

SY-14 结构胶的特点和应用

赖士洪 唐发伦 邹贤武 郑瑞琪

摘 要

SY-14 胶是一种新型环氧-聚砒高温结构胶粘剂, 适于在 $-55\sim 175^{\circ}\text{C}$ 温度范围内工作的航空、航天器及其他产品上应用。本文介绍了该胶的性能、特点及使用工艺等。

我国第一个无孔蜂窝结构胶——自力-2胶自1970年研制成功以来, 已在直升机、歼击机、运输机和轰炸机等机种上获得了广泛的应用。但是, 自力-2胶使用温度只在 $-55\sim 80^{\circ}\text{C}$ 。由于是用高分子量丁腈橡胶改性的, 流动性较差, 制备蜂窝结构时蜂窝芯需要经过繁琐的浸胶瘤工序。为了适应高空高速歼击机发展的需要, 我们于70年代开展了耐 150°C 无孔蜂窝结构胶的研制工作。

1973年美国 B. F. Goodrich 研究中心的 C. D. Weber^[1]等人报告他们开发了第一个高流动性、高性能结构胶膜, 并且发展了几种新的胶接技术, 这就是所谓内增韧高流动性 (ITHF) 胶粘剂及其技术。1976年他们又提出了内增韧可控流动性 (ITCF) 胶粘剂^[2]。这两种类型胶粘剂的一个共同点是: 采用低分子量聚合物作为增韧剂与二缩水甘油醚双酚 A 环氧树脂混合均匀, 在固化过程中环氧树脂生成连续相, 而聚合物增韧剂则形成粒度在 $4000\sim 400\text{\AA}$ 范围内的第二相, 两相之间依靠化学键相结合。这样的胶粘剂具有良好的断裂韧性和优越的耐久性。由于它的流动性好, 胶接蜂窝时, 将胶膜贴在芯子上, 通过热空气流的作用, 胶膜就在芯子端部形成胶瘤。这类胶粘剂还适用于“压皱芯子”胶接, 蜂窝增强和芯子涂胶等, 所以在工艺上有许多优点。但是 ITHF 和 ITCF 胶粘剂不适于高温 (150°C) 条件下使用。

我们认为, 根据研究目的, 宜采用耐热性

高的聚合物作为环氧树脂的增韧剂。据英国有关专利说明书报道^[3], 环氧和聚砒配成的胶粘剂在一个很宽的温度范围内具有强度高、韧性好和自填充性好等特点。国内从1969年起开始了聚砒树脂生产。因此我们采用环氧-聚砒体系作为技术路线进行了配方试验, 并对制备胶膜工艺和胶接工艺进行了研究。本文就研制成的新型高温无孔蜂窝结构胶——SY-14胶 (原名自力-4胶) 的特点及应用情况作简要论述。

一、SY-14胶的特点

1. 配方简单

SY-14胶配方中含有环氧树脂、聚砒树脂和二氰二胺三种组分。这些原材料国内都有商品化生产, 这就给胶粘剂生产和供应带来极大的方便。由于组分简单, 减少了影响性能的不稳定因素。从图1可以看出, SY-14胶的剪切强度和均匀扯离强度对聚砒用量的敏感性小, 因此对稳定产品质量提供了可靠保证。

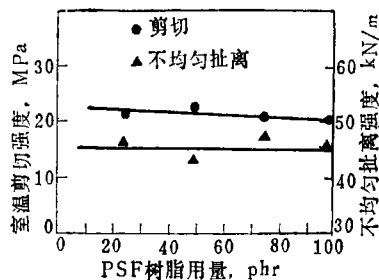


图1 聚砒树脂 (PSF) 用量对性能的影响

2. 成膜性好适合于机械化生产

由于聚砜树脂可以吹塑成强韧的薄膜，所以在SY-14胶中有一定量的聚砜树脂也就容易制成胶膜。国内结构胶膜生产大多数都是采用溶液流延法，工艺复杂，污染环境，又不易保证质量。因此，我们对胶膜生产工艺进行了研究。最后确定采用挤出法机械化制膜工艺，比英国专利报道的浇注或压制方法更易实现，并且可以连续生产。试验表明，无论外观质量还是力学性能，挤出胶膜比流延胶膜有明显的提高（见图2）。经偏光显微镜观察，红外光谱分析和差热分析证明是由于两种胶膜中二氰二胺的状态及分布不同所造成的^[4]。

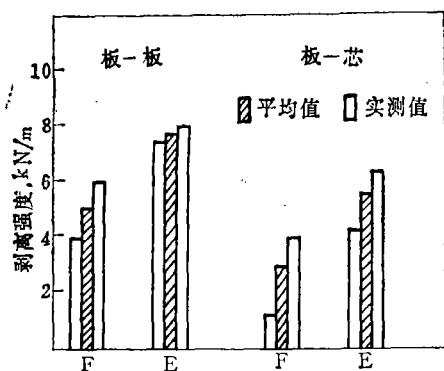


图2 不同成膜工艺对剥离性能的影响
F—流延法；E—挤出法。

3. 适合于磷酸阳极化表面处理

采用磷酸阳极化处理后的铝合金胶接表面，用SY-14胶粘接可以获得耐久性优良的胶接接头（图3），从而可以取代容易造成公害的铬酸阳极化工艺。试验还表明^[5]，磷酸阳极化表面经妥善保存较长时间，对SY-14胶膜的胶接性能没有影响（见图4）。

4. 综合性能好

SY-14胶在-55~175℃温度范围内具有强度高、韧性好、耐湿热老化性能及疲劳性能好等优点，能满足各种歼击机、轰炸机、运输机和直升机胶接结构的设计要求。该胶和国外的FM-300这种先进的结构胶相比较，性能相当，其中贮存稳定性、耐温性、耐湿热老化性

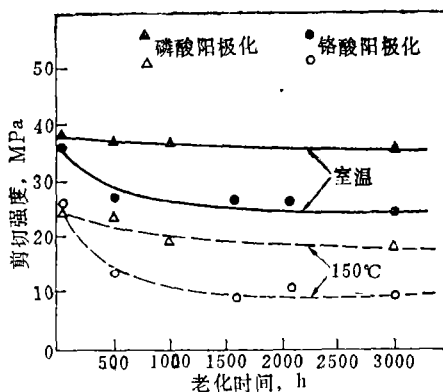


图3 不同表面处理对老化性能的影响

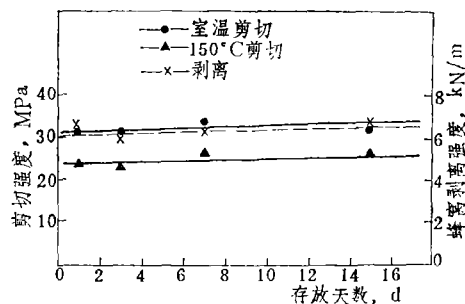


图4 PAA铝试片存放时间对胶接性能的影响

及剥离强度比FM-300胶好些（见表1）。

此外，SY-14胶对其他金属及非金属也有很高的胶接强度（见表2）。

5. 使用工艺简便

SY-14胶仅以胶膜的形式提供使用单位。进行胶接时，胶接面不需要涂增粘底胶，只要将胶膜粘贴在预热过的胶接表面上，经烘干0.5~1.0小时即可装配固化。SY-14胶是改性环氧结构胶，固化挥发物含量在1.0%以下，适合于制作无孔蜂窝结构。由于该胶中有热塑性聚砜树脂作为增韧增韧剂，胶粘剂具有适中的流动性，在升温固化过程中既能充分湿润胶接表面，依靠毛细管的迁移作用在蜂窝芯端部自成圆角，形成胶瘤，又不会过于流淌。因此，制造高速歼击机蜂窝结构时，单机节约工时达172小时，相应的装配工时少2%。

6. 贮存期长

SY-14胶采用了典型的潜伏固化剂二氰二

表1 SY-14胶与FM-300/BR-127胶的主要性能

项 目		SY-14胶	FM-300/BR-127
挥发物含量		0.7%	1.0% max
标准重量, kg/m ²		0.40±0.06	0.40±0.25
公称厚度, mm		0.35	0.33
贮 存 期		室温, 12个月	-18°C, 6个月
固 化 条 件	温度, °C	175±5	177
	时间, h	2.0±0.5	1
	压力, MPa	0.098~0.294	0.275
剪 切 强 度 MPa	-55°C	35.9	34.9
	RT	35.9	35.3
	120°C	—	27.5
	130°C	32.6	—
	150°C	27.3	20.0
	175°C	22.9	—
温湿老化 (55°C, RH=100%) 后的室温剪切强度 MPa	1440h	—	28.9
	3000h	36.5	—
	6000h	36.5	—
	15000h	36.5	—
“T”型剥离强度 kN/m	RT	3.5	1.9
	130°C	4.0	1.7
	150°C	2.8	1.6
	-55°C	—	2.6
Bell金属—金属剥离强度 kN/m	RT	7.6	5.1
	150°C	5.9	4.4
	-55°C	7.4	4.9
蜂窝平面拉伸强度 MPa	RT	6.4	6.0
	150°C	6.3	2.4
	-55°C	—	6.6

表2 非铝合金材料的胶接性能

性 能	被 粘 物	铜-铜	钢-铜	钢-钢	镁-镁	钛-钛	碳 纤 维 复合材料
室温剪切强度 MPa		34.2	35.5	48.6	12.8*	35.8	29.9
		32.2~36.8	30.4~38.7	46.8~50.3	12.6~13.5	32.3~39.2	27.5~32.6

注: *镁试片断。

胶,只有在145~165℃以上才能和环氧基反应,膜性能见表3。
所以它能在室温下长期保存。保存一年后的胶

表3 保存一年的SY-14胶膜性能

试验项目	剪切强度, MPa		室温不均匀 扯离强度 kN/m	室温板—板 90°剥离强度 kN/m
	室 温	150℃		
空 白	$\frac{34.4}{32.7 \sim 35.6}$	$\frac{23.4}{21.9 \sim 25.5}$	$\frac{53.9}{46.1 \sim 65.1}$	$\frac{6.5}{6.3 \sim 6.7}$
热 老 化 150℃×200h	$\frac{38.0}{36.1 \sim 40.5}$	$\frac{27.9}{26.1 \sim 29.6}$	$\frac{59.8}{49.0 \sim 70.6}$	$\frac{5.4}{5.3 \sim 5.6}$
高 低 温 交 变 100次	$\frac{31.5}{29.7 \sim 32.5}$	$\frac{23.4}{21.6 \sim 24.5}$	$\frac{63.8}{57.9 \sim 69.6}$	$\frac{6.1}{5.7 \sim 6.4}$

注: 高低温交变条件: “-55℃×15min→室温×15min→150℃×15min→室温×15min” 为循环一次。

二、SY-14胶应用情况

SY-14胶于1976年完成实验室阶段的研制工作后,根据601所对歼八机无孔蜂窝结构设计选胶要求,在625所、112厂、601所和本所进行了工艺试验和模拟件性能试验。1981~1983年在工厂试制了27个无孔蜂窝部件供装机试飞和部件性能试验。全尺寸平尾顺利通过高、中、低三个频率下的高低温振动试验的设计要求后,进行了静力试验,结果达到设计载荷的140%仍未破坏。副翼和襟翼的静力试验也分别达到设计载荷的123%和150%,而胶接部位仍未破坏。其中的一架装机副翼经过了全科目飞行考核,试飞三年共飞了155个起落,飞行110个小时,其中飞过高空大M数14次,低空大表速15次,升限4次,大过载已达到 $n_y=6$,经过两次定检,没有发现异常^[6],到目前已正常飞行了六年。

SY-14胶用于航天部331工程尾翼的无孔蜂窝结构,尾翼经静力试验达到设计载荷的

240%,仍未失稳破坏。该部件已成功地应用于发射通讯卫星的火箭上^[7]。

航天部还用SY-14胶胶接型号产品试验件铝蜂窝舱口盖,经静力试验表明,无论在刚度和强度方面,均满足设计要求,并成功地通过了型号配套高、低弹道及全程飞行试验^[8]。

抚顺自行车总厂首次采用SY-14胶胶接高级铝合金“鸿鹄”牌自行车架和前叉共18个接头,试制了一万余台胶接自行车,经过六年的实际使用没有发现开胶等现象。抚顺石油二厂离休干部邵泽贵使用该车,从1983年开始,用2年6个月零21天的时间,遍游除台湾省外的全国29个省、市、自治区,500多个县,90余市,行程55360公里,经过各种路面的骑行,仅车座就更换了3个,车胎换了5条,而胶接铝车架安然无恙,证明了SY-14胶胶接的铝合金自行车安全可靠且耐久性优良。

目前SY-14胶正在各个机种、电子元器件和矿山机械等领域扩大应用范围。

添加微量Mg、Zr对GH33A合金涡轮盘性能的影响

四六〇厂 陈为山

摘 要

本文总结了添加微量Mg、Zr对GH33A合金涡轮盘性能的影响,发现该合金涡轮盘的持久性能明显提高,缺口敏感得以消除,热加工性能得到改善。

一、前 言

GH33A合金是一种良好的涡轮盘材料,具有高的屈服强度和疲劳性能,已成功地用于制作涡喷七型发动机的涡轮盘。但若进一步用于高性能发动机,则该合金的持久性能没有富裕度。为了改善GH33A合金的持久性能,进行了在合金中加入微量元素Mg和Zr的试验。结果表明,合金中加入微量Mg、Zr后,持久性能明显提高,缺口敏感得以消除,涡轮盘的热加工性能得到改善。

二、含Mg、Zr的GH33A合金的力学性能

从抚顺钢厂真空感应+真空自耗双联工艺熔炼的、炉号为2H210087、加Mg、Zr的GH33A合金涡轮盘模锻件取样,进行了力学

性能试验(试样的热处理制度:淬火 $1080 \pm 10^\circ\text{C} \times 8\text{h}$ 空冷+时效 $750 \pm 10^\circ\text{C} \times 16\text{h}$ 空冷),试验结果列于表1和表2。为了对比Mg、Zr的影响,在上述表中一并列入了未加Mg、Zr的GH33A合金的相应力学性能数据。

从表1数据可以看出,在GH33A合金中添加微量Mg、Zr对室温和 400°C 的拉伸性能没有明显影响,但却提高 750°C 的持久性能。含Mg、Zr的GH33A合金的持久寿命比不含Mg、Zr的GH33A合金高1.5~2倍,持久塑性大幅度提高(持久延伸率由原 $<5\%$ 提高到 $>15\%$,断面收缩率由原 $<7\%$ 提高到 $>23\%$)。尤其值得指出的是含Mg、Zr的GH33A合金没有缺口敏感性,这对航空发动机涡轮盘来说,无疑是一个重要的指标,可以改善涡轮盘的使用性能。

表2表明添加微量Mg、Zr对GH33A合金的疲劳性能没有明显影响。

三、结 语

SY 14胶是新型的环氧-聚砜高温结构胶粘剂,是用无溶剂挤出工艺制得的胶膜,胶接磷酸阳极化表面处理的铝合金可以制得综合性能好,耐久性优良的接头。SY 14胶室温贮存期长,使用工艺简便;制备蜂窝结构时,芯子不需浸胶瘤;可改善劳动条件,提高工效。SY-14胶使用性能好,可用于 $-55 \sim 175^\circ\text{C}$ 温度范围内工作的航空航天器及其他产品。

参 考 资 料

[1] Weber, C.D. and Cross, M.E. High

Flow Structural Adhesives, 18th.

[2] Adhesive Age, Vol. 19 (1976) No. 12, 17.

[3] GB Pat. 1169613.

[4] 唐发伦等, 航空材料, (1984) No. 1, 8.

[5] 航空工业部六二五研究所, 胶接装配工艺参数试验报告, 1984.4.

[6] 航空工业部六〇一研究所, 歼八机无孔蜂窝胶接结构研究, 1984.4.

[7] 陈遵虞, 自力-4胶(SY-14胶)在331工程尾翼上的应用, 1983.4, 5703厂.

[8] 刘青苑, 自力-4胶粘剂应用报告, 航天部703所 1982.2.