

热管寿命试验方法

Life testing method for heat pipe

1 主题内容与适用范围

本标准规定了热管寿命试验的原理、试样制备、试验装置和仪器、试验条件及程序、结果处理及评定。

本标准适用于工作温度高于环境温度的各种热管的寿命试验。

2 原理概要

当热管工质与管壳、管芯材料不相容时,便有不凝气体产生,并积聚于热管凝结段端部,使其管壁温度明显地低于热管长度上的其他各点。且随着时间的推移,低温区逐渐扩大,致使热管传热性能逐渐衰退,造成热管失效。根据工质与管壳、管芯材料的相容程度来判定热管的寿命。

3 试样制备

3.1 试样结构

试样为 1 000 mm 的热管。全长分为蒸发段 A、绝热段 B 和凝结段 C 三部分,见图 a。热管外部一般为光管,但根据需要可在凝结段 C 装设翅片。绝热段 B 长度 200 mm,根据加热和冷却的需要,在总长度不变条件下选定蒸发段 A 和凝结段 C 的长度。

对于每一种进行寿命试验的热管,必须记录其所用管壳和管芯材料的品种与牌号、工质的成分与纯度,以及有关的热管制作工艺。

3.2 测温元件布置和固定

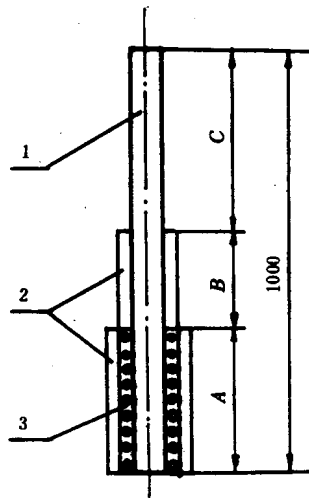
3.2.1 测温元件采用热电偶,经过标定其误差不大于 0.3℃。

3.2.2 热管上测温元件共 10 个,在热管蒸发段均布三点、绝热段两点及凝结段五点。具体布置见图 b。

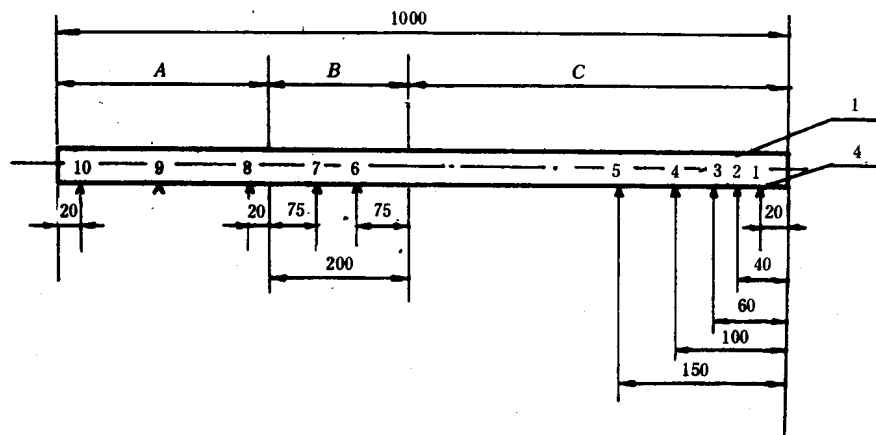
3.2.3 测温元件与管外壁应紧密接触,用点焊或镶嵌于管壁面。热电偶丝引出前,应保持一段等温段。当电加热丝缠绕于蒸发段时,蒸发段的测温点应与电加热丝隔离。

3.3 保温处理

蒸发段 A 和绝热段 B 应用保温材料严密包扎。



a 试样结构



b 测温点布置

试样结构示意图

1—热管；2—保温层；3—电加热器；4—热电偶测温点及其编号；
A—蒸发段；B—绝热段；C—凝结段

4 试验装置和仪器

4.1 寿命试验台主要由电加热器、电源、测温系统以及试验台架组成。必要时可配置温度控制装置和水冷却装置。

4.2 测试仪表

4.2.1 测量加热电功率的仪表精度等级不低于 1.5 级。

4.2.2 测量温度的仪表可用数字电压表或电位差计，分辨率不大于 $10 \mu\text{V}$ 。用数字式温度计时，分辨率不大于 1°C 。

5 试验条件

5.1 试验时间

一般 3~5 年,或根据具体要求决定。

5.2 热管的试验状态

在试验过程中热管应处于垂直状态。

5.3 热管蒸发段的加热方法

试验时热管蒸发段用电加热方法均匀加热。可用电加热丝直接绕于热管上,或把蒸发段插入专门的加热器(炉)中,加热器或加热丝需与热管电绝缘,在外面用保温层隔热。

5.4 热管凝结段的冷却方法

试验的热管凝结段采用空气自然对流冷却。必要时可采用水冷却方法。

5.5 热管试验工作温度

热管的试验工作温度 T_v ($^{\circ}\text{C}$)由对该热管的寿命试验所要求的工作温度决定。用第 6 和第 7 两测点温度的平均值来表示,在试验期间应保持工作温度偏差在 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 之内,即:

$$T_v = \frac{t_6 + t_7}{2} \pm 5 \dots\dots\dots(1)$$

5.6 热管测量工作温度

取工质的正常沸点或试验工作温度作为测量工作温度。测量时工作温度的偏差允许在 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 之内。

6 试验程序

6.1 试验开始时,把热管工作温度调节至测量工作温度,蒸发段和凝结段的温度不均匀性应符合该种热管所规定的值。

6.2 当热管工作温度达到测量工作温度时,记录电加热功率和各测点温度,并填入下表。

寿命试验记录表

试件代号		工质代号			管材代号			工艺代号			功率 W	
测量项目		各测点温度 t_i , $^{\circ}\text{C}$										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		10
试验时间, h												
每日试验时间	积累时间											

6.3 寿命试验开始后的一个月,应每天测量一次。以后,可三至五天测量一次。

6.4 寿命试验原则上应连续进行。如间断运行,则运行寿命应按实际工作的小时积累计算。

7 试验结果的处理

7.1 蒸发段三测点的温度应满足该种热管技术条件所规定的均匀性要求。如超出规定要求,这段时间的数据无效,积累时间中应扣除这段时间。

7.2 试验结果按下面公式计算

$$\Delta t_i = \frac{t_6 + t_7}{2} - t_i \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中： Δt_i ——凝结段各测点温度与热管工作温度之差，℃；

t_i ——凝结段第 1~5 测点的温度，℃；

t_6, t_7 ——绝热段第 6、7 两测点的温度，℃。

7.3 用图表示 Δt_i 随时间的变化规律。以试验的积累时间(h)为横坐标，温差 Δt 为纵坐标，画出五条温差与时间的关系曲线。

8 试验结果的评定

根据试验原理所述的失效模式可以评定热管工质与管壳材料的相容程度，由相容程度判定热管寿命。

8.1 完全相容

在运行一定时期后，如 $\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3$ 均不超过该热管的规定值，则此种热管的材料与工质在其试验工作温度范围和所运行的时间内完全相容。此种热管的寿命期大于试验积累时间。

8.2 基本相容

在运行一定时期后，如只有 Δt_3 不超过该热管的规定值，则此种热管的材料与工质在其试验工作温度范围和所运行的时间内基本相容。此种热管的寿命期不超过试验积累时间。

8.3 不相容

在运行一定时期后， Δt_3 超过该热管的规定值，则此种热管材料与工质为不相容。此种热管寿命很短，为不合格。

8.4 Δt 变化的规定值

Δt 规定值按照该种产品技术条件所规定的等温性要求选取。

附加说明：

本标准由航空航天工业部提出。

本标准由航空航天工业部五院五〇一设计部和中国船舶工业总公司七院七一一所负责起草。

本标准主要起草人孙全平、侯增祺、王秀遂。