

MH

中华人民共和国民用航空行业标准

MH/T XXXX.2—XXXX

航空油料材料相容性试验方法
第2部分：航空抗燃磷酸酯液压油与非金属材料

Test method for compatibility of aviation oil with materials—
Part 2: Fire resistant phosphate ester hydraulic fluid for aircraft with non-metallic
materials

(征求意见稿)

在提交反馈意见时,请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX-XX-XX发布

XXXX-XX-XX实施

中国民用航空局发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 方法概述	1
5 仪器设备	1
5.1 浸泡装置	1
5.2 恒温箱	2
6 试验浸泡条件与程序	2
6.1 试验浸泡条件与试验项目	2
6.2 浸泡程序	2
7 试验报告	3
附录 A (规范性) 液压油与橡胶相容性试验	4
A.1 仪器设备	4
A.2 试验件	5
A.3 试验浸泡条件与程序	5
A.4 试验步骤	5
A.5 试验报告	7
附录 B (规范性) 液压油与涂层相容性试验	8
B.1 仪器设备	8
B.2 试验件	8
B.3 试验浸泡条件与程序	8
B.4 试验步骤	8
B.5 试验报告	8
附录 C (规范性) 液压油与胶粘剂相容性试验	9
C.1 试验机	9
C.2 试验件	9
C.3 试验浸泡条件与程序	10
C.4 试验步骤	10
C.5 试验报告	11
附录 D (规范性) 液压油与复合材料相容性试验	12
D.1 试验机	12
D.2 试验件	12
D.3 试验浸泡条件和程序	12
D.4 试验步骤	12

D.5 试验报告	13
参考文献	14

前　　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是MH/T XXXX《航空油料材料相容性试验方法》的第2部分。MH/T XXXX已经发布了以下部分：

- 第1部分：民用航空喷气燃料与非金属材料；
- 第2部分：航空抗燃磷酸酯液压油与非金属材料；
- 第3部分：航空涡轮发动机润滑油与非金属材料；

本文件由中国民用航空局航空器适航审定司提出。

本文件由中国民航科学技术研究院归口。

本文件起草单位：中国民用航空总局第二研究所。

本文件主要起草人：杜澜等。

引　　言

航空油料材料相容性试验方法是评价航空油料材料相容性的科学方法，MH/T XXXX旨在为评估航空油料的材料相容性提供统一的试验方法，拟由六个部分构成。

——第1部分：民用航空喷气燃料与非金属材料。目的在于规定民用航空喷气燃料与非金属材料相容性试验方法。

——第2部分：航空抗燃磷酸酯液压油与非金属材料。目的在于规定航空抗燃磷酸酯液压油与非金属材料相容性试验方法。

——第3部分：航空涡轮发动机润滑油与非金属材料。目的在于规定航空涡轮发动机润滑油与非金属材料相容性试验方法。

——第4部分：民用航空喷气燃料与金属材料。目的在于规定民用航空喷气燃料与金属材料相容性试验方法。

——第5部分：航空抗燃磷酸酯液压油与金属材料。目的在于规定航空抗燃磷酸酯液压油与金属材料相容性试验方法。

——第6部分：航空涡轮发动机润滑油与金属材料。目的在于规定航空涡轮发动机润滑油与金属材料相容性试验方法。

本次对MH/T XXXX. 2的制定，聚焦于航空抗燃磷酸酯液压油与非金属材料相容性的试验方法，使开展航空抗燃磷酸酯液压油材料相容性试验评价有据可依。

航空油料材料相容性试验方法

第2部分：航空抗燃磷酸酯液压油与非金属材料

1 范围

本文件描述了航空抗燃磷酸酯液压油（以下简称“液压油”）对非金属材料性能影响的试验方法，包括仪器设备、试验件、试验浸泡条件与程序、试验报告。

本文件适用于液压油与非金属材料相容性的试验，非金属材料包括橡胶、涂层、胶粘剂、复合材料。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 1690 硫化橡胶或热塑性橡胶 耐液体试验方法

GB/T 3356 定向纤维增强聚合物基复合材料

GB/T 5720 O型橡胶密封圈试验方法

GB/T 6031 硫化橡胶或热塑性橡胶 硬度的测定（10 IRHD～100 IRHD）

GB/T 6739 色漆和清漆 铅笔法测定漆膜硬度

GB/T 7122 高强度胶粘剂剥离强度的测定 浮辊法

GB/T 7124 胶粘剂 拉伸剪切强度的测定（刚性材料对刚性材料）

GB/T 7758 硫化橡胶 低温性能的测定 温度回缩法（TR试验）

GB/T 9286 色漆和清漆 划格试验

ISO 5893 橡胶和塑料试验设备—拉伸弯曲和压缩类型（恒定速率）—规格[Rubber and plastics test equipment—Tensile, flexural and compression types (constant rate of traverse) — Specification]

ISO 14130 纤维增强塑料复合材料—用短梁法测定表观层间剪切强度(Fibre-reinforced plastic composites—Determination of apparent interlaminar shear strength by short-beam method)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

航空抗燃磷酸酯液压油 fire resistant phosphate ester hydraulic fluid for aircraft

主要以磷酸酯类化合物为基础油，添加多种添加剂调和而成的用于航空液压系统的液压油。

3.2

相容性 compatibility

油品与材料之间的相互作用和影响的特性。

4 方法概述

液压油与非金属材料相容性试验是指将不同的非金属材料浸泡在液压油中，在特定温度下浸泡一定时间后，测量非金属材料的体积变化、硬度变化、拉伸性能、低温回缩性能、压缩永久变形、铅笔硬度、附着力、剪切强度、剥离强度、弯曲性能和层间剪切强度。

5 仪器设备

5.1 浸泡装置

浸泡装置应使用带盖的玻璃容器,应保证浸泡装置的密闭性。浸泡装置尺寸应保证试验件在不发生任何形变的情况下完全浸入液压油,液压油的体积至少为试验件总体积的15倍。

5.2 恒温箱

恒温箱运行时应能控制其温度在要求范围内。

6 试验浸泡条件与程序

6.1 试验浸泡条件与试验项目

试验件浸泡条件与对应的试验项目宜按照表1进行选择,也可依据实际情况进行调整,主要参考国际通行做法以及飞机、发动机的设计要求、运行工况、非金属材料的使用情况和材料规范要求。

表1 各试验件浸泡条件和试验项目

试验件	试验件材料	试验项目	试验件类型	浸泡温度/℃	浸泡周期/h	试验程序
橡胶	三元乙丙橡胶	硬度变化	I型橡胶试验件	71±2	70±2	按附录A的规定进行
				107±2	670±2	
				107±2	1000±2	
				107±2	1440±2	
				121±2	22±2	
				121±2	70±2	
		体积变化	I型橡胶试验件	71±2	70±2	
				107±2	334±2	
				107±2	670±2	
				107±2	1000±2	
				107±2	1440±2	
				121±2	22±2	
		拉伸性能	II型橡胶试验件	121±2	70±2	
				71±2	70±2	
				121±2	22±2	
		低温回缩性能	I型橡胶试验件	107±2	334±2	
				121±2	22±2	
		压缩永久变形	III型橡胶试验件	121±2	70±2	
				71±2	70±2	
				121±2	22±2	
涂层	聚氨酯类、环氧类	铅笔硬度、附着力	—	室温	720±2	按附录B的规定进行
胶粘剂	环氧类	剪切强度、剥离强度	—	70±2	1000±2	按附录C的规定进行
复合材料	纤维增强类	弯曲性能、层间剪切强度	—	70±2	1000±2	按附录D的规定进行

6.2 浸泡程序

浸泡程序如下。

- 每组试验应不少于3个试验件。将试验件浸没于液压油中,确保试验件与试验件之间不接触,且试验件与浸泡装置内壁不接触。
- 将浸泡装置放入已达到浸泡温度的恒温箱中。浸泡结束后,取出浸泡装置,将试验件快速放入新鲜液压油中,在室温下冷却30 min~60 min。
- 开展试验件性能试验前,应将试验件短暂浸入无水乙醇等挥发性液体中,迅速取出并擦干。
- 将试验件从新鲜液压油中取出至开展性能试验前,不应超过以下时间:
 - 体积变化: 1 min;
 - 硬度变化: 1 min;

- 拉伸性能: 3 min;
- 低温回缩性能: 3 min;
- 铅笔硬度: 5 min;
- 附着力: 5 min
- 剪切强度: 3 min;
- 剥离强度: 5 min;
- 弯曲性能: 5 min;
- 层间剪切强度: 5 min。

7 试验报告

试验报告应至少包含以下内容:

- 试验油信息;
- 试验件信息;
- 浸泡条件;
- 试验项目;
- 试验结果;
- 试验异常情况;
- 试验日期。

附录 A
(规范性)
液压油与橡胶相容性试验

A.1 仪器设备

A.1.1 试验机

应符合ISO 5893的规定,至少具有2级测力精度,使用的引伸计的精度为D级,且能在500 mm/min±50 mm/min移动速度下运行。

A.1.2 天平

感量不应低于0.1 mg。

A.1.3 厚度计

精度应不低于0.01 mm,对于国际硬度(IRHD)于或等于35的橡胶施加压力应为22 kPa±5 kPa,对于IRHD小于35的施加压力应为10 kPa±2 kPa。

A.1.4 硬度计

应符合GB/T 6031的规定。

A.1.5 低温回缩试验机

应符合GB/T 7758的规定。

A.1.6 压缩永久变形夹具

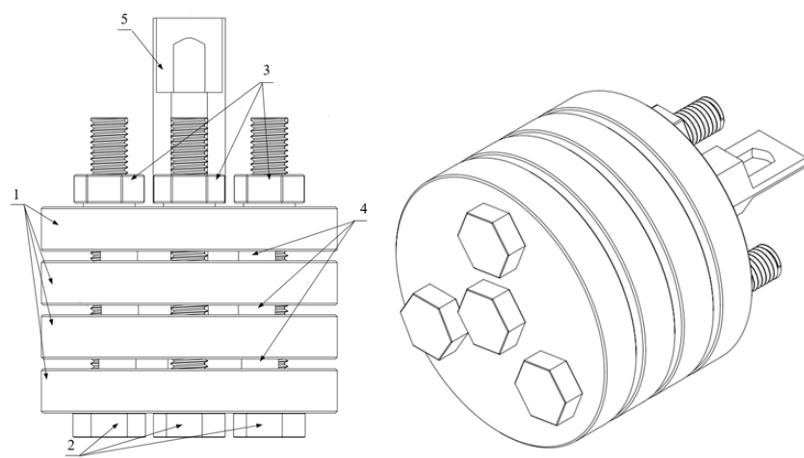
A.1.6.1 压缩永久变形夹具见图A.1。夹具压缩板由若干个平行、平整、高磨光的镀铬不锈钢板组成,表面粗糙度应不大于0.25 μm。压缩板应具备:

——足够的刚度,以确保压缩板受压时不产生变形;

——足够的尺寸,确保试验件在两压缩板之间受压时,整个试验件能够位于压缩板区域内部,试验件与限制块不互相接触,推荐尺寸为80 mm±5 mm的直径,12 mm±1 mm的厚度。

A.1.6.2 当试验件IRHD不大于80时,所用限制块高度为试验件厚度的75%±2%;当试验件IRHD在81~89时,所用限制块高度为试验件厚度的85%±2%;当试验件IRHD不小于90时,所用限制块高度为试验件厚度的90%±1%。

A.1.6.3 限制块的高度公差应不大于±0.05 mm。



a) 压缩永久变形试验夹具(正面)

b) 压缩永久变形试验夹具(侧面)

标引序号说明:

- 1——压缩板；
 2——螺栓；
 3——紧固螺母；
 4——限制块；
 5——挂钩螺栓。

图A.1 压缩永久变形试验夹具

A.2 试验件

- A.2.1.1 橡胶试验件材质为三元乙丙橡胶材料。
 A.2.1.2 橡胶试验件分为I型橡胶试验件、II型橡胶试验件和III型橡胶试验件，具体尺寸见表A.1。
 A.2.1.3 当受试材料规范或常规质量控制试验另有规定时，可使用其他规格的试验件。

表A.1 试验件尺寸

单位为毫米

橡胶试验件类型	内径		截面直径	
	尺寸 d_1	公差	尺寸 d_2	公差
I型橡胶试验件	25.00	±0.15	3.53	±0.10
II型橡胶试验件	—	—	2.62	±0.08
III型橡胶试验件	从内径为53.34 mm±0.25 mm、截面直径为5.33 mm±0.13 mm的O型圈中切取52 mm±1 mm片段			

A.3 试验浸泡条件与程序

试验浸泡条件与程序按第6章进行选择。

A.4 试验步骤

A.4.1 体积变化

- A.4.1.1 按GB/T 1690规定的方法，测定试验件浸泡前后的体积变化。
 A.4.1.2 若试验件密度大于水的密度，试验件浸泡前后体积变化按公式(A.1)计算：

$$\Delta V = \frac{(m_3 - m_4) - (m_1 - m_2)}{m_1 - m_2} \times 100\% \quad (A.1)$$

式中：

- ΔV ——试验件的体积变化，%；
 m_1 ——浸泡前试验件在空气中的质量，单位为克(g)；
 m_2 ——浸泡前试验件在水中的质量，单位为克(g)；
 m_3 ——浸泡后试验件在空气中的质量，单位为克(g)；
 m_4 ——浸泡后试验件在水中的质量，单位为克(g)。

- A.4.1.3 若试验件密度小于水的密度，则应加入坠子保证试验件浸没于水中，试验件体积变化按公式(A.2)计算。

$$\Delta V = \frac{(m_3 - m_6 + m_7) - (m_1 - m_5 + m_7)}{m_1 - m_5 + m_7} \times 100\% \quad (A.2)$$

式中：

- ΔV ——试验件浸泡后的体积变化，%；
 m_1 ——浸泡前试验件在空气中的质量，单位为克(g)；
 m_3 ——浸泡后试验件在空气中的质量，单位为克(g)；
 m_5 ——浸泡前试验件和坠子在水中的质量，单位为克(g)；
 m_6 ——浸泡后试验件和坠子在水中的质量，单位为克(g)；
 m_7 ——坠子在水中的质量，单位为克(g)。

- A.4.1.4 试验结果取3个试验件按公式(A.1)或公式(A.2)计算结果的算术平均数，保留一位小数。

A.4.2 硬度变化

- A.4.2.1 试验前应对试验件进行前处理。将试验件放置在温度23 °C±2 °C和湿度50%RH±10%RH环境

L_s ——锁定状态下的拉伸长度, 单位为毫米 (mm) ;
 L_r ——相关温度下的回缩长度, 单位为毫米 (mm) ;
 L_0 ——初始长度, 单位为毫米 (mm) 。

A.4.4.4 试验结果读取回缩率为 10% 和 70% 时的温度, 计作 TR10 和 TR70, 单位为摄氏度 (°C)。取 3 个试验件 TR10 和 TR70 的中位数, 保留一位小数。

A.4.5 压缩永久变形

A.4.5.1 试验前应将试验件放置在温度 23 °C ± 2 °C 和湿度 50%RH ± 10%RH 环境中放置至少 24 h。

A.4.5.2 用厚度计测量试验件径向和轴向沿圆周均匀分布的 4 个点, 取平均值作为初始厚度, 精确至 0.02 mm。

A.4.5.3 根据试验件厚度及硬度选择适当的限制块。测量限制块厚度, 保留两位小数, 取平均值作为限制块厚度。

A.4.5.4 将装配好的夹具在室温放置不少于 30 min, 然后浸没于液压油中。将浸泡装置放入已达到浸泡温度的恒温箱中, 待达到规定的浸泡周期后, 从恒温箱中取出浸泡装置, 取出试验件置于冷的新鲜液压油中, 恢复不少于 30 min 后测量试验件厚度。

A.4.5.5 根据 GB/T 5720 的规定, 测定试验件浸泡后的压缩永久变形。

A.4.5.6 压缩永久变形率按照公式 (A.8) 计算:

$$C = \frac{d_1 - d_2}{d_1 - h_s} \times 100\% \quad (\text{A.8})$$

式中:

C ——试验件的压缩永久变形率, %;
 d_1 ——试验件初始厚度, 单位为毫米 (mm) ;
 d_2 ——试验件恢复后的厚度, 单位为毫米 (mm) ;
 h_s ——限制块的高度, 单位为毫米 (mm) 。

A.4.5.7 试验结果取 3 个试验件按公式 (A.8) 计算结果的中位数, 保留整数位。

A.5 试验报告

试验报告应包含第 7 章的全部内容。

附录 B
(规范性)
液压油与涂层相容性试验

B.1 仪器设备

B.1.1 铅笔硬度试验仪器

应符合GB/T 6739的规定,建议试验铅笔硬度范围为6B~6H。

B.1.2 附着力试验切割刀具

应符合GB/T 9286的规定。

B.2 试验件

B.2.1 试验件分类

按试验项目,涂层试验件分为铅笔硬度试验件和附着力试验件。

B.2.2 铅笔硬度试验件

B.2.2.1 宜符合 GB/T 6739 的规定。

B.2.2.2 当受试材料规范或常规质量控制试验另有规定时,可使用其他规格的试验件。

B.2.3 附着力试验件

B.2.3.1 宜符合 GB/T 9286 的要求。

B.2.3.2 当受试材料规范或常规质量控制试验另有规定时,可使用其他规格的试验件。

B.3 试验浸泡条件与程序

试验浸泡条件与程序按第6章进行选择。

B.4 试验步骤

B.4.1 铅笔硬度

按GB/T 6739的规定测定每个试验件浸泡前后的铅笔硬度。平行测定两次,如果两次测定结果不一致,应重新试验。试验结果取3个试验件浸泡前后铅笔硬度的中位值。

B.4.2 附着力

按GB/T 9286的规定,测定每个试验件浸泡前后的附着力。试验结果取按附着力评级标准比较后的等级。

B.5 试验报告

试验报告应包含第7章的全部内容。

附录 C
(规范性)
液压油与胶粘剂相容性试验

C. 1 试验机

应符合ISO 5893中的规定,至少具有2级测力精度,使用的引伸计的精度为D级,且能在 $1\text{ mm/min}\pm0.2\text{ mm/min}$ 、 $5\text{ mm/min}\pm0.5\text{ mm/min}$ 、 $50\text{ mm/min}\pm2.5\text{ mm/min}$ 、 $100\pm10\text{ mm/min}$ 、 $500\text{ mm/min}\pm50\text{ mm/min}$ 移动速度下运行。

C. 2 试验件

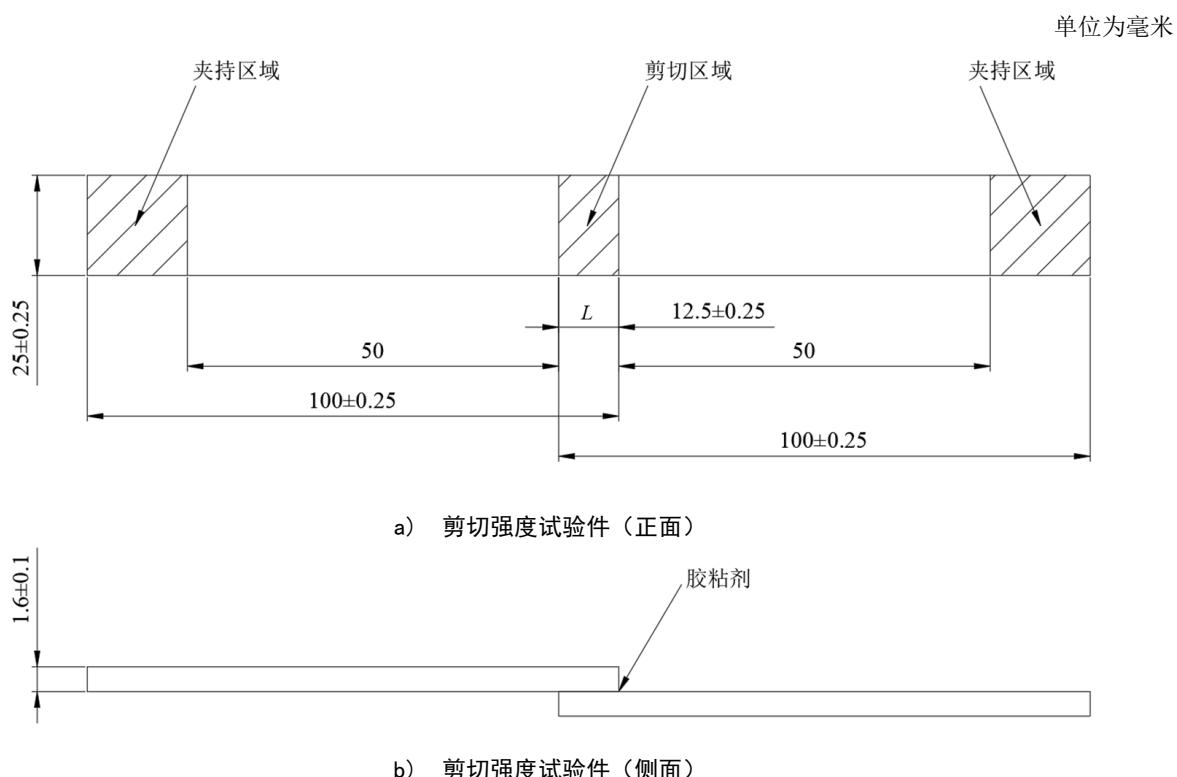
C. 2. 1 试验件分类

按试验项目,胶粘剂试验件分为剪切强度试验件和剥离强度试验件。

C. 2. 2 剪切强度试验件

C. 2. 2. 1 剪切强度试验件尺寸和形状宜符合图C. 1要求。

C. 2. 2. 2 当受试材料规范或常规质量控制试验另有规定时,可使用其他规格的试验件。



标引序号说明:
 L —试验件的粘接面长度。

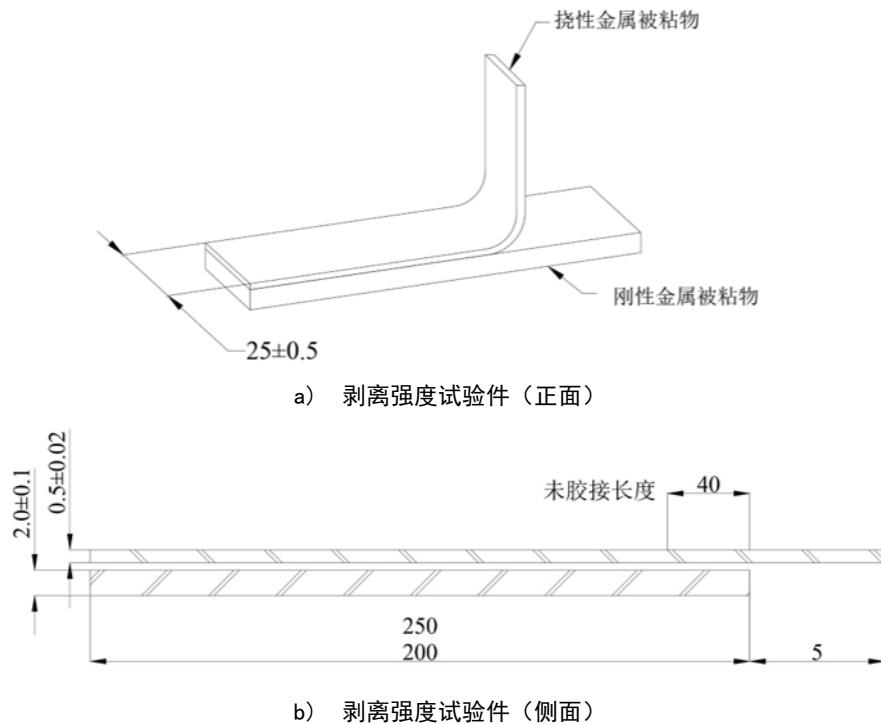
图C. 1 剪切强度试验件尺寸和形状

C. 2. 3 剥离强度试验件

C. 2. 3. 1 剥离强度试验件尺寸和形状宜符合图C. 2要求。

C. 2. 3. 2 当受试材料规范或常规质量控制试验另有规定时,可使用其他规格的试验件。

单位为毫米



图C.2 剥离强度试验件尺寸和形状

C. 3 试验浸泡条件与程序

每组试验应不少于5个试验件，试验浸泡条件与程序按第6章进行选择。

C. 4 试验步骤

C. 4.1 剪切强度

C.4.1.1 按 GB/T 7124 规定, 将试验件对称夹在夹具上, 夹持处至最近的粘接端距离为 50 mm \pm 1 mm, 试验机移动速度为 1.0 mm/min \pm 0.2 mm/min, 测定试验件浸泡后的剪切强度。

C. 4.1.2 剪切强度按照公式 (C.1) 计算:

式中：

τ ——剪切强度, 单位为兆帕 (MPa) ;

F_1 ——破坏载荷, 单位为牛顿 (N) ;

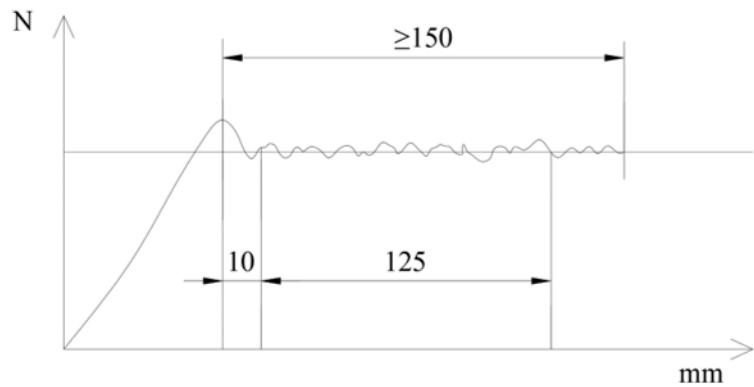
B_1 ——试验性的粘接面面积, 单位为平方毫米 (mm^2)。

4.1.3 试验结果取5个试验件按公式(C-1)计算结果的平均值,保留一位小数。

6.4.2 剥离强度

6.4.2.1 按 GB/T 7122 的规定, 测定试验件浸泡后的剥离强度。

C. 4.2.2 剥离强度试验记录曲线示意图见图 C.3, 在有效剥离长度至少为 125 mm (除去首先被剥开的 25 mm、末端的 20 mm 和第一次最大载荷后剥离图上前 10 mm) 的范围内, 算出试验件的平均剥离力。



图C.3 剥离强度试验示意图

C. 4. 2. 3 剥离强度按照公式 (C. 2) 计算:

式中：

σ_{90° ——剥离强度, 单位为牛顿每毫米 (N/mm);

F_2 ——破坏载荷, 单位为牛顿 (N);

W ——试验件的粘接面面积, 单位为毫米 (mm)。

C. 4.2.4 试验结果取 5 个试验件按公式 (C.2) 计算结果的平均值, 保留一位小数。

C. 5 试验报告

试验报告应包含第7章的全部内容。

附录 D
(规范性)
液压油与复合材料相容性试验

D.1 试验机

应符合ISO 5893中的规定,至少具有2级测力精度,使用的引伸计的精度为D级,且能在1 mm/min±0.2 mm/min、5 mm/min±0.5 mm/min、50 mm/min±2.5 mm/min、100±10 mm/min、500 mm/min±50 mm/min移动速度下运行。

D.2 试验件

D.2.1 试验件分类

按试验项目,复合材料试验件分为弯曲性能试验件和层间剪切强度试验件。

D.2.2 弯曲应力试验件

D.2.2.1 弯曲应力试验件宜符合GB/T 3356中的规定,推荐试验件尺寸为厚度4.0 mm±0.2 mm、长度80 mm±2 mm、厚宽度10.0 mm±0.2 mm。对于任一试样,其中1/3部分长度内各处厚度与厚度平均值的偏差不应大于2%,宽度与平均值的偏差不应大于3%,试样截面应是矩形且无倒角。

D.2.2.2 当受试材料规范或常规质量控制试验另有规定时,可使用其他尺寸试验件。

D.2.3 层间剪切强度试验件

D.2.3.1 层间剪切强度试验件宜符合ISO 14130的规定。

D.2.3.2 当受试材料规范或常规质量控制试验另有规定时,可使用其他尺寸试验件。

D.3 试验浸泡条件和程序

试验浸泡条件和程序按第6章进行选择。

D.4 试验步骤

D.4.1 弯曲性能

D.4.1.1 按GB/T 3356的规定,测定试验件浸泡后的弯曲强度和弯曲弹性模量。

D.4.1.2 弯曲强度按照公式(D.1)计算:

$$\sigma_f = \frac{3P_{\max} \times L}{2w \times h^2} \quad (D.1)$$

式中:

σ_f ——弯曲强度,单位为兆帕(MPa);

P_{\max} ——破坏前试验件承受的最大载荷,单位为牛顿(N);

L ——跨距,单位为毫米(mm);

w ——试验件宽度,单位为毫米(mm);

h ——试验件厚度,单位为毫米(mm)。

D.4.1.3 弯曲弹性模量按照公式(D.2)计算:

$$E_{fc} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} \quad (D.2)$$

式中:

E_{fc} ——弯曲弹性模量,单位为兆帕(MPa);

$\Delta\sigma$ ——两个所选应变点之间弯曲强度之差,单位为兆帕(MPa);

$\Delta\varepsilon$ ——两个所选应变点之间应变之差,单位为毫米每毫米(mm/mm);

计算弯曲弹性模量时,推荐的应变范围为0.001~0.003。

D. 4. 1. 4 试验结果取 5 个试验件按公式 (D. 1) 和公式 (D. 2) 计算结果的平均值, 保留 3 位有效数字。

D. 4. 2 层间剪切强度

D. 4.2.1 按 ISO 14130 的规定, 测定试验件浸泡后的层间剪切强度。

D. 4.2.2 层间剪切强度按照公式 (D.3) 计算:

$$r_{\text{sbs}} = \frac{3P_{\text{max}}}{4wh} \quad \text{..... (D. 3)}$$

式中：

r_{sbs} ——层间剪切强度, 单位为兆帕 (MPa);

P_{max} ——破坏前试验件承受的最大载荷, 单位为牛顿 (N);

w ——试验件宽度, 单位为毫米 (mm);

h ——试验件厚度, 单位为毫米 (mm)。

D. 4. 2. 3 试验结果取 5 个试验件按公式 (D. 3) 计算结果的平均值, 保留一位小数。

D. 5 试验报告

试验报告应包含第7章的全部内容。

参 考 文 献

- [1] CTSO-2C706 航空抗燃磷酸酯液压油
-