用于耐冲击聚苯乙烯、(丙烯腈/丁二烯/苯乙烯)共聚物、亚克力、聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯树脂。

该聚合物母粒专门为适于注塑, 片材挤出及浇注或吹塑制膜等加工工艺而设计的。其色泽呈天然有利于为受静电干扰的零件或材料提供高效的永久静电消散方案, 有助于制造商更容易地为其材料赋予永久性静电消散的特性, 并节约了购买可与现有基本树脂混合使用的 ESD 应用材料。

(慧聪)

### 中昊晨光悬浮树脂 CGM031 持续改进项目初战告捷

中昊晨光化工研究院针对主导产品悬浮树脂 CGM031 的持续改进项目初战告捷。改进后的 CGM031 产品一级品率达到 95% 以上。

以往悬浮树脂 CGM031 由于拉伸强度偏低, 难以满足市场需求。2009 年 6 月, 中昊晨光院启动了以提升悬浮树脂 CGM031 产品一级品率为目标的持续改进项目, 导入精益六西格玛管理模式, 最终有效提高了产品的拉伸强度, 使一级品率稳定在 95% 以上, 达到预期目的。(工塑)