

中华人民共和国国家标准

GB/T 5019—2002
代替 GB/T 5019—1985

以云母为基的绝缘材料 试验方法

Insulating materials based on mica—
Methods of test

(IEC 60371-2:1987, Specification for insulating materials based on mica
—Part 2: Methods of test, MOD)

2002-05-21 发布

2003-01-01 实施

中华人民共和国
国家质量监督检验检疫总局 发布

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 对试验的一般要求	1
4 可固化材料的试样制备	1
5 厚度	2
6 密度	3
7 表观密度	3
8 组成	4
9 拉伸强度和断裂伸长率	7
10 弯曲强度和弯曲弹性模量.....	7
11 折叠.....	8
12 挺度.....	8
13 抗渗出和位移性.....	8
14 弹性压缩和塑性压缩.....	9
15 树脂的流动性和凝固性	10
16 胶化时间	11
17 电气强度	11
18 在 48 Hz~62 Hz 频率下的介质损耗因数与温度关系的特性	11
19 在 48 Hz~62 Hz 频率下的介质损耗因数与电压关系的特性	12
20 缺陷和导电粒子的检测	12
21 渗透性	12
22 耐热性	12
附录 A(资料性附录) 本标准章条编号与 IEC 60371-2:1987 章条编号对照	17
附录 B(资料性附录) 本标准与 IEC 60371-2:1987 技术性差异及其原因	18

前 言

GB/T 5019 是《以云母为基的绝缘材料》系列国家标准之一。下面列出了这些系列标准：

- GB/T 5019《以云母为基的绝缘材料 试验方法》；
- GB/T 5020《以云母为基的绝缘材料 定义和一般要求》；
- GB/T 5021《以云母为基的绝缘材料 换向器隔板和材料》；
- GB/T 5022《以云母为基的绝缘材料 电热设备用云母板》。

本标准修改采用 IEC 60371-2:1987《以云母为基的绝缘材料规范 第2部分：试验方法》(英文版)，包括其修正案 IEC 60371-2-Amd1:1994。

本标准根据 IEC 60371-2:1987 重新起草。在附录 A 中列出了本标准章条编号与 IEC 60371-2:1987 章条编号的对照一览表。

考虑到我国国情，在采用 IEC 60371-2:1987 时，本标准做了一些修改。有关技术性差异已编入正文中并在它们所涉及的条款的页边空白处用垂直单线标识。在附录 B 中列出了这些技术性差异及其原因的一览表以供参考。修正案 IEC 60371-2-Amd1:1994 已纳入正文中并在它们所涉及的条款的页边空白处用垂直双线标识。

本标准代替 GB/T 5019—1985《电气绝缘云母制品 试验方法》。

本标准与 GB/T 5019—1985 相比主要变化如下：

- 删除了“加热减量”、“柔软性”、“边缘弯曲度”、“起层率”、“可塑性”、“体积电阻率”、“高温绝缘电阻”。(1985年版的第4章、第12章、第13章、第14章、第15章、第19章、第20章)；
- 增加了“范围”、“规范性引用文件”、“面积大于 10 cm^2 换向器隔板厚度”、“表观密度”、“剥片云母的尺寸”、“折叠”、“渗透性”。(见第1章、第2章、5.3.2.3、第7章、8.7、第11章、第21章)；
- 修改了“密度”和“弯曲强度和弯曲弹性模量”(1985年版的第2章和第6章；本版的第6章和第10章)。

本标准的附录 A、附录 B 均为资料性附录。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国绝缘材料标准化技术委员会(CSBTS/TC51)归口。

本标准起草单位：桂林电器科学研究所。

本标准主要起草人：赵莹、阎雪梅。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 5019—1985。

以云母为基的绝缘材料 试 验 方 法

1 范围

本标准规定了粘合云母材料、以粘合云母材料为基的产品及云母纸的试验方法。

本标准适用于有关电气设备用、由剥片云母或云母纸、带或不带补强材料粘合而成的绝缘材料,并适用于云母纸。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 1033—1986 塑料密度和相对密度试验方法(eqv ISO/DIS 1183:1984)

GB/T 1408.1—1999 固体绝缘材料电气强度试验方法 工频下试验(eqv IEC 60243-1:1988)

GB/T 1409—1988 固体绝缘材料在工频、音频、高频(包括米波长在内)下相对介电常数和介质损耗因数的试验方法(eqv IEC 60250:1969)

GB/T 9341—2000 塑料弯曲性能试验方法(idt ISO 178:1993)

GB/T 11026.1—1989 确定电气绝缘材料耐热性的导则 制定老化试验方法和评价试验结果的总规程(eqv IEC 60216-1:1987)

GB/T 11026.2—2000 确定电气绝缘材料耐热性的导则 第2部分:试验判断标准的选择(idt IEC 60216-2:1990)

GB/T 11026.4—1999 确定电气绝缘材料耐热性的导则 第4部分:老化烘箱 单室烘箱(idt IEC 60216-4-1:1990)

ISO 67:1981 白云母块、片和薄片——按尺寸分级

3 对试验的一般要求

除另有规定外,取下的试样应在温度 $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和相对湿度 $50\% \pm 5\%$ 下处理 24 h。试验可在 $15\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度下进行。有争议时,试验应在温度 $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和相对湿度 $50\% \pm 5\%$ 的条件下进行。

4 可固化材料的试样制备

按下述方法制备试样。

方法 I:

从足够的材料上清除松散的颗粒及露出的毛边,以提供特定试验所需要的试样板。

裁取并堆叠制备试样板所需的材料。对于带状材料,用半叠层法,采用相邻层间相互垂直的办法使试样叠层达到所要求的厚度,如有要求,则切边以获得所要求的尺寸。

除非另有规定,调节压机的温度到 $160\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

在 $15\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下,把试样叠层置于两块厚度不超过 1.5 mm 抛光钢板的中央。

放入与所需试样板厚度相同的定位挡块。
把抛光钢板和试样叠层的组合件置入已预热的压机中央。
立即闭合压机并施加足够的压力至定位挡块。试样叠层固化至少 30 min。
取出试样板,按单项材料规范给定的或按供方推荐的温度和时间进行后固化处理。

方法Ⅰ:
从足够的材料上清除松散的颗粒及露出的毛边,以提供特定试验所需要的试样板。
对于全幅宽和片状材料,裁取并堆叠制备试样板所需要的材料。
对于带状材料,有两种推荐方法供制备试样叠层:

- a) 把带材切成片,其长度等于试样叠层的长度,再把这些片平行、半搭接地叠在一起。下一层的搭接边缘应与上一层的搭接边缘错开。推荐用热的熨斗或烙铁固定这些片。
- b) 取一块其长宽与所要求的试样叠层相同、厚度为 2 mm~3 mm 的金属板。以半搭接方式用带材绕包金属板,每层均沿着同一方向进行缠绕,直到厚度符合要求为止。建议缠绕时每层分别起头,下一层的搭接边缘应与上一层的搭接边缘错开。在金属板与带材之间要放置一张衬垫防粘材料。最终形成两个相同厚度的试样叠层。

把制备好的具有图 1 所示结构的试样叠层置入压机内。
下述压制程序(见图 2)仅作为一个例子,其他压制程序应按合同规定。
—— 闭合冷压机并施加 0.15 MPa 的压力。
—— 在 0.15 MPa 的压力下,加热压机至 70℃。
—— 减小压力至零,短时打开压机(放气)。
—— 在 0.15 MPa 的压力下,加热压机至 90℃。
—— 减小压力至零,短时打开压机(放气)。
—— 在 0.15 MPa 压力下,加热压机至 110℃。
—— 减小压力至零,短时打开压机(放气)。
—— 在 0.15 MPa 压力下,加热压机至 160℃±5℃,并保持到树脂开始胶化。这一时刻是用一根试验棒目测加以控制的,一旦树脂开始胶化,增大压力至 3 MPa。
—— 在 3 MPa 及 160℃±5℃下固化 60 min 或在其他规定的温度下固化。
—— 在压力下冷却试样。

压制完毕之后,按单项材料规范规定的或按供方推荐的时间和温度对试样板进行后固化。

5 厚度

5.1 试验设备

根据被试材料,测量厚度的设备有如下几种:

- 5.1.1 恒压测厚仪,其测量平面直径为 6 mm~8 mm,分度为 0.01 mm,允许读到 0.005 mm。施加到试样上的压力为 $0.1 \times (1 \pm 0.1)$ MPa。当用校正量规校验时,测量的准确度应在 0.005 mm 之内。
- 5.1.2 一种符合 5.1.1 规定的仪器,但施加到试样上的压力为 $0.7 \times (1 \pm 0.1)$ MPa。
- 5.1.3 一种符合 5.1.1 规定的仪器,但施加到试样上的压力为 $7.0 \times (1 \pm 0.1)$ MPa。
- 5.1.4 一种能产生恒压为 $30 \times (1 \pm 0.1)$ MPa 并能均匀地分布于试样整个面上的试验设备。它是由一台带有平行压板的压机和一个允许测量到 ±0.02 mm 的系统组成。

5.2 试样

- 5.2.1 以板状或片状的形式供货的材料,试样为一块整板或整片。
- 5.2.2 以成卷的形式供货的材料,试样为沿卷的整幅宽切下的窄条,其面积为 0.2 m²。
- 5.2.3 以带状的形式供货的材料,试样为长度 2 m 的窄条。
- 5.2.4 以换向器隔板的形式供货的材料

- 5.2.4.1 面积为 10 cm^2 或以下的换向器隔板,试样为 5 块单独的隔板。
- 5.2.4.2 面积大于 10 cm^2 的换向器隔板,试样按单项材料规范所给定的方法而定:
- 试样为一块隔板;
 - 试样为一叠压至规定尺寸的隔板(如果需要的话,可用隔离层来分开),隔板的数量由购方规定。
- 5.2.4.3 对于切成不同于隔板形状的平板,试样为一块平板。

5.3 程序

厚度测量应按下述程序之一进行:

5.3.1 除换向器隔板以外,按薄板(含窄条)、卷、带供货的材料,在每个试样上均匀地测量 10 点:板材沿两条对角线;卷材和带材(不在边缘)沿着试样长边的近似中间线进行测量。测量仪器按 5.1.1 的规定,压力为 0.1 MPa 。

5.3.2 换向器隔板及用于制作换向器隔板的薄板和条材,采用下述程序之一:

5.3.2.1 薄板:用 5.1.3 规定的具有 7.0 MPa 压力的仪器,按 5.3.1 规定的方法测量每个试样的厚度。

5.3.2.2 面积为 10 cm^2 或以下的隔板:用 5.1.3 规定的具有 7.0 MPa 压力的仪器,在 5 块隔板上各测量一点。

5.3.2.3 面积大于 10 cm^2 的隔板:按下述的 a)或 b)测量厚度,所用的方法按单项材料规范规定。

- 对于单块供货的隔板,用 5.1.3 规定的具有 7.0 MPa 压力的仪器,均匀地在试样上测量三点。
- 对于压至规定尺寸成叠包装供货的隔板,每个试样由一叠层组成,在 5.1.4 规定的条件下,用具有 30 MPa 压力的设备测量厚度。测量时要保证被试叠层中所有隔板对齐。

在每次测量之前,用一块尺寸已知并大致等于被测试样尺寸的钢块对压机形变进行测量。

在获得单个试样厚度(d_1),其中包括隔离层厚度(d_2)时,应把压机形变的修正值加入测得值中或从测得值中减去修正值。

对于一叠含有($n-1$)块隔离层和 n 块隔板的总厚度(d),按下式计算:

$$d = nd_1 + (n - 1)d_2 \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

d ——由 n 块隔板和($n-1$)块隔离层组成的叠层厚度的数值,单位为毫米(mm);

n ——隔板数目的数值;

d_1 ——一块隔板的厚度的数值,单位为毫米(mm);

$n-1$ ——隔离层数目的数值;

d_2 ——一块隔离层的厚度的数值,单位为毫米(mm)。

5.4 结果

对于包装好的成叠隔板,以 nd_1 值作为该叠层的厚度,并报告每叠层隔板的数目。对于所有其他情况,以结果的中值作为试样的厚度,并报告最大值和最小值。

6 密度

本试验按 GB/T 1033—1986 中的浸渍法进行。

对可固化的材料,每个试样用一块尺寸适宜并边缘修齐的试样板,该板应按第 4 章规定制备。

7 表观密度

表观密度由单位面积质量和厚度的中值按下式计算:

$$d = \frac{m_a}{d_e} \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中：

d ——表观密度的数值，单位为克每立方厘米(g/cm^3)；

m_a ——单位面积的质量的数值，单位为克每平方米(g/m^2)；

d_e ——厚度的数值，单位为毫米(mm)。

8 组成

8.1 试样

试样质量约 5 g(对薄的材料，取约 250 cm^2)。试样数量为 2 个。试样应包括材料的完整厚度。

8.2 “收货”状态下材料单位面积的质量

在 $23\text{ }^\circ\text{C}\pm2\text{ }^\circ\text{C}$ 的温度下从原包装中取出试样并在 4 h 内进行试验。称量试样(m_1)，准确到 1 mg，测量试样面积(A)准确到 $\pm1\%$ 。

“收货”状态下材料单位面积的质量按下式计算：

$$m_t = \frac{m_1}{A} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

m_t ——“收货”状态下材料单位面积的质量的数值，单位为克每平方米(g/m^2)；

m_1 ——“收货”状态下试样的质量的数值，单位为克(g)；

A ——试样面积的数值，单位为平方米(m^2)。

8.3 挥发物的质量分数和干燥材料单位面积的质量

除供需双方另有协议外，将 8.2 称量过的试样(m_1)在 $150\text{ }^\circ\text{C}\pm3\text{ }^\circ\text{C}$ 的温度下加热 1 h。在干燥器中冷却至室温后称量(m_2)。

挥发物的质量分数按下式计算：

$$T_v = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \dots\dots\dots (4)$$

式中：

T_v ——挥发物的质量分数的数值，以百分数($\%$)表示；

m_2 ——干燥后试样的质量的数值，单位为克(g)。

干燥材料单位面积的质量按下式计算：

$$m'_t = \frac{m_2}{A} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

m'_t ——干燥材料单位面积的质量的数值，单位为克每平方米(g/m^2)。

8.4 胶粘剂的质量分数和单位面积胶粘剂的质量

8.4.1 无补强或无机物补强的材料

把按 8.3 干燥过的试样(m_2)放入 $500\text{ }^\circ\text{C}\pm25\text{ }^\circ\text{C}$ 的马弗炉中加热灼烧。除非另有规定，加热时间为 2 h。在干燥器中冷却至室温后称量(m_3)。

胶粘剂的质量分数按下式计算：

$$c_b = \frac{m_2 - m_3}{m_2} \times 100 \dots\dots\dots (6)$$

式中：

c_b ——胶粘剂的质量分数的数值，以百分数($\%$)表示；

m_3 ——灼烧后试样的质量的数值，单位为克(g)。

注：有争议时，加热应延续到质量恒定。当连续两次称量的差不大于 0.1%时，认为质量是恒定的。

单位面积胶粘剂的质量按下式计算：

$$m'_b = \frac{m_2 - m_3}{A} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

m'_b ——单位面积胶粘剂的质量的数值，单位为克每平方米(g/m²)。

8.4.2 有机物补强的材料(可溶性胶粘剂)

把按 8.3 干燥过的试样(m_2)放入容量为 500 cm³ 的索氏(S Soxhlet)抽提器或叫脂肪抽提器的过滤坩埚中，抽提试验装置见图 3。

供方推荐的溶剂应能完全溶解胶粘剂，但不应溶解补强物。在回流下沸腾 2 h，或如果需要完全溶解胶粘剂，可延续更长的时间。把处理过的试样从过滤坩埚中取出，在 135 C ± 2 C 下干燥 0.5 h。再放入干燥器中冷却至室温后称量(m_4)。

胶粘剂的质量分数按下式计算：

$$c_b = \frac{m_2 - m_4}{m_2} \times 100 \dots\dots\dots (8)$$

式中：

m_4 ——抽提后试样的质量的数值，单位为克(g)。

单位面积胶粘剂的质量按下式计算：

$$m'_b = \frac{m_2 - m_4}{A} \dots\dots\dots (9)$$

注：正常抽提时间为 2 h。对较厚的材料可小心地把材料剥开以促使溶剂渗透。

8.4.3 有机物补强的材料(不溶性胶粘剂)

用 m_2 值(见 8.3)和 m_3 值(见 8.4.1)以及由供方提供的补强材料单位面积的质量求出的试样中有有机物补强材料的质量(m_5)，按下式计算胶粘剂的质量分数：

$$c_b = \frac{m_2 - (m_3 + m_5)}{m_2} \times 100 \dots\dots\dots (10)$$

式中：

m_5 ——试样中有有机物补强材料的质量的数值，单位为克(g)。

单位面积胶粘剂的质量按下式计算：

$$m'_b = \frac{m_2 - (m_3 + m_5)}{A} \dots\dots\dots (11)$$

8.4.4 有机硅胶粘剂的材料(可溶性胶粘剂)

按合同规定测定有机硅胶粘剂的含量。一种可行的方法如下。

把按 8.3 干燥过的试样放入一个预先干燥并称量过的过滤坩埚中称量，质量之差即为试样的质量(m_2)。

把足量的二乙胺(试剂级)注入索氏(S Soxhlet)抽提器的烧瓶内，使其量能充满虹吸管高度的 1.5 倍。以(6~10)次/h 的虹吸速率完全抽提试样(对薄材料抽提时间至少 4 h，对厚材料则要更长时间)。

让仪器冷却，再以丙酮代替二乙胺，如前述抽提 1.5 h。

取出抽提器中的过滤坩埚，把它放在表面皿上在空气中干燥 10 min，然后在 105 C ± 2 C 的烘箱中加热 30 min。

过滤坩埚在干燥器中冷却至室温后称量，减去过滤坩埚的质量得抽提后试样的质量(m_4)。

胶粘剂的质量分数按下式计算：

$$c_b = \frac{m_2 - m_4}{m_2} \times 100 \dots\dots\dots (12)$$

单位面积胶粘剂的质量按下式计算：

$$m'_b = \frac{m_2 - m_4}{A}$$

.....(13)

8.4.5 有机硅胶粘剂无补强的材料(不溶性胶粘剂)

按 8.4.1 进行。由制造厂说明有机硅漆漆基有机物的质量分数。
胶粘剂的质量分数按下式计算：

$$c_b = \frac{m_2 - m_3}{m_2 B} \times 100$$

.....(14)

式中：
 B ——有机硅漆漆基有机物的质量分数的数值，以百分数(%)表示。
单位面积胶粘剂的质量按下式计算：

$$m'_b = \frac{m_2 - m_3}{AB}$$

.....(15)

8.5 单位面积补强材料的质量

供方应说明所用补强材料的单位面积的质量。测定该项性能的方法按合同规定。
另外，可用下述程序之一并在合同中说明。

a) 对于无机物补强的材料：
按 8.4.1 完成加热周期后，小心地分离补强材料并称量(m_6)。
单位面积补强材料的质量按下式计算：

$$m'_r = \frac{m_6}{A}$$

.....(16)

式中：
 m'_r ——单位面积补强材料的的质量的数值，单位为克每平方米(g/m^2)；
 m_6 ——试样中无机物补强材料的的质量的数值，单位为克(g)。

b) 对于有机物补强的材料(可溶性胶粘剂)：
按 8.4.2 完成加热周期后，小心地分离补强材料并称量(m_7)。
单位面积补强材料的质量按下式计算：

$$m'_r = \frac{m_7}{A}$$

.....(17)

式中：
 m_7 ——试样中有机物补强材料的的质量的数值，单位为克(g)。

8.6 云母的质量分数和单位面积云母的质量

根据上述试验结果，能计算云母的质量分数和单位面积云母的质量。
对于无补强或有机物补强的材料：

$$c_m = \frac{m_3}{m_2} \times 100$$

.....(18)

$$m'_m = \frac{m_3}{A}$$

.....(19)

式中：
 c_m ——云母的质量分数的数值，以百分数(%)表示；
 m'_m ——单位面积云母的质量的数值，单位为克每平方米(g/m^2)。
对于无机物补强的材料：

$$c_m = \frac{m_3/A - m'_r}{m'_t}$$

.....(20)

$$m'_m = m'_t - m'_b - m'_r$$

.....(21)

8.7 剥片云母的尺寸

8.7.1 试样

薄板试样尺寸应是 $300\text{ mm} \times 300\text{ mm}$ 。带材试样及特殊试验条件由单项材料规范规定。

8.7.2 试验方法

为除去胶粘剂,把试样置于一个盘或浅槽中,用 15% 苛性钾(KOH)溶液煮沸直到发生解体。如果用上述方法不能除去胶粘剂,则可用任何其他合适的溶剂或把试样置于马弗炉中加热直到胶粘剂完全除去,使得能够测定剥片云母为止。另外,也可以用机械方法将剥片云母取下,但在这过程中剥片云母不应被撕裂。

解体后,用热水或新鲜溶剂把取下的剥片云母清洗几次,然后使其干燥。用 ISO 67 规定的模板确定剥片云母的尺寸。

9 拉伸强度和断裂伸长率

9.1 试验设备

可使用恒速加荷试验机或恒速移动试验机。试验机最好采用动力驱动,分度到能读出单项材料规范要求值的 1%。

9.2 试样

至少取 5 个试样。试样长度应能使试样在试验机两夹头间的距离为 200 mm 长。

当测试全幅宽和片状材料时,试样宽度为 25 mm,沿纵向和横向各切取 5 个试样。如果试样中含有纺织补强物,切自同一方向的任何 2 个试样在长度方向上不应含有同根织线。

带状材料沿其纵向取样,并按供货宽度,最宽不超过 25 mm。

9.3 程序

把试样固定于试验机上。施加负荷的方法是:从开始施加负荷至负荷达到相应于规定的最小拉伸强度的瞬间时间为 $60\text{ s} \pm 10\text{ s}$,继续施加负荷直到试样断裂,记录断裂的力和断裂时的伸长或补强物中的一个组成部份破坏时的力和伸长。

如果试样断在试验机的夹头内或夹头处,则此结果无效,用另一试样重做试验。

当需要测定接头处的拉伸强度时,把接头置于近似两夹头中间处。

注:对某些材料,可要求采取附加措施以防止试样在试验机夹头处打滑。

9.4 结果

分别报告两个方向的拉伸强度和伸长率(有要求时)。拉伸强度取 5 个断裂负荷的中值,以 $\text{N}/10\text{ mm}$ 宽表示。伸长率取 5 次测量的中值,以对原始长度的百分数表示。同时报告最大值和最小值。

10 弯曲强度和弯曲弹性模量

10.1 试样

测定弯曲强度时,沿着与样品一个边缘相平行及相垂直的方向各取五个试样。每个试样的长度应不小于被测试样厚度的 20 倍,试样的宽度为 $10\text{ mm} \sim 25\text{ mm}$,厚度为 $4\text{ mm} \pm 0.2\text{ mm}$ 。

测定弯曲弹性模量时,沿着与样品一个边缘相平行及相垂直的方向各取两个试样。

对于可固化材料,试样应从一块按第 4 章制备的试样板上切取。

10.2 程序

按 GB/T 9341—2000 进行试验。应在 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $155\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或单项材料规范规定的温度下测定该性能。

10.3 结果

分别报告两个方向的弯曲强度和弯曲弹性模量。弯曲强度取 5 次测量的中值,弯曲弹性模量取两次测量的平均值。

11 折叠

试样在 $23\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度下保持 1 h 后,在此温度下进行试验。把任一合适尺寸的试样折叠 180° ,玻璃布面朝内。尽可能快地用大拇指和食指进行折叠操作。
检查试样是否断裂或分层。

12 挺度

12.1 条件处理和试验环境

试样应在标准的试验室温度 $23\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下达到平衡。

12.2 试样

全幅宽材料:纵横向各取 5 个试样,长度为 200 mm,宽度为 15 mm。
带状材料:取 5 个试样,长度为 200 mm,对于带宽大于 10 mm 的带材,宽度为带宽。当沿横向试验时,带宽即为试样的长度。

12.3 程序

测量试样尺寸应准确到 $\pm 0.5\text{ mm}$ 。按图 4 和图 5 所示放置试样,将试样对称地放在支承台上,试样的长边与槽平行,试样的玻璃布面朝下。驱动压梁使其进入槽内,此时遇到来自试样的阻力,直到出现最大阻力为止。支承台相对压梁移动的速率应是能使最大力在 $15\text{ s}\pm 3\text{ s}$ 内达到。一种如台式天平的测力装置可以用来记录最大的阻力。

挺度按下式计算:

$$S = \frac{F_{\max}}{l} \dots\dots\dots (22)$$

式中:

- S ——挺度的数值,单位为牛顿每米(N/m);
- $F_{\max}$ ——最大的弯曲负荷的数值,单位为牛顿(N);
- l ——试样长度的数值,单位为米(m)。

12.4 结果

分别报告纵向(纬线变形)和横向(经线变形)挺度的中值、最大值及最小值,并注明试验温度。

13 抗渗出和位移性

通常本试验用于换向器隔板材料。它是在特定的温度和压力条件下,测定云母或胶粘剂(渗出)的位移、或云母和胶粘剂两者的位移。
该试验人为因素很大,因而在说明试验结果时要特别注意。

13.1 试验设备

用一台能对试样施加 60 MPa 压力的压机。若干 2 mm 厚的平钢板,一块钻有一个测温用热电偶插孔的 10 mm 厚钢块。

13.2 试样

试样的高度为 12 mm~15 mm,由若干块面积约 20 cm^2 的小云母板组成(推荐小云母板的尺寸为 $40\text{ mm}\times 40\text{ mm}$)。制样时应小心,以保证试样的重现性,应把所有小云母板的四个边缘切割干净。
为了进行试验,需要形成一个叠层,该叠层由 n 块组成试样的小云母板和 $(n+1)$ 块具有相同面积的钢板组成,小云母板试样和钢板交替放置,钻孔的钢块置于叠层中间并尽可能保证垂直对齐。

13.3 程序

把按 13.2 制备的叠层置于压机的两平板之间,压机已预先加热到比单项材料规范规定的温度高 $5\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。然后施加 60 MPa 压力于叠层上,用隔热材料把叠层围起来。当热电偶(见 13.1)指示的温

度达到单项材料规范规定的温度时,维持温度和压力 30 min,之后仔细地检查试样边缘。

注:对于其他时间、温度和压力,这些试验条件可在合同中说明。

13.4 结果

- 记录下述内容:
- 材料的位移;
- 试样边缘处以胶粘剂小滴所显示的渗出物。

14 弹性压缩和塑性压缩

本试验用于换向器隔板材料。

弹性压缩和塑性压缩是被测材料在经受由 7 MPa~60 MPa 周期变化的压力作用下,其尺寸达到稳定后测得的厚度变化来确定的(见 14.3)。试验温度在单项材料规范中说明。弹性压缩和塑性压缩是以 7 MPa 压力下所测得的厚度的百分数表示的。

14.1 试验设备

试验设备同 13.1 的规定。附加一个测量装置使得被测叠层的高度能测到 0.02 mm 以内。

14.2 试样

试样同 13.2 的规定。试样数量为二叠层。

14.3 程序

把按 14.2 制备的叠层(见 13.2)置于压机的两平板之间,在室温下施加 7 MPa 的压力并测量其总高度 d_0 。用隔热材料把叠层围起来。然后把平板加热到比单项材料规范所规定的温度(t_{spec})高出 5℃~10℃。维持这温度直到热电偶(见 13.1)指示单项材料规范所规定的温度为止。然后测量叠层的总高度 d_1 。

接着在约 10 min 内把叠层上的压力加大到 60 MPa,并保持 15 min。

然后测量叠层总高度 d_2 。

在约 5 min 内把压力降低到 7 MPa,并再次测量叠层的总高度 d_1 。

开始重复循环,但保持最大压力的时间仅 5 min。反复进行这种循环,直到 d_1 和 d_2 相继两次测量值的差稳定在 0.02 mm 内,才能认为这种循环已经稳定。把稳定后的循环值 d_1 和 d_2 记作 D_1 和 D_2 。最后让叠层在 7 MPa 压力下冷却至室温并测量叠层总高度 d_5 。

考虑到试验设备和中间钢板的变形,故将试验所使用的钢板叠层在规定温度下按上述循环稳定之后于 7 MPa 和 60 MPa 压力时测量的高度分别记作 d_3 和 d_4 ,在 7 MPa 压力和室温下测量的高度记作 d_6 。

14.4 结果

记录构成试样的层数以及高度。

被测材料的弹性压缩按下式计算:

$$E = \frac{(D_1 - d_3) - (D_2 - d_4)}{D_1 - d_3} \times 100 \dots\dots\dots (23)$$

式中:

- E ——弹性压缩的数值,以百分数(%)表示;
- D_1 ——在规定的温度下,压力为 7 MPa 时叠层循环稳定后的总高度的数值,单位为毫米(mm);
- d_3 ——在规定的温度下,压力为 7 MPa 时钢板叠层的高度的数值,单位为毫米(mm);
- D_2 ——在规定的温度下,压力为 60 MPa 时叠层循环稳定后的总高度的数值,单位为毫米(mm);
- d_4 ——在规定的温度下,压力为 60 MPa 时钢板叠层的高度的数值,单位为毫米(mm)。

被测材料的塑性压缩按下式计算:

$$P = \frac{d_0 - d_5}{d_0 - d_6} \times 100 \dots\dots\dots (24)$$

式中：

- P ——塑性压缩的数值，以百分数(%)表示；
- d_0 ——在室温下，压力为 7 MPa 时循环前叠层的总高度的数值，单位为毫米(mm)；
- d_5 ——在室温下，压力为 7 MPa 时循环后叠层的总高度的数值，单位为毫米(mm)；
- d_6 ——在室温下，压力为 7 MPa 时钢板叠层的高度的数值，单位为毫米(mm)。

注：通过作相对于规定温度 t_{spec} 下的 D_1 的厚度变化百分率与连续加压、减压循环过程中压力变化的关系曲线可获得一个典型图例(见图 6)。

15 树脂的流动性和凝固性

本试验温度应在合同所陈述的单项材料规范中注明。

15.1 试样

试样数量为二叠层。

用模板把材料切成 50 mm×50 mm 的方形试片多块，使叠后总的标称厚度约 2 mm。清除试样上松散的颗粒和露出的毛边并准确地把这些方形试片对齐。

对于带材，用相邻层间相互垂直的方法平接带材以形成足够厚度的叠层，使未压缩叠层的厚度为 2 mm。对某些宽度的带材，可切成 50 mm×50 mm 的方形试样。

15.2 程序

称量试样并准确到 1 mg(m_1)。

按 8.4 测定并记录树脂的质量分数(c_b)。

按 5.1.2 规定的方法(0.7 MPa)，测量叠层厚度(t_1)。

在 15 C~35 C 下把试样置于厚度不超过 1.5 mm 的两块抛光钢板中间。不使用定位挡块。

把钢板和试样组合件置入预先加热到单项材料规范规定的温度的压机内。

立即闭合压机并施加 1 MPa 的压力，使试样固化 5 min±1 min。从抛光钢板中取出试样。

仔细地清除挤出的树脂并注意不要带出玻璃纤维。再次称量试样(m_2)。

按 5.1.2 规定的方法(0.7 MPa)测量叠层厚度(t_2)。

15.3 结果

规定温度下树脂的流动性按下式计算：

$$F = \frac{m_1 - m_2}{m_1 c_b} \times 100 \dots\dots\dots (25)$$

式中：

- F ——树脂的流动性的数值，以百分数(%)表示；
- m_1 ——叠层试验前的质量的数值，单位为克(g)；
- m_2 ——叠层试验后的质量的数值，单位为克(g)；
- c_b ——按 8.4 测定的试样树脂的质量分数的数值，以百分数表示。

规定温度下树脂的凝固性按下式计算：

$$C = \frac{t_1 - t_2}{t_1} \times 100 \dots\dots\dots (26)$$

式中：

- C ——树脂的凝固性的数值，以百分数(%)表示；
- t_1 ——叠层试验前的厚度的数值，单位为毫米(mm)；
- t_2 ——叠层试验后的厚度的数值，单位为毫米(mm)。

16 胶化时间

试样数量为两组,每组试样由约 10 片尺寸为 $100\text{ mm}\times 25\text{ mm}$ 的试片堆叠而成。对于宽度小于 25 mm 的带材,试样宽度为被试带的原宽。

将叠层置于一块表面温度保持在 $170\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的热板上加压,使熔融树脂挤压出来。计时器应在树脂刚刚触及热板的瞬间开始计时。

在树脂已经熔化并达到规定的胶化时间的 75% 时,用一根 3 mm 直径的小木棍搅拌树脂,应尽可能垂直地握持小木棍,混合熔化树脂的中央以及边缘。在搅拌过程中,熔化树脂的熔穴直径不应超过 25 mm 。

在接近胶化点时,树脂开始发粘并形成丝状物,当树脂不再形成丝状物和不再发粘但仍有弹性时,表明已经胶化。此时停止计时,把测得的时间作为胶化时间。单位为分(min)或秒(s)。

17 电气强度

本试验按 GB/T 1408.1—1999 进行。

17.1 电极

单项材料规范可按 GB/T 1408.1—1999 中图 1a)、图 1b) 或图 2 选用试验电极。

17.2 试样

除单项材料规范另有规定外,试样厚度即为收货状态下产品的厚度。

试样面积根据产品的厚度决定,以避免电极间表面放电。

对于可固化的材料,试样应按第 4 章制备。试样尺寸至少为 $250\text{ mm}\times 250\text{ mm}$ 。试样厚度应为 1 mm ,并由 3 层以上固化而成。

试验次数为 5 次,可在同一试样上进行,应测量试样厚度。

17.3 程序

试样按 GB/T 1408.1—1999 中第 6 章条件处理后,在空气中或在油中对其进行试验。试验用的介质应按单项材料规范中的规定。施加电压应按 GB/T 1408.1—1999 中 10.1。击穿判断标准:按 GB/T 1408.1—1999 中第 11 章。

17.4 报告

按 GB/T 1408.1—1999 中第 13 章。

18 在 $48\text{ Hz}\sim 62\text{ Hz}$ 频率下的介质损耗因数与温度关系的特性

18.1 试样

试样尺寸约 $150\text{ mm}\times 150\text{ mm}\times 2\text{ mm}$ 。对可固化材料按第 4 章规定制备。

18.2 试验条件

在空气中进行试验。从 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 开始测定,其温度间隔为 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,一直测到单项材料规范规定的温度为止。

18.3 电极

电极按 GB/T 1409—1988 规定。一种合适的电极配置方法是:高压电极直径为 100 mm ,低压电极直径为 75 mm ,低压电极周围放置一个宽约 10 mm 的保护环,电极与保护环间的间隙为 $1.5\text{ mm}\sim 2.0\text{ mm}$ 。用黄铜电极作试样电极的背衬,电极材料应符合 GB/T 1409—1988 的规定。黄铜电极边缘倒角半径大于 0.8 mm ,以消除尖锐的边缘。

18.4 程序

按 GB/T 1409—1988 选用一种合适的试验设备,在已测厚度的试样上施加一个最高电场强度 1.5 kV/mm ,在 $48\text{ Hz}\sim 62\text{ Hz}$ 频率下进行试验。

在上述规定的各温度下,测定试样的介质损耗因数,并作出介质损耗因数与温度的关系曲线。

19 在 48 Hz~62 Hz 频率下的介质损耗因数与电压关系的特性

19.1 试样

试样尺寸约 150 mm×150 mm×2 mm。对可固化材料按第 4 章规定制备。

19.2 试验条件

在空气中进行试验。从 1 kV 开始施加电压,其电压间隔为 1 kV,一直测到 20 kV 或者测到曲线出现转折点为止。哪一种情况先出现,就以先出现的情况为准。

19.3 电极

同 18.3 的规定。

19.4 程序

按 GB/T 1409—1988 选用一种合适的试验设备,在空气中于 23℃±2℃以及 48 Hz~62 Hz 频率下进行试验。在上述规定的各电压下,测定试样的介质损耗因数,并作出介质损耗因数与电压的关系曲线。

20 缺陷和导电粒子的检测

合适的试验方法正在考虑之中。

21 渗透性

21.1 试验设备

标准 Williams 型渗透仪,其试验面直径为 60 mm±0.5 mm(见图 7)。

注:盛试验液体的容器能加热和冷却,宜恒温控制。

计时器:例如秒表,计时准确到 0.1 s。

试验液体:体积分数为 60%蓖麻油(二次精馏)和 40%甲苯的混合液。25℃密度为 0.917 g/cm³。25℃粘度为 26 mPa·s。

注:由于甲苯易挥发,试验液体每 10 天应补充一次甲苯。另外,由于蓖麻油的老化会降低测量的准确性,建议不要用存放 4 个月以上的混合液。

21.2 试样

试样尺寸为 75 mm×75 mm。每组试样为 3 个,共制备 2 组。

21.3 试验方法

按单项材料规范规定的方法测量试样厚度。在云母纸的同一面上(试验范围以外地方)对全部试样随机地从 1~6 进行编号。

把 2、4 和 6 试样的编号面朝外(即不与试液接触)进行试验。把 1、3 和 5 试样的编号面与试液接触进行试验。

把试液注入渗透仪,使试液水平面距顶部 5 mm。用夹环把试样固定在液体上方,保持试液的温度为 25℃±0.5℃(恒温控制)。

当渗透仪从水平位置转入倾斜位置时开始计时。

当试液完全浸透圆形试面时停止计时。

注:由试验而引起的试液损失,在下次试验之前应予以补充。

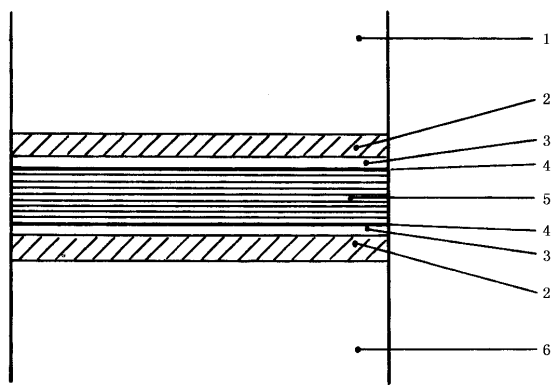
21.4 结果

报告每一组试样测量时间的中值、最大值及最小值。单位为秒(s)。并注明试样厚度。

22 耐热性

本试验按 GB/T 11026.1—1989、GB/T 11026.2—2000 和 GB/T 11026.4—1999 进行。

具体材料选取的特性及终点判断在单项材料规范中规定。



- 1—上加热板；
- 2—衬垫(衬垫应具有厚度 1 mm~2 mm。10 层牛皮纸或其他材料。例如,聚芳酰胺纤维纸、聚芳酰胺纤维布或玻璃布)；
- 3—抛光钢板(铬钢板,2 mm 厚)；
- 4—防粘材料(例如,三醋酸薄膜)；
- 5—叠层；
- 6—下加热板。

图 1 制备试验用试样板的叠层组成

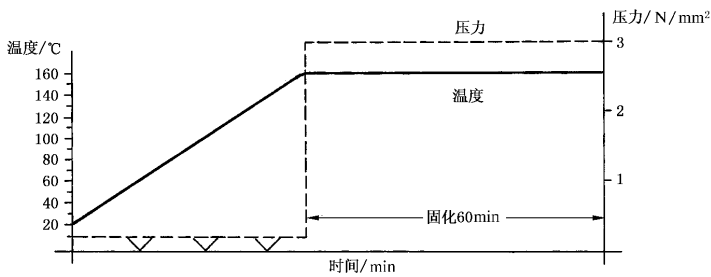
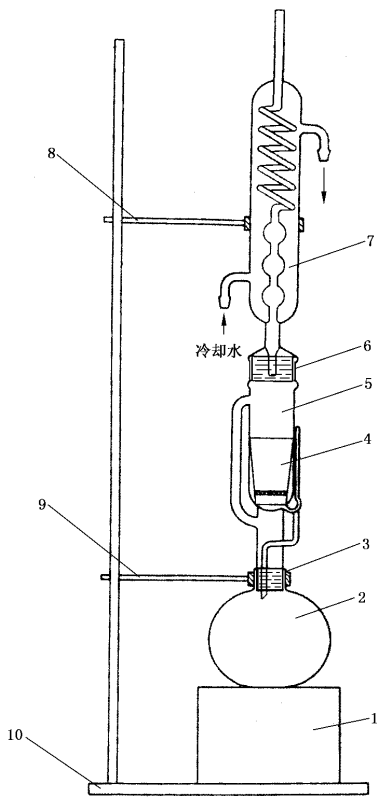
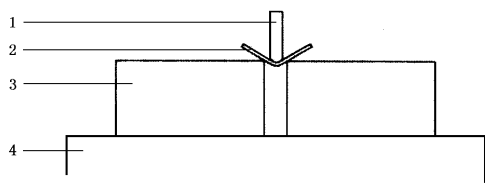


图 2 压制程序状态



- 1—加热器； 5—回流抽提器；
2—烧瓶； 7—冷凝器；
3、6—磨口； 8、9—万能夹；
4—过滤坩埚； 10—铁架台。

图 3 抽提试验装置示意图



- 1—压梁；
2—试样；
3—支承台；
4—测力装置。

图 4 测量挺度的设备