

# 复合材料舱体软木粘贴

王泽华 梁剑峰

( 航天材料及工艺研究所 北京 100076 )

**文 摘** 分析了引起复合材料舱体软木粘贴质量问题的原因。按 GD414 和 717 胶的技术条件要求,对 HYJ—51、J—48 胶与 GD414、717 胶进行对比,选用 HYJ—51 胶并进行工艺适用性改进,如延长胶粘剂适用期等。探索了口框局部缺陷修补方法、基材表面处理、加压方式。通过软木粘贴工艺的改进,提高了口盖与口框的装配质量、软木粘贴质量、软木外表面涂层附着质量。

**关键词** 软木,粘贴,胶粘剂,适用期,涂层

## Adhesive Bond of Cork Sheets to Composite Cabin

Wang Zehua Liang Jianfeng

( Aerospace Research Institute of Materials and Processing Technology Beijing 100076 )

**Abstract** Reasons for quality problems of adhesive bond between cork sheets and composite cabin are analyzed. According to requirement of adhesive GD414 and 717, mechanical properties of HYJ-51 and J-48 adhesives are studied to replace the GD414 and 717 adhesives. The HYJ-51 is determined and improved on its processing adaptability such as extension of pot life of the adhesive. Substrate surface treatment, exerting pressure method and repair technique to deal with local defects around frames are investigated too. Better assembly qualities of covers with frames, better bond qualities of cork sheets and outside coatings are obtained through above improvements on adhesives and its processings.

**Key words** Cork, Bond, Adhesive, Pot Life, Coating

### 1 问题的提出

我们共制做了 1# ~ 4# 复合材料舱体,1# 舱体在交付使用后发现以下问题:(1)窗口与口盖周边配合间隙过大,且明显不均匀;(2)外表面漆层局部脱落;(3)软木局部剥离脱粘。

经分析,产生上述现象的主要原因:(1)窗口与周边配合间隙过大是由于复合材料舱体本身存在口框不规整(如图 1 所示),边缘软木悬空不易修边造成的,软木若越过过渡处,则易产生脱粘缺陷;软木不越过过渡处,又与口盖配合间隙过大、不均,影响产品外观质量;(2)漆层脱落主要是由于漆层与粘贴软木用的勾缝胶 GD414 不相容造成的,因此,漆层脱落主要发生在勾缝处及勾缝胶沾染处;(3)复合材

料舱体粘贴软木所用的 GD414 胶和金属舱体粘贴软木所用的 717 胶,粘接强度都很低,见表 1,在受力条件下易出现软木边角剥离脱粘。

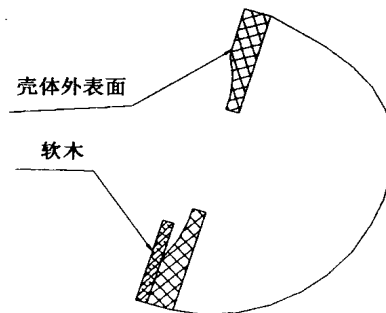


图 1 口框示意图

Fig. 1 Schematic drawing of a frame

收稿日期:2000-05-18;修回日期:2001-06-25

王泽华,1962 年出生,高级工程师,主要从事导弹及运载火箭胶接装配技术的研究工作  
宇航材料工艺 2001 年 第 5 期

另外,这两种胶粘剂均属潮气固化型胶粘剂<sup>[1]</sup>,根据整流罩软木粘贴的经验,大面积粘接随环境变化会陆续产生鼓包、脱粘缺陷,对长期贮存非常不利。

表 1 GD414 胶与 717 胶的 Al—Al 拉剪强度

胶类	- 40	室温	90	110	130	250
GD414		1.28				0.66
717	11.7	1.56	0.62	0.92	0.31	-

鉴于上述原因,以复合材料舱体为重点对软木粘贴工艺进行了试验,提高了软木粘贴的粘接强度和外观质量及其与漆层的相容性,便于贮存和使用。

## 2 试验

为提高软木的粘接强度、外观质量及其与漆层的相容性,进行以下试验。

### (1) 胶粘剂选择试验

对 HYJ—51、J—48 两种可能用于软木粘贴的胶粘剂与 GD414 胶和 717 胶进行对比试验,依据下列原则确定能否替代 GD414 胶和 717 胶。

- 是比较成熟的胶粘剂。
- 使用温度与 GD414 胶相当,约 240 左右。
- 室温粘接强度明显高于 GD414 和 717 胶。
- 与漆层具有良好的相容性。
- 可室温固化。

### (2) 胶粘剂工艺适用性改进

在保证胶粘剂性能的基础上,调配大面积粘接胶、舱体表面修补胶及勾缝胶,以适应粘贴工艺的需要。

### (3) 粘贴工艺改进

- 提高口框与口盖配合质量。
- 提高软木粘贴质量。

### (4) 考核试验

## 3 试验结果

### 3.1 胶粘剂的选择

根据上述条件,初步选用 HYJ—51 胶和复合材料舱体已采用的 J—48 胶进行对比试验,该两种胶粘剂参考性能数据见表 2、表 3。

表 2 HYJ—51 胶性能

Tab. 2 Properties of HYJ-51 adhesive

温度/	拉剪强度/MPa	拉离强度/MPa
- 40	13.4	
	12.9~13.8	
室温	14.8	47.9
	14.3~15.1	30.6~63.1
150	9.8	20.5
	9.4~11.1	19.5~21.1
200	4.9	
	4.7~5.1	
250	2.8	
	2.6~3.0	

表 3 J—48 胶性能

Tab. 3 Properties of J-48 adhesive

温度/	拉剪强度/MPa
室温	> 18.0
175	6.0
200	4.0

对该两种胶粘剂有关性能进行了实测,实测结果见表 4~表 7。

表 4 Al—Al 拉剪强度

Tab. 4 Test results of Al-Al shear strength

胶类	室温	150	200	250
HYJ—51	13.5	11.2	6.66	3.14
	11.7~14.8	9.32~13.5	6.47~6.80	2.63~3.72
J—48	8.45			
	7.68~9.51			

表 5 Al—软木—Al 拉剪强度

Tab. 5 Test results of Al-Cork-Al shear strength MPa

胶类	室温	250
HYJ—51	0.909	0.180
	0.625~1.10	0.133~0.265
J—48	1.22	0.198
	1.11~1.33	0.13~0.26

表 6 胶粘剂本体性能

Tab. 6 Cast resin properties of HYJ-51 and J-48 adhesives

胶类	拉伸强度/MPa	断裂伸长率/%
HYJ—51	37.6	0.545
	33.2~41.7	
J—48	5.51	0.163
	4.85~11.7	

表7 平均膨胀系数

Tab.7 Thermal expansion coefficient of the two adhesives

胶类	$10^{-6} \text{K}^{-1}$				
	室温~100	100~150	150~200	200~250	
HY-51	46.7	64.7	75.5	78.5	
J-48	88.0	90.5	101.2	121.9	

由表4可以看出, HY-51胶的 Al-Al 室温拉剪强度大于 J-48 胶, 均明显高于 717 胶、GD414 胶。由表5可以看出, J-48 胶与 HY-51 胶 Al-软木-Al 室温和 250 拉剪强度基本相当, 高于 GD414 胶和 717 胶, 且试样破坏在软木层, 表明软木粘接强度能够满足使用要求。由表6可以看出, HY-51 胶拉伸强度、断裂伸长率均大于 J-48 胶, 这与 HY-51 胶内填料组分有直接关系。由表7可以看出, 室温~250 平均膨胀系数 HY-51 胶小于 J-48 胶。

总之, 从强度上看, HY-51 胶、J-48 胶均高于 717 胶、GD414 胶, HY-51 胶和 J-48 胶也能耐温 250, 但 HY-51 胶、J-48 胶与 717 胶、GD414 胶属于不同类别的胶, 尽管 HY-51 胶加有增塑剂增韧, 但与 717 胶、GD414 胶对比韧性偏低。

表8 胶粘剂配方

Tab.8 Test recipes

%(质量分数)

配方	树脂	硅微粉	白炭黑	软木粉	中温固化剂	常温固化剂	用途
G <sub>1</sub>	150	280	-	-	6~7	4~3	修补
G <sub>2</sub>	150	40	-	-	7.2, 5.0, 2.4	4.8, 3.2, 1.6	大面积粘接
G <sub>3</sub>	150	-	16	18	6~7	4~3	勾缝
HY-51	150	150	-	-	6~7	4~3	基体胶液

对表8配方进行拉剪强度测试, 测试结果表明, 其强度数值偏低, 重复性差, 数据离散性较大。分析认为是胶液配制工艺不合理所致。按原配胶工艺, 中温固化剂采用加温熔融方式难以与胶料混匀, 为此进行胶液配制工艺调整实验。

### 3.2.2 配制工艺改进

中温固化剂为极性分子<sup>[2]</sup>, 选用极性溶剂溶解中温固化剂。

按表9的配比配制过量的乙组份, 再按比例将一定量的乙组份倒入甲组份中, 搅匀后分次加入填

宇航材料工艺 2001年 第5期

按 HY-51 胶 J-48 胶配方配成的胶液, 观察胶液的流动性、刮胶难易程度、增加填料的可行性和使用期, 从观察的结果来看, HY-51 胶明显好于 J-48 胶。

从上述实验结果的分析比较, 选用 HY-51 胶为基础进行改性较好。

## 3.2 胶粘剂工艺适用性改进

### 3.2.1 调整固化剂用量

HY-51 胶用于软木粘贴需进行适用性改进。复合材料舱体软木粘贴, 按胶的用途有修补胶、勾缝胶、大面积粘贴胶三种, 各种用途对胶液的粘度及使用期也有不同要求。其中修补胶和勾缝胶应粘稠, 适用期短, 以免涂胶后流动, 影响修补、勾缝质量; 大面积粘贴胶要适应施工周期及后续抽真空的需要, 所用胶液应有一定的流动性, 要求适用期长。

按表8配方配制胶液, 并少量刮涂观察胶液状态、适用期等。修补用胶粘稠, 但有一定流动性, 适用期短; 大面积粘贴胶三种配方胶液初始流动性良好, 便于刮涂, 但第一种适用期短, 第三种适用期过长, 第二种基本满足大面积使用要求; 勾缝用配方胶粘稠, 适用期短, 均可满足工艺使用要求。

料, 搅匀后观察其适用期, 同时制作拉剪试样。试验结果表明, 改进配胶工艺后适用期均明显拉长, 有利于后续工序的施工, 强度测试结果见表10。

由表10可知, 加入极性溶剂后, 五种配方的胶粘剂的室温及 250 拉剪强度均很高, 满足性能指标。G<sub>2</sub> 配方中, 室温固化剂用量对高温拉剪强度及适用期影响相当明显。胶粘剂的配制工艺改进是有效的。根据施工环境变化, G<sub>1</sub> 和 G<sub>3</sub> 配方中室温固化剂用量在 4%~6% 变化为宜, G<sub>2</sub> 配方中室温固化剂用量在 2%~6% 变化为宜。

表 9 调整后胶粘剂配方

Tab.9 Modified recipes

配方	甲组份(树脂) / % (质量分数)	乙组份/ % (质量分数)			填料/ % (质量分数)		适用期(参考) / h	硬化时间(参考) / h
		中温固 化剂	极性 溶剂	常温固 化剂	硅微粉	软木粉		
G <sub>1</sub>	150	9	13.5	6	340	-	3	12
G <sub>2</sub>	150	9	13.5	2.4, 6	140	-	12, 8, 3	48, 24, 17
G <sub>3</sub>	150	9	13.5	6	-	18	3	20

表 10 胶粘剂的拉剪强度(AI—AI)

Tab.10 AI-AI shear strength of adhesives  
at RT and 250

配方	室温固化剂用量 / % (质量分数)	拉剪强度/ MPa	
		室温	250
G <sub>1</sub>	6	10.7	2.13
	2	13.6	1.04
G <sub>2</sub>	4	14.0	1.41
	6	11.8	2.17
G <sub>3</sub>	6	11.6	1.42

### 3.3 粘贴工艺的改进

#### 3.3.1 口框修补

常规修补工艺流程如下:口框周边打磨 清理 表面涂 KH550 安装工艺口盖 配胶 抹胶 静置固化 打磨 检查。

按上述流程操作,出现的问题如下:(1)工艺口盖拆卸难;(2)口框周边崩落;(3)舱体口盖安装困难;(4)口框仍需修整;(5)口框与口盖配合间隙仍不完全均匀。

问题的出现是由于工艺口盖的外形尺寸是一定的,而舱体口盖外形尺寸不完全一致,造成按工艺口盖外形进行口框修补后,口框与口盖的配合不理想。为提高口框与口盖的配合质量,采取以下新工艺:口框周边打磨 清理 表面涂 KH550 贴蜡片 切蜡片周边 配胶 抹胶 静止固化 打磨 检查。按图 2 示裁蜡片宽约 30 mm 左右,粘贴在口框周边并压实,用同规格工艺螺钉安装舱体口盖并锁紧,如图 3 所示用刀沿口盖周边切蜡片后,卸下口盖,修平蜡片切口,基本与舱体外表面齐平,避免后续用胶涂到口盖上,并按表 9 中 G<sub>1</sub> 配方配胶,按图 4 示涂胶抹实。待胶固化后,打磨修补表面,使之与舱体外表面圆滑过渡,避免后续粘贴局部脱粘。检查结果:修补位置无掉块;轻敲击也无崩块;但口盖与口框配合过紧,安装难以到位。拟按图 5 示采取措施,在口盖周边向外均匀留出 1 mm 左右间隙,便于口盖与口框

安装配合均匀、到位。

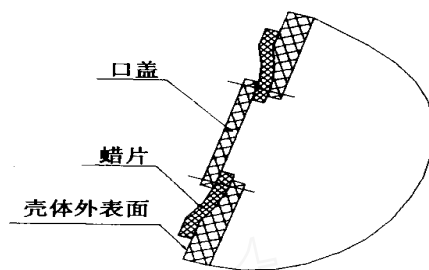


图 2 蜡片、口盖安装示意图

Fig.2 Schematic drawing of installation of wax sheet and cover

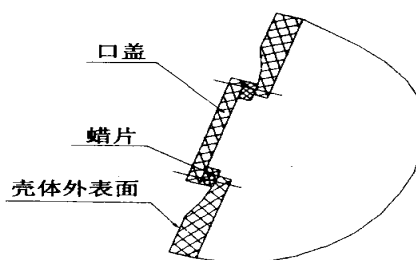


图 3 蜡片、口盖改进后示意图

Fig.3 Schematic drawing of installation after modification

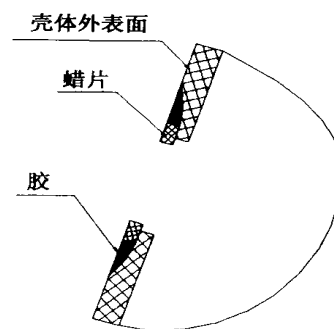


图 4 口框修补后示意图

Fig.4 Schematic drawing of frame after repair

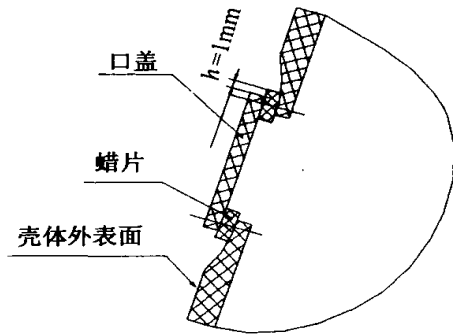


图5 蜡片切削后示意图

Fig. 5 Hand layout of wax sheet cutted

### 3.3.2 基材处理<sup>[3]</sup>

为提高粘贴质量,在修补口框及大面积粘贴前,对基材采取以下工艺进行处理:(1)用细砂布粗化粘贴面,一方面增大粘贴表面积,另一方面去掉表面的胶粘剂及粘染物;(2)涂 KH550 表面处理剂,浸润粘贴表面,提高粘接强度。采用这种处理方法在胶粘剂性能测试结果中效果明显。

### 3.3.3 抽真空加压固化

软木粘贴抽真空加压固化,无疑能提高软木粘贴质量。抽真空加压固化应具备以下两个条件:(1)胶粘剂有适当的适用期;(2)舱体的密封性能好。

对胶粘剂前面已做了研制,对舱体的密封视产品的结构而定,复合材料舱体内有多个支架和横梁,因此仅能从外表面进行单面密封。首先对舱体上所有开口进行密封,使舱体外表面成为完整密封面,通过胶带与尼龙薄膜构成真空袋。抽真空后,尼龙薄膜贴合在舱体外表面,这样对已粘贴的软木全方位均匀加压。

对 2<sup>#</sup> 舱体进行抽真空加压固化和手工加压固化两种加压方式比较软木粘贴质量,结果见表 11。

表 11 两种加压方式粘贴质量对比

Tab. 11 Bond quality comparison of two kinds of pressurization

检查方法	手工加压	抽真空加压固化
外观检查	口框周边多处脱粘	口框周边无脱粘
	软木边角多处脱粘	软木边角无脱粘
	明显凹陷处脱粘	明显凹陷处脱粘
破坏性检查	口框周边软木破坏 容易且完整	口框周边软木层破坏 较难且软木破碎
	明显凹陷处软木破坏 容易且完整	明显凹陷处软木破坏 较难且软木破碎
	部分软木层破坏	全部软木层破坏

### 3.3.4 表面局部凹陷修补

舱体表面存在的局部凹陷导致软木的局部脱粘,这在 1<sup>#</sup> 舱体上已多次出现。施工过程中,尽管涂胶使之与舱体周边圆滑过渡,但在加压后胶液流动,凹陷处缺胶脱粘。在 2<sup>#</sup> 舱体上采用抽真空加压方式,凹陷处也存在缺胶脱粘。因此,先对舱体表面局部凹陷处涂胶补平 固化 打磨表面(图 6),再进行软木粘贴,之后进行的 3<sup>#</sup> 舱体粘贴试验。外观检查未发现脱粘缺陷。

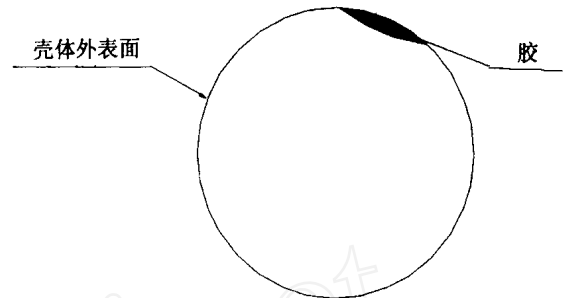


图 6 局部缺陷及修补示意图

Fig. 6 Schematic drawing of surface defect and repair

### 3.4 考核试验

对 3<sup>#</sup> 舱体按下列程序进行试验:基材处理 口框修补 配胶软木粘贴 手工加压和抽真空加压 勾缝 第一次质量检查 软木表面局部大面积涂胶 表面局部喷四防漆 第二次质量检查 加温 80、2 h 固化 不降温出炉急冷试验 第三次质量检查。

第二次外观检查发现,软木表面(局部涂胶)喷涂的四防漆,均无脱落缺陷;软木铲除破坏,破坏处仅限于受力点和软木层,四防漆不开裂;软木对接缝处及周边四防漆结果与上述情况一致。这说明四防漆与胶粘剂相容性良好。

采取温差达 80 加温骤冷方式进行考核,第三次外观检查发现,表面涂胶与不涂胶处均无裂纹;涂胶处表面四防漆无脱落、裂纹;口盖周边无崩块、裂纹、脱落;软木边角脱粘无扩展现象;软木边角无后续脱粘。

结果表明:80 温差骤冷不影响软木粘贴质量及四防漆的质量,证明胶粘剂热膨胀性能及韧性能够满足复合材料舱体软木粘贴的需要。

对 3<sup>#</sup> 舱体存在的软木块粘贴滑移现象,工艺上拟大面积涂胶后晾置加以解决。

在4#舱体上按舱体工艺进行施工,较好地解决1#舱体存在的问题,提高了软木粘贴质量和舱体外观质量。

#### 4 结论

(1)用HY-51改性的三种配方胶粘剂室温和250℃拉剪强度明显高于软木本身强度,室、高温粘接强度明显高于717胶和GD414胶。

(2)HY-51胶粘剂与漆层的相容性良好,不会引起漆层脱落。

(3)HY-51胶粘剂与717胶、GD414胶对比韧性偏低,但经80℃温差骤冷考核,其韧性能够满足软木粘贴的需要。

(4)4#舱体施工表明,改进后的工艺可行,软木粘贴质量、口盖与口框配合以及漆层与软木粘贴面的结合状况等满足工艺要求。

(5)工艺改进后施工工作量增大、施工周期有所拉长。

#### 参考文献

- 1 高学敏等. 粘接和粘接技术手册. 四川科学技术出版社, 1990:399
- 2 王孟钟,黄应昌主编. 胶粘剂应用手册. 化学工业出版社, 1993:112
- 3 夏文干等. 胶粘剂和胶接技术. 国防工业出版社, 1980:93

## 均匀设计和最优化方法在热处理中的应用

火箭发动机材料30CrMnSiA热处理中,需要研究淬火温度、淬火保温时间、回火温度、回火保温时间与抗拉强度、延伸率等性能之间的关系。如果采用全面试验方法,每个因素只考虑7个水平,也需做2401次热处理试验;如果采用正交设计方法至少也要做49次试验,才能得出四个因素与性能之间的变化规律。每次试验至少要投试料2块,那么全部试验要用试料4802块,正交设计需投试料98块。可见用全面试验或正交设计来获得四个因素与性能之间的关系,在时间上与经济上都是不合算的。

本成果研究的均匀设计正好能解决这一问题。均匀设计是只考虑试点在试验范围内均匀散布的一种试验设计方法,该方法可保证试点具有均匀分布的统计特性,它可使每个因素的每个水平做一次且仅做一次试验,任两个因素的试验点,点在平面的格子点上,每行每列有且仅有一个试验点,因而试验次数是最少的。在30CrMnSiA热处理试验中,用该试验方法,只需做7次试验,每次投料2块,共投14块料,就可得出与全面试验或正交试验相同的结果。王元等用数论与统计学相结合的方法产生的均匀设计表设计试验方案。

本成果使用均匀设计、回归分析和最优化方法成功地获得了30CrMnSiA抗拉强度、延伸率和最佳热处理工艺条件。本成果在工艺试验中具有广泛的应用前景。

## 水质金属切削液的防腐

在水质金属切削液中,含有一定量的表面活性剂、油质添加剂和防锈添加剂等,其中有无机盐类物质,也有有机化合物。水质金属切削液的成分为微生物,如细菌、酵母菌、霉菌等的生长和繁衍提供了充足的营养源。在温度适宜时,微生物便会生长和繁衍,导致水质金属切削液腐败变质。

本成果针对微生物生长繁衍条件,对水质金属切削液防腐变质的技术措施和质量保证手段等几个方面进行了研究。实验表明,水质金属切削液的质量保证应该在原液的配方上和生产后的储存、运输以及使用的全过程及日常管理中采取措施。

本成果通过调整原切削液的配方、加强切削液的清洁管理,控制切削液的浓度、pH值、水的硬度等一系列措施,使水质金属切削液的质量得到可靠的保证。

水质金属切削液的质量保证需要生产单位和使用单位共同负责相互配合,建立质量保证体系,随时或定期监测与管理。

·李连清·