

碳纤维及其复合材料 电阻率测试方法

1 范围

1.1 主题内容

本标准规定了航天产品用碳纤维及碳纤维复合材料电阻率的测试原理、测试仪器、试样要求、测试程序和电阻率计算等。

1.2 适用范围

本标准适用于航天产品用碳纤维及碳纤维复合材料(以下简称复合材料)在入厂验收和生产过程中电阻率的测试。

2 引用文件

GB 3362—82 碳纤维复丝拉伸性能检验方法

3 定义

本章无条文。

4 一般要求

4.1 碳纤维密度按出厂产品规定,有一定范围的取其平均值。

4.2 试样的选取及复合材料的测试方向由工件的设计和工艺决定,试样应反映工件性能。

4.3 在满足设计要求和测试灵敏度时应选用较小测试电流。

5 详细要求

5.1 测试原理

当恒定的直流电流通过试样时,在试样上产生一个稳定的电压降,测出其电流强度和电压降后,即可根据欧姆定律算出试样的电阻值和电阻率。测试原理示意图见图 1。

5.2 测试仪器

5.2.1 直流电源

最高输出电压不低于 30V,输出电流不小于 5A,波纹电压不大于 10mV。

5.2.2 电压表

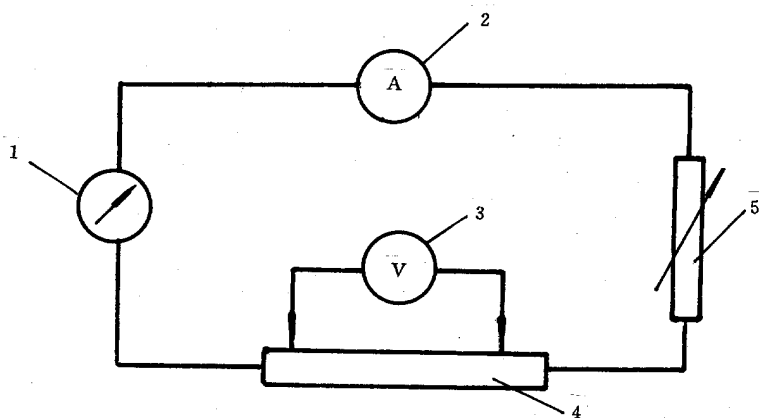


图1 测试原理示意图

1—直流电源;2—电流表;3—电压表;4—试样;5—可变电阻

不低于 0.5 级,量程 10mV~100V,内阻大于 10kΩ/V。

5.2.3 电流表

不低于 0.5 级,量程 1mA~5A。

5.2.4 标准电阻

阻值为 1Ω,精度为万分之一。

5.2.5 天平

感量 0.1mg,称量不低于 1g。

5.2.6 游标卡尺

测量范围 0~200mm,精度 0.02mm。

5.2.7 测碳纤维用夹具和电极

测碳纤维用夹具和电极见图 2。用作电压端的刀型电极刀口宽度 0.1~0.2mm,材料为纯铜,刀架和夹板由电绝缘材料制成。

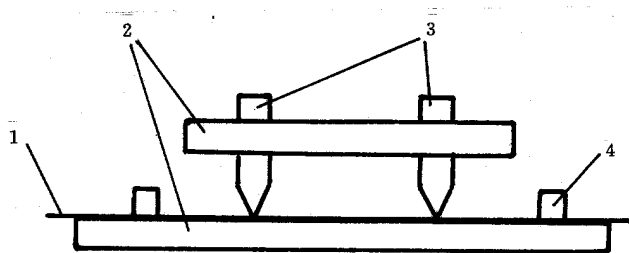


图2 测碳纤维用夹具和电极

1—试样;2—夹板;3—刀型电极;4—电流端

5.2.8 测复合材料用电极

电极尺寸见图 3。电极材料为黄铜,锥度 1:50,4 根。

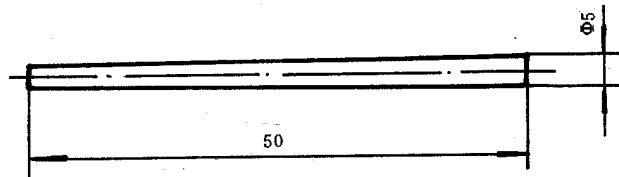


图 3 测复合材料用电极

5.3 试样

5.3.1 碳纤维试样

碳纤维试样直接从缠绕架上剪取,有效试样数量 5 件,每根长度 300mm,不得有目视可见的擦伤、起毛和断丝等缺陷。

5.3.2 复合材料试样

要求试样和工件采用同批次原材料按相同工艺由同批人员在同一环境条件下制作,截面均匀度优于 0.5%,有效试样数量 5 件,各孔锥度 1:50,试样尺寸见图 4。

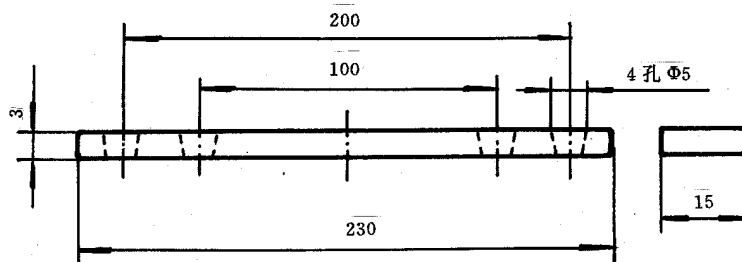


图 4 复合材料试样

5.3.3 试样预处理

将试样置于烘箱中,在 $110 \pm 2^\circ\text{C}$ 下处理 2h,自然冷却到室温,置于干燥器中备用。

5.4 测试环境要求

温度: $25 \pm 5^\circ\text{C}$;

相对湿度: 45%~75%。

5.5 测试程序

5.5.1 设备校准

打开直流电源预热 15min,将标准电阻作为被测试样接入电路,调整直流电压,使电流

表在 10~100mA 档满刻度,测出标准电阻上电压值,计算电阻值,如得出电阻值和标准电阻值比较误差不大于 1%,可对试样进行电阻测试。

5.5.2 测量碳纤维电阻值

5.5.2.1 将试样置于刀型电极之下,接触良好,保持平直。将纤维两端接于电流端,记下刀型电极之间距离 L 。

5.5.2.2 调整直流电源电压,使电流表在 10~100mA 档满刻度,记下电流值 I_1 。测出刀型电极之间的电压值记作 U_1 。 I_1 、 U_1 为第一组数据。

5.5.2.3 将电流换向,重复 5.5.2.2 条,记取第二组数据 I_2 、 U_2 。

5.5.2.4 换一根试样,重复 5.5.2.1~5.5.2.3 条,依次类推,直到测完第 5 根试样,记取 I_{10} 、 U_{10} 。

5.5.2.5 用公式 1 求出碳纤维(或复合材料)电阻值。

$$R_i = \frac{U_i}{I_i} \dots\dots\dots (1)$$

式中: R_i ——碳纤维(或复合材料)的电阻值, Ω ;

U_i ——电极之间的电压值,V;

I_i ——碳纤维(或复合材料)通过的电源值,A。

5.5.3 测量复合材料电阻值

将测量复合材料用电极按试样锥度方向插入试样,保持接触良好。外两孔为电流端,内两孔为电压端,重复 5.5.2.2~5.5.2.5 条,求出复合材料试样的电阻值。

5.6.1 碳纤维电阻率计算

5.6.1.1 按附录 A(参考件)查出碳纤维的密度,也可按 GB 3362 规定测得。用天平称出碳纤维的质量 M ,按公式 2 求出碳纤维平均截面积 A_f 。

$$A_f = \frac{M}{DL} \dots\dots\dots (2)$$

式中: A_f ——碳纤维的截面积, m^2 ;

M ——试样平均质量,kg;

L ——刀型电极之间的距离,m;

D ——碳纤维的密度, kg/m^3 。

5.6.1.2 碳纤维的电阻率计算

按公式 3 计算每件碳纤维的电阻率。

$$\rho_{fi} = \frac{R_i A_f}{L} \dots\dots\dots (3)$$

式中: ρ_{fi} ——碳纤维电阻率, $\Omega \cdot m$;

L 、 R_i 、 A_f 见公式 1 和公式 2。

按公式 3 计算碳纤维的平均电阻率。

$$\overline{\rho_f} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} \rho_{fi} \dots\dots\dots (4)$$

式中: $\overline{\rho_f}$ ——碳纤维的平均电阻率, $\Omega \cdot m$;

ρ_{fi} 见公式 3。

5.6.2 复合材料的电阻率计算

5.6.2.1 用游标卡尺测量并计算出每个试样上 5 处的截面积,取其平均值作为该试样的截面 A_{ci} ,测出每块试样的两个电压孔中线之间的距离 L_{ci} 。

5.6.2.2 按公式 5 求出每件复合材料的电阻率。

$$\rho_{ci} = \frac{R_{ci} A_{ci}}{L_{ci}} \dots\dots\dots (5)$$

式中: ρ_{ci} ——复合材料试样的电阻率, $\Omega \cdot m$;

A_{ci} ——复合材料试样的截面积, m^2 ;

L_{ci} ——复合材料试样的电压端之间的距离, m ;

R_{ci} ——复合材料试样的电阻, Ω 。

5.6.2.3 按公式 6 求出复合材料的平均电阻率。

$$\overline{\rho_c} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} \rho_{ci} \dots\dots\dots (6)$$

式中: $\overline{\rho_c}$ ——复合材料试样的平均电阻率, $\Omega \cdot m$;

ρ_{ci} 见公式 5。

5.7 试验报告

试验报告应包含以下内容:材料名称、规格、编号、生产厂、生产批次、送检单位、送检日期、测试日期、电阻率(最大值、最小值、平均值)、环境温度、相对湿度、测试人、审核人。

附录 A
航天常用碳纤维材料的密度
(参考件)

材料牌号	线密度 g/m	密度 g/cm ³
TCHOHTA	0.202	1.76
2—3R—3K	0.212	1.77
N40—3K	0.18	1.81
M60J—3K	0.1	1.94
M60—6K	0.2	1.93
T300—3K	0.204	1.76
TSX—111 1K,6K,3K	—	1.76
PAN—1000	0.056	1.74~1.77
PAN—3000	0.165	1.74~1.77
PAN—6000	0.350	1.74~1.77
中强 I —1000	0.052	1.73
高强 I —1000	—	1.77
中强 II —1000	0.056	1.76
T—40	—	1.81
T650/4	—	1.78
IM6	—	1.74~1.76
IM7	—	1.77
IM8	—	1.80
P75S	—	1.85
HM	—	1.95
HT	—	1.90
AC	—	1.7~1.8
AG	—	2.1
T800	—	1.74~1.76
T1000	—	1.82
P100	—	2.16
P120	—	2.18
AS4	—	1.78
SA6	—	1.80

附加说明：

本标准由中国航天工业总公司提出。

本标准由中国航天工业总公司七〇八所归口。

本标准由中国航天工业总公司六九九厂负责起草。

本标准主要起草人：刘松茂、黄正凯、朱明杰、裴建民。

本标准主要审查人：张炜、周明玉、张兴益、房文彬、沈松年、姜万庆。