



中华人民共和国国家标准

GB/T 4722—2017
代替 GB/T 4722—1992

印制电路用刚性覆铜箔层压板试验方法

Test methods for rigid copper clad laminates for printed circuits board

2017-05-31 发布

2017-12-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	VII
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 一般要求	1
3.1 试验条件	1
3.1.1 正常试验的标准大气条件	1
3.1.2 仲裁试验的标准大气条件	1
3.1.3 试验处理条件表示方法	1
3.2 环境试验箱的温度变化	2
3.2.1 工作区内温度随时间的变化	2
3.2.2 工作区内温度随空间的变化	2
3.3 试样的制备	2
3.3.1 取样方法	2
3.3.2 试样的蚀刻方法	2
3.4 试验报告	2
4 外观	2
4.1 铜箔面和未覆箔面外观	2
4.1.1 目的	2
4.1.2 仪器和材料	3
4.1.3 试样	3
4.1.4 程序	3
4.1.5 试验报告	4
4.2 蚀刻后绝缘基材外观	4
4.2.1 目的	4
4.2.2 仪器和材料	4
4.2.3 试样	4
4.2.4 程序	4
4.2.5 试验报告	5
5 尺寸	5
5.1 长度和宽度	5
5.1.1 目的	5
5.1.2 仪器和材料	5
5.1.3 试样	5
5.1.4 程序	5
5.1.5 报告	5
5.2 垂直度	5
5.2.1 目的	5

5.2.2	仪器和材料	6
5.2.3	试样	6
5.2.4	程序	6
5.2.5	报告	8
5.3	厚度	8
5.3.1	目的	8
5.3.2	仪器与材料	8
5.3.3	试样	8
5.3.4	程序	8
5.3.5	报告	9
5.4	弓曲和扭曲	9
5.4.1	目的	9
5.4.2	仪器与材料	9
5.4.3	试样	9
5.4.4	程序	9
5.4.5	报告	11
6	物理和化学性能	11
6.1	金属表面的可清洁性	11
6.1.1	目的	11
6.1.2	仪器与材料	11
6.1.3	化学试剂	11
6.1.4	试样	12
6.1.5	程序	12
6.1.6	报告	12
6.2	耐化学性	12
6.2.1	目的	12
6.2.2	仪器与材料	12
6.2.3	化学试剂	13
6.2.4	试样	13
6.2.5	程序	13
6.2.6	报告	14
6.3	卤素含量	14
6.3.1	目的	14
6.3.2	仪器和材料	14
6.3.3	化学试剂	14
6.3.4	试样	14
6.3.5	程序	15
6.3.6	报告	18
6.4	燃烧性	18
6.4.1	垂直燃烧	18
6.4.2	水平燃烧	20
6.5	热应力	22
6.5.1	目的	22

6.5.2	仪器和材料	22
6.5.3	试样	22
6.5.4	程序	22
6.5.5	报告	23
6.6	可焊性(边浸法)	23
6.6.1	目的	23
6.6.2	仪器与材料	23
6.6.3	化学试剂	23
6.6.4	试样	23
6.6.5	程序	23
6.6.6	报告	24
6.7	玻璃化温度	25
6.7.1	DSC(差示扫描仪)法	25
6.7.2	DMA(动态机械分析仪)法(弯曲模式及拉伸模式)	27
6.7.3	TMA(热机械分析仪)探针法(Z轴法)	29
6.8	Z轴热膨胀系数(TMA 探针法)	32
6.8.1	目的	32
6.8.2	仪器与材料	32
6.8.3	试样	32
6.8.4	程序	32
6.8.5	计算公式	33
6.8.6	报告	33
6.9	热分解温度(T_d)(TGA 法)	34
6.9.1	目的	34
6.9.2	仪器与材料	34
6.9.3	试样	34
6.9.4	程序	34
6.9.5	报告	35
6.10	X/Y轴热膨胀系数(TMA 拉伸法)	35
6.10.1	目的	35
6.10.2	仪器与材料	35
6.10.3	试样	35
6.10.4	程序	36
6.10.5	计算公式	36
6.10.6	报告	37
6.11	热分层时间(TMA 探针法)	37
6.11.1	目的	37
6.11.2	仪器与材料	37
6.11.3	试样	37
6.11.4	程序	37
6.11.5	评定	37
6.11.6	报告	38
6.12	耐热性	38

6.12.1	目的	38
6.12.2	仪器与材料	38
6.12.3	试样	38
6.12.4	程序	38
6.12.5	报告	39
6.13	紫外光(UV)透过率	39
6.13.1	目的	39
6.13.2	仪器与材料	39
6.13.3	试样	39
6.13.4	程序	39
6.13.5	结果计算	40
6.13.6	报告	40
7	机械性能	40
7.1	拉脱强度	40
7.1.1	目的	40
7.1.2	仪器与材料	40
7.1.3	试样	41
7.1.4	程序	41
7.1.5	报告	42
7.2	剥离强度	42
7.2.1	验收状态下的剥离强度	42
7.2.2	热应力后的剥离强度	45
7.2.3	高温下剥离强度	45
7.2.4	暴露于工艺溶液后的剥离强度	46
7.3	弯曲强度	47
7.3.1	目的	47
7.3.2	仪器与材料	47
7.3.3	试样	48
7.3.4	程序	48
7.3.5	结果计算	49
7.3.6	报告	50
7.4	尺寸稳定性	50
7.4.1	目的	50
7.4.2	仪器与材料	50
7.4.3	试样	50
7.4.4	程序	51
7.4.5	结果计算	52
7.4.6	报告	53
7.5	冲孔性	53
7.5.1	目的	53
7.5.2	仪器与材料	53
7.5.3	试样	54
7.5.4	程序	54

7.5.5	评定	55
7.5.6	报告	56
8	电性能	56
8.1	击穿电压(平行层向)	56
8.1.1	目的	56
8.1.2	试验条件	56
8.1.3	仪器与材料	56
8.1.4	试样	56
8.1.5	程序	57
8.1.6	报告	58
8.2	电气强度	58
8.2.1	目的	58
8.2.2	试验条件	58
8.2.3	仪器与材料	58
8.2.4	试样	59
8.2.5	程序	59
8.2.6	结果计算	60
8.2.7	报告	60
8.3	体积电阻率和表面电阻率	60
8.3.1	目的	60
8.3.2	仪器与材料	60
8.3.3	试样	60
8.3.4	程序	62
8.3.5	结果计算	64
8.3.6	报告	64
8.4	绝缘电阻	64
8.4.1	目的	64
8.4.2	仪器与材料	64
8.4.3	试样	65
8.4.4	程序	65
8.4.5	报告	65
8.5	介电常数和介质损耗角正切	66
8.5.1	二流体槽法	66
8.5.2	平行板法	68
8.5.3	Q表法	70
8.6	耐电弧	71
8.6.1	目的	71
8.6.2	试验条件	71
8.6.3	仪器与材料	71
8.6.4	试样	71
8.6.5	程序	71
8.6.6	报告	72
8.7	相比漏电起痕指数	72

8.7.1	目的	72
8.7.2	仪器与材料	72
8.7.3	试样	72
8.7.4	程序	72
8.7.5	报告	72
9	环境性能	73
9.1	压力容器热应力	73
9.1.1	目的	73
9.1.2	仪器与材料	73
9.1.3	试样	73
9.1.4	程序	73
9.1.5	评定	73
9.1.6	报告	75
9.2	吸水率	75
9.2.1	目的	75
9.2.2	仪器与材料	75
9.2.3	试样	75
9.2.4	程序	75
9.2.5	结果计算	75
9.2.6	报告	75
附录 A	(规范性附录) 覆铜板蚀刻方法	76
A.1	过硫酸铵蚀刻法	76
A.2	三氯化铁蚀刻法	77
A.3	酸性氯化铜蚀刻法	78
A.4	碱性氯化铜蚀刻法	79
索引		82

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 4722—1992《印制电路用覆铜箔层压板试验方法》。

本标准与 GB/T 4722—1992 相比,除编辑性修改外主要技术变化如下:

- 名称改为《印制电路用刚性覆铜箔层压板试验方法》;
- 本标准涉及方法的整体分类由电性能和非电性能测试细化为外观、尺寸、物理和化学性能、机械性能、电性能和环境试验等;
- 适用范围明确为适用于刚性覆铜箔层压板(见第 1 章);
- 规范性引用文件增加了 GB/T 6462—2005,删除了 GB/T 2036 和 GB/T 2423.3(见第 2 章,1992 年版的第 2 章);
- 增加了试验处理条件表示方法及环境试验箱(室)的温度要求(见 3.1);
- 提供了四种试样制备蚀刻的方法供选择,保留三氯化铁为仲裁法(见 3.3.2 和附录 A);
- 增加了蚀刻后绝缘基材外观(见第 4 章);
- 删除了层压后铜箔单位面积质量(蚀刻法)试验方法,增加了宽度/长度的检验方法(见第 5 章,1992 年版的第 22 章);
- 增加了对角线法测垂直度,保留直尺法为仲裁法(见 5.2);
- 增加了厚度的测量点示意图(见 5.3);
- 弓曲/扭曲结果值以百分比值表达(见 5.4);
- 增加了金属表面可清洁性、耐化学性、基材卤素含量、玻璃化温度(T_g , ΔT_g)、Z 轴热膨胀系数、热分解温度(T_d)、X/Y 轴热膨胀系数、热分层时间(TMA 法)、耐热性、紫外光透过率(见第 6 章);
- 增加了垂直燃烧法仲裁试验试样的预处理烘箱烘烤条件,引燃火焰高度由(19±1)mm 改为(20±1)mm,增加了 FV-2 燃烧判断等级。增加了水平燃烧法燃烧速率的计算公式及 FHB 燃烧等级判定准则(见 6.4);
- 将热冲击起泡改名为热应力,增加了浸焊法,对于仲裁和鉴定试验增加了预烘条件,热应力温度和时间条件改由产品规范规定(见 6.5,1992 年版的第 17 章);
- 仪器与材料中无铅焊料应由供需双方商定(见 6.6);
- 拉脱速率“以 5~50 N/s 的施力均匀增大拉力”改为“选择合适的拉力档,以(50±2)mm/min 的速度拉引线”(见 7.1,1992 年版的 15.5.4);
- 删除了干热后、暴露于溶剂蒸气后、暴露于模拟电镀条件后的剥离强度。增加了验收态下的剥离强度,增加了抗剥仪带有自动记录曲线记录仪的取值判定图,修改了暴露于工艺溶液下的剥离条宽度(见 7.2,1992 年版的第 16 章);
- 修改了弯曲强度试验测试厚度范围,参数选择以列表形式表示,增加了高温下各种树脂材料的温度选择表(见 7.3,1992 年版的第 25 章);
- 增加了剪切板尺寸稳定性取样,增加了热烘条件下的尺寸稳定性,干热条件由 125 °C 上升为 150 °C。修改了取样和定位示意图。增加了结果数值处理的极值删除法(见 7.4,1992 年版的第 21 章);
- 删除了铜箔电阻试验方法、表面腐蚀试验方法、边缘腐蚀试验。增加了击穿电压(平行层向)、耐电弧(见第 8 章,1992 年版的第 6 章、第 8 章和第 9 章);

- 电气强度的适用厚度范围由 0.8 mm 以下改为 0.5 mm 以下。由手动逐级升压改为自动升压，增加了电气强度计算公式(见 8.2,1992 年版的 13.1)；
- 将方法名称表面电阻改为表面电阻率。增加了 96 h 湿热处理后样品保留在潮湿箱中测量和 20 个湿热循环周期后样品保留在潮湿箱中测量两个处理测试条件(见 8.3,1992 年版的第 7 章)；
- 修改了绝缘电阻试样尺寸和数量及孔间距。增加了水煮沸后的测量(见 8.4,1992 年版的第 12 章)；
- 增加了介电常数和介质损耗角正切测试的二流体槽法、平行板法(见 8.5)；
- 修改了压力容器热应力试样尺寸和试样蒸煮时间，增加了 5 级表面质量等级判定及示意图(见 9.1,1992 年版的第 28 章)；
- 试样吸水率改为放在烘箱内于(105~110)℃干燥 1 h。结果值改由浸水前后的差值与浸水前的百分比表示(见 9.2,1992 年版的第 27 章)；
- 增加了附录 A 覆铜板蚀刻方法。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本标准由全国印制电路标准化技术委员(SAC/TC 47)归口。

本标准起草单位：广东生益科技股份有限公司、国家电子电路基材工程技术研究中心、陕西生益科技有限公司、苏州生益科技有限公司、CQC 南京认证中心、山东金宝电子股份有限公司、广州宏仁电子工业有限公司、中国电器科学研究院/广州威凯检测技术研究院、麦可罗泰克(常州)产品服务有限公司、中国电子技术标准化研究院。

本标准主要起草人：苏晓声、杨艳、杨中强、刘潜发、蔡巧儿、韩彦峰、王小兵、张华、李远、吕吉、葛鹰、王金瑞、罗鹏辉、张乃红、刘雪萍、邢会丽、刘浩、张盘新、曹易。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 4722—1984、GB/T 4722—1992。

印制电路用刚性覆铜箔层压板试验方法

1 范围

本标准规定了印制电路用刚性覆铜箔层压板(以下简称为覆铜板)的外观、尺寸、物理和化学性能、机械性能、电性能、环境性能的试验方法。

本标准适用于印制电路用刚性覆铜箔层压板。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 1409 测量电气绝缘材料在工频、音频、高频(包括米波波长在内)下电容率和介质损耗因数的推荐方法

GB/T 2423.28—2005 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验T:锡焊

GB/T 4207—2012 固体绝缘材料耐电痕化指数和相比电痕化指数的测定方法

GB/T 6462—2005 金属和氧化物覆盖层 厚度测量 显微镜法

3 一般要求

3.1 试验条件

3.1.1 正常试验的标准大气条件

除另有规定外,试验应在下列条件下进行:

- a) 温度:15℃~35℃;
- b) 相对湿度:20%~80%;
- c) 大气压力:试验场所气压。

3.1.2 仲裁试验的标准大气条件

如果测试参数依赖于温度、湿度与气压,则试验应在下列仲裁试验的标准大气条件下进行:

- a) 温度:(23±2)℃;
- b) 相对湿度:45%~55%;
- c) 大气压力:86 kPa~106 kPa。

3.1.3 试验处理条件表示方法

试验处理条件可用英文字母和数字表示,表示方法如下:

- a) 英文字母表示处理的种类:
 - 1) A为接受的原状态,不加处理;
 - 2) C为在恒温恒湿的空气中处理;
 - 3) D为浸在恒温的水中进行处理;

- 4) E 为在恒温的空气中进行处理；
- 5) Des 为在干燥器中处理；
- b) 第一组数字表示处理时间；
- c) 第二组数字表示处理温度；
- d) 第三组数字表示处理时的相对湿度；
- e) 英文字母与数字之间用横线隔开,数字与数字之间用斜线分开；
- f) +号表示两种以上的处理条件,处理时按顺序进行。

示例: C-24/23/50+E-8/105;表示试样在温度为 23℃相对湿度为 50%的恒温恒湿条件下处理 24 h,再在 105℃的恒温空气中(烘箱中)处理 8 h。

3.2 环境试验箱的温度变化

3.2.1 工作区内温度随时间的变化

工作区内基准点温度随时间的变化应不大于 $\pm 2^\circ\text{C}$ 。

3.2.2 工作区内温度随空间的变化

在任一给定的时间,工作区内任一点的温度与基准点温度的偏差应不大于 $\pm 2^\circ\text{C}$ 。

3.3 试样的制备

3.3.1 取样方法

除另有规定外,试样应从距边缘不小于 25 mm 的区域切取。

3.3.2 试样的蚀刻方法

除另有规定外,试样的蚀刻及蚀刻后试样的清洗干燥方法见附录 A。可任选附录 A 中的一种蚀刻法。酸性氯化铜蚀刻法为仲裁法。

3.4 试验报告

除另有规定外,试验报告应包括下列内容:

- a) 测量方法；
- b) 样品描述,如:样品型号、名称、批号,制造日期及制造单位或送样单位等；
- c) 试验设备的型号、名称；
- d) 试样处理及试验环境条件；
- e) 试验日期及试验员；
- f) 测量结果。

4 外观

4.1 铜箔面和未覆箔面外观

4.1.1 目的

本方法用于检测覆铜板铜箔面的针孔、凹痕、划痕、皱折和变色等,也用于单面覆铜板的未覆箔面的缺胶、焦斑和污物等。

4.1.2 仪器和材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下：

- a) 放大镜,带有合适刻度,放大倍数为4倍或10倍;
- b) 吉它指套或等效物,厚度约为1.00 mm;
- c) 直尺,分辨率为0.5 mm。

4.1.3 试样

除另有规定外,样品为整板或切成一定尺寸的剪切板。

4.1.4 程序

4.1.4.1 铜箔面针孔

将试样覆铜箔面朝上平放,置于自然光线或40 W日光灯管光线下。用10倍放大镜目视检查试样上的针孔。铜箔面可预先清洗或轻微蚀刻。

4.1.4.2 铜箔面凹痕

将试样覆铜箔面朝上平放,置于自然光线或40 W日光灯管光线下。找出试样铜箔面上凹痕的位置,用带有合适刻度的4倍放大镜测量每一个凹痕的最大尺寸,仲裁时用10倍放大镜测量。按表1确定任何300 mm×300 mm面积内的凹痕点值。

表1 凹痕的最长尺寸和点值

最长尺寸 mm	每一个凹痕点值
0.13~0.25	1
0.26~0.50	2
0.51~0.75	4
0.76~1.00	7
>1.00	30

4.1.4.3 铜箔面划痕

将试样覆铜箔面朝上平放,置于自然光线或40 W日光灯管光线下。找出试样铜箔面上的划痕。施加轻微的力移动吉它指套,能使指套受阻挡的划痕是不能接受的。如划痕能被感觉到,但不阻挡吉它指套的移动是可接受的,数出任何300 mm×300 mm面积内这样的划痕数量。划痕的最大长度用直尺测量出,单位为毫米(mm)。划痕的深度仲裁法试验应按GB/T 6462—2005。

4.1.4.4 铜箔面皱折

将试样覆铜箔面朝上平放,置于自然光线或40 W日光灯管光线下。以正常或矫正视力1.0/1.0及以上视力,目测检查铜箔面是否有皱折。

4.1.4.5 压制后铜箔面变色

除两面处理铜箔外,将试样的覆铜箔面朝上平放,置于自然光线或40 W日光灯管光线下。以正常

或矫正视力 1.0/1.0 及以上视力,目测检查压制后铜箔面是否有异常变色。

4.1.4.6 未覆箔面外观

目测检查单面覆铜板固化后未覆箔面,是否有明显的缺胶或焦斑,是否有污物、色斑、条纹等影响使用的外观缺陷。

4.1.5 试验报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括:

- a) 铜箔面是否有针孔;
- b) 铜箔面凹痕总点值及最大凹痕尺寸;
- c) 铜箔面划痕不合格划痕数量、不合格划痕最大长度。需要时,给出不合格划痕最大深度;
- d) 铜箔面是否有皱折;
- e) 压制后铜箔面是否有异常变色;
- f) 未覆箔面是否有明显的缺胶和变色,是否有污物、色斑、条纹等影响使用的外观缺陷。

4.2 蚀刻后绝缘基材外观

4.2.1 目的

本方法用于检测覆铜板蚀刻去除铜箔后绝缘基材的外观。

4.2.2 仪器和材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下:

- a) 放大镜,带有合适刻度,放大倍数为 4 倍或 10 倍;
- b) 附录 A 所需的设备与材料。

4.2.3 试样

除另有规定外,样品为整板或切成一定尺寸的剪切板。

4.2.4 程序

4.2.4.1 试样预处理

使用附录 A 规定的蚀刻方法去除覆铜板所覆铜箔并清洗干燥。

4.2.4.2 残留铜粒

把去除铜箔的覆铜板试样置于自然光线或 40 W 日光灯管光线下,检查试样蚀刻后残留的铜粒。用带有合适刻度的 4 倍放大镜测量残留铜粒的直径,仲裁试验时采用 10 倍的放大镜。

4.2.4.3 外观缺陷

把去除铜箔的覆铜板试样置于自然光线或 40 W 日光灯管光线下,以正常或矫正 1.0/1.0 视力目测试样蚀刻后绝缘基材外观,是否有气泡、显布纹、树脂点、焦斑、夹杂物等外观缺陷。用带有合适刻度的 4 倍放大镜测量夹杂物的尺寸、不透明外来纤维的长度、气泡的直径并数出气泡的个数等,仲裁试验时采用 10 倍的放大镜。

4.2.5 试验报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括:

- a) 是否有残留铜粒,记录铜粒的最大尺寸;
- b) 是否有夹杂物,记录夹杂物的尺寸;
- c) 是否有气泡,记录气泡的直径、个数;
- d) 是否有显布纹、树脂点、焦斑等缺陷。

5 尺寸

5.1 长度和宽度

5.1.1 目的

本方法用于覆铜板的各边长度和宽度的测量。

5.1.2 仪器和材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下:

- a) 钢卷尺或等效测量器具,最大可以测量到 2 000 mm 或 3 000 mm,分辨率为 1 mm;
- b) 卡尺或等效测量器具,最大可以测量到 1 000 mm,分辨率为 0.5 mm 或满足精度要求;
- c) 尺寸合适的平台。

5.1.3 试样

除另有规定外,样品为整板或切成一定尺寸的剪切板。

5.1.4 程序

长度和宽度的试验程序如下:

- a) 将样品自由平放在平台上,若样品是整板,用卷尺分三次测量样品两长边和两短边的长度;若样品是剪切板,用卡尺分别三次测量样品两长边和两短边的长度;
- b) 以三次测量样品各边的算术平均值为试验结果。

5.1.5 报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括:

- a) 测量长度均值,单位为毫米(mm);
- b) 测量宽度均值,单位为毫米(mm)。

5.2 垂直度

5.2.1 目的

本方法规定了用对角线法和直角尺法测量覆铜板边角的垂直度,直角尺法为仲裁法。对角线法不适用于测量梯形覆铜板垂直度。

5.2.2 仪器和材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下：

- a) 钢卷尺,最大可以测量到 2 000 mm,分辨率为 1 mm;
- b) 直角尺或等效量具,边长最小可以测量到 1 200 mm、分辨率为 0.5 mm、各边的不平度应不大于 0.02 mm/1 000 mm、直角的偏差应不大于 3';
- c) 钢直尺或等效量具,分辨率为 1 mm。

5.2.3 试样

除另有规定外,样品为整板或切成一定尺寸的剪切板。

5.2.4 程序

5.2.4.1 对角线法

对角线法的测量及计算程序如下：

- a) 将试样平放于合适的试验平台上,用钢卷尺测量试样的两条对角线长度,长线记为(D_1),短线记为(D_2),计算两者之间的差值,记为 ΔD ,按式(1)计算。

$$\Delta D = D_1 - D_2 \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中：

- ΔD ——两对角线测量长度之差,单位为毫米(mm);
- D_1 ——长线对角线测量长度,单位为毫米(mm);
- D_2 ——短线对角线测量长度,单位为毫米(mm)。

- b) 通过试样的标称长度 L 、标称宽度 W 、相应规范规定的垂直度 T_{ii} 计算试样允许的两条对角线长度之差,长线记为(D_1')、短线记为(D_2');两者之间的差值记为 $\Delta D'$,按式(2)计算。公式图解见图 1。

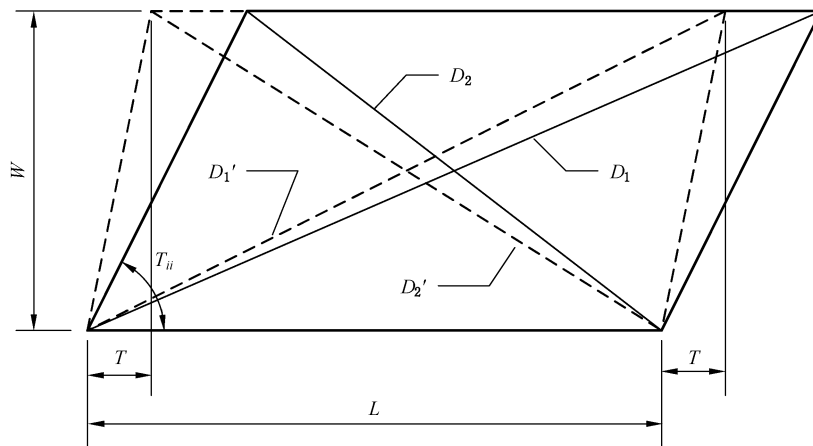
$$\begin{aligned} D_1' &= \sqrt{(L + T)^2 + W^2} \\ D_2' &= \sqrt{(L - T)^2 + W^2} \\ \Delta D' &= D_1' - D_2' \quad \dots\dots\dots(2) \end{aligned}$$

式中：

- L ——试样的标称长度,单位为毫米(mm);
- W ——试样的标称宽度,单位为毫米(mm);
- T_{ii} ——规范规定的垂直度,单位为毫米每米(mm/m);
- T —— $T_{ii} \times W$,单位为毫米(mm);
- $\Delta D'$ ——两条对角线允许长度之差,单位为毫米(mm);
- D_1' ——长线对角线允许长度,单位为毫米(mm);
- D_2' ——短线对角线允许长度,单位为毫米(mm)。

- c) 对比 ΔD , $\Delta D'$ 的大小,若 ΔD 值不大于 $\Delta D'$ 值,判为合格,否则判为不合格。

示例 1: 一张 505 mm×102 mm 覆铜板两对角线相差 5 mm,即 $\Delta D=5$ mm,查找覆铜板相关规范知,试样的允许垂直度不大于 3 mm/m,则 $T=3$ mm/m×1.02 m=3.06 mm。将标度长度 505 mm,标称宽度 102 mm, T 值代入式(2)中,得出 $\Delta D'=2.11$ mm。比较 ΔD , $\Delta D'$ 大小,得知 ΔD 值大于 $\Delta D'$ 值,这张板材判为不合格。



说明：
图中标识的解释见式(1)、式(2)。

图 1 垂直度对角线法示意图

5.2.4.2 直角尺法(仲裁法)

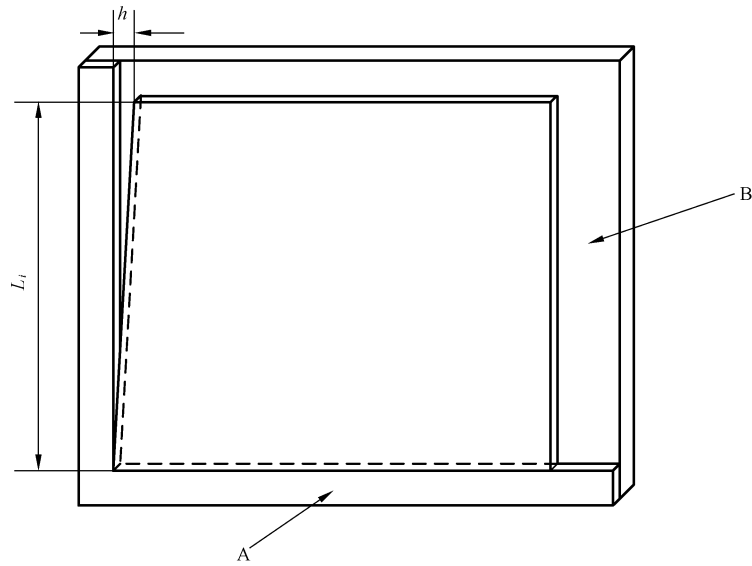
直角尺法的测量及计算程序如下：

- a) 将试样的一边贴在平板上直角尺的内边,使试样的角接触到直角尺的角。用钢直尺测量试样与直角尺靠近的角与直角尺另一边之间的间隙距离,准确到 0.5 mm,记为 h ,单位为毫米(mm)；
- b) 用测量间隙距离除以试样被测边的长度(被测边的长度已事先测量,记为 L ,准确到 0.5 mm,单位为米(m),计算出垂直度,记为 T_i ,单位为毫米每米(mm/m),见式(3)。依次测量试样的其他三个边,以四个测量值中最大值为试验结果。见图 2。

$$T_i = \frac{h}{L_i} \dots\dots\dots(3)$$

式中：

- h ——间隙距离,单位为毫米(mm)；
- L_i ——试样被测边长,单位为米(m)；
- T_i ——试样的垂直度,单位为毫米每米(mm/m)。



说明：

L_i —— 试样的被测试边长度；

h —— 间隙距离；

A —— 直角尺；

B —— 试验平台。

图 2 垂直度直角尺法示意图

5.2.5 报告

除 3.4 的规定外，试验报告还应包括：

- a) 对角线法，测量对角线之差，计算允许对角线之差，单位为毫米(mm)；
- b) 直角尺法，四个角中的最大垂直度，单位为毫米每米(mm/m)。

5.3 厚度

5.3.1 目的

本方法用于测量覆铜板的厚度。

5.3.2 仪器与材料

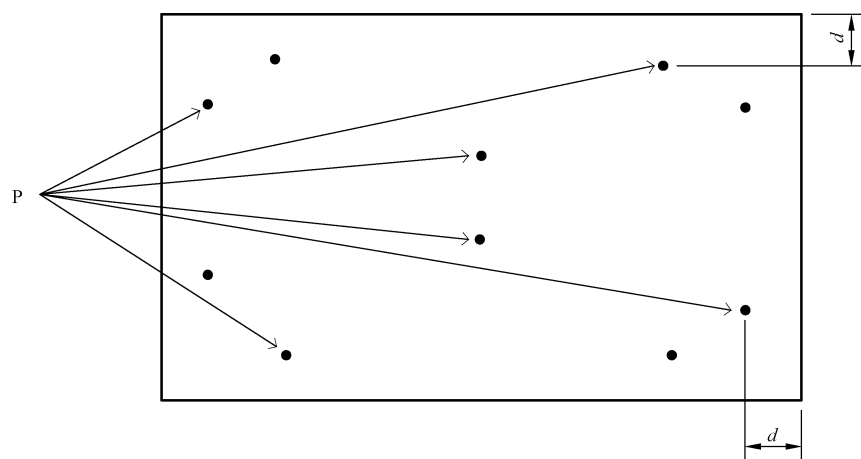
测厚仪或等效测量器具，测量允许误差不超过 0.005 mm。

5.3.3 试样

除另有规定外，样品为整板。

5.3.4 程序

试样保持垂直或水平，在距覆铜板边缘 25 mm 以上的内侧，用测厚仪每一边测量 2 个点，中间 2 个点，共计 10 个点，每一个点值准确至 0.01 mm。如图 3 所示。



说明:

P——测量点;

d ——测量点距边缘的距离,最小值为 25 mm。



图 3 覆铜板厚度测试示意图

5.3.5 报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括每一个点测量厚度值或最大的偏离值,单位为毫米(mm)。

5.4 弓曲和扭曲

5.4.1 目的

本方法用于测量验收态和热处理后的覆铜板的弓曲和扭曲。

5.4.2 仪器与材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下:

- 花岗岩平台或等效物,3 级以上精度;
- 塞规或等效物;
- 钢直尺或卷尺,分辨率为 1 mm;
- 空气对流烘箱,能保持产品规范规定的温度且偏差不超过 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

5.4.3 试样

除另有规定外,样品为整板或切成一定尺寸的剪切板。

5.4.4 程序

5.4.4.1 弓曲和扭曲(验收态)

5.4.4.1.1 弓曲和扭曲的判定

弓曲和扭曲(验收态)测量程序如下:

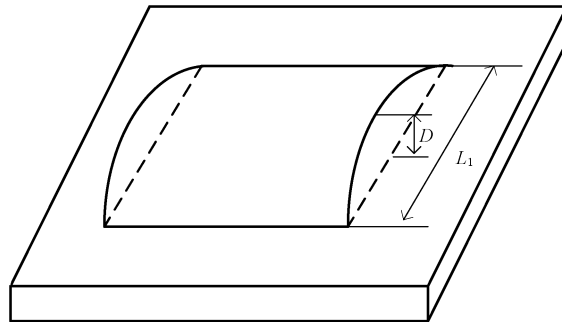
- 将试样自然平放在花岗岩平台上,凸面向上,处于无负荷状态。
- 观察试样是四个角还是三个角接触平面。若试样四个角接触平面(见图 4),判断为弓曲;若试样三个角接触平面、一个角不接触平面(如图 5),判断为扭曲。

- c) 假如需要时,可适当轻压一个角,以确保四个角中的三个角接触平面。也可适当转动试样,以确定试样最大弯曲的一边或最大翘起的一角。

5.4.4.1.2 弓曲

弓曲测量程序如下:

- a) 将试样自然平放在花岗岩平台上;
 b) 试样如四个角接触平面(如图 4 所示),则将塞规插入平面与试样最大弯曲边之间,测量最大垂直距离,准确至 0.1 mm,记为 D ,单位为毫米(mm);
 c) 用钢尺测量试样最大弯曲边的长度,准确至 1 mm,记为 L_1 ,单位为毫米(mm)。



说明:

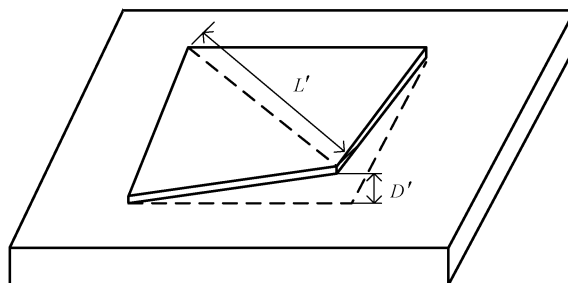
- D —— 弓曲最大垂直距离,单位为毫米(mm);
 L_1 —— 最大弯曲一边的长度,单位为毫米(mm)。

图 4 弓曲测量示意图

5.4.4.1.3 扭曲

扭曲程序测量如下:

- a) 将试样自然平放在花岗岩平台上;
 b) 试样如三个角接触平面(如图 5 所示);将塞规插入平面与试样最大翘起角之间,测量最大垂直距离,准确至 0.1 mm,记为 D' ,单位为毫米(mm);
 c) 再用钢尺测量试样最大翘起角与对角间的距离,准确至 1 mm,记为 L' ,单位为毫米(mm)。



说明:

- D' —— 扭曲最大垂直距离,单位为毫米(mm);
 L' —— 最大翘起角与对角间的距离,单位为毫米(mm)。



图 5 扭曲测量示意图

5.4.4.2 弓曲和扭曲(热处理后)

将试样放入产品详细规范规定温度的烘箱中,保持时间为 (30 ± 5) min。然后试样在 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、相

对湿度(50±5)%的条件下放置至少 30 min。按 5.4.4.1 测量弓曲和扭曲。

5.4.4.3 结果计算

按式(4)、式(5)计算试样的最大弓曲值(d)或最大扭曲值(d')。

$$d = \frac{D}{L_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

d ——最大弓曲值;

D ——弓曲最大垂直距离,单位为毫米(mm);

L_1 ——最大弯曲一边的长度,单位为毫米(mm)。

$$d' = \frac{D'}{L'} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中:

d' ——最大扭曲值;

D' ——扭曲最大垂直距离,单位为毫米(mm);

L' ——最大翘起角与对角间的距离,单位为毫米(mm)。

5.4.5 报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括最大弓曲值或最大扭曲值,以百分比(%)表示。

6 物理和化学性能

6.1 金属表面的可清洁性

6.1.1 目的

本方法用于评定覆铜板或印制板的氧化表面和防氧化保护涂层的可化学清洗性。

6.1.2 仪器与材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下:

- a) 标准传送带式喷淋清洗机,或其他合适的试验设备;
- b) 安全护品,橡胶或聚乙烯手套、塑料或涂塑围裙、防护眼镜。

6.1.3 化学试剂(以下两组试剂任选其一)

6.1.3.1 过硫酸钠清洗

使用过硫酸钠清洗时的试剂,见表 2。

表 2 过硫酸钠清洗

化学试剂	溶液浓度	温度
去油污剂	按制造商建议	按制造商建议
过硫酸钠(工业级)	(180±60)g/L	(38±3)°C

6.1.3.2 过硫酸铵清洗

使用过硫酸铵清洗时的试剂,见表 3。

表 3 过硫酸铵清洗

化学试剂	溶液浓度	温度
去油污剂	按制造商建议	按制造商建议
过硫酸铵(工业级)	(240±60)g/L	最高 38 °C

6.1.4 试样

试样面积最小为 300 mm×300 mm,边缘保持光滑。

6.1.5 程序(以下两组程序任选其一)

6.1.5.1 传送喷淋机清洗

试样以适当的速度通过装有传送带的去油污清洗喷淋机舱,然后暴露在过硫酸钠或过硫酸铵溶液中(30±5)s,取出后用去离子水冲洗 1 min~2 min。

注 1: 喷嘴喷出的清洗液宜均匀横淋过试样。

注 2: 若铜的浓度超过 22.5 g/L 时,宜更换过硫酸钠溶液或过硫酸铵溶液。

6.1.5.2 实验室(手工)清洗

将试样浸入清洗剂/去油污剂中并轻微搅动(30±5)s,取出试样,用自来水冲洗。再将试样浸入过硫酸钠或过硫酸铵溶液中并激烈搅动(30±5)s,取出后用去离子水冲洗 1 min~2 min。

注: 若铜的浓度超过 22.5 g/L 时,宜更换过硫酸钠溶液或过硫酸铵溶液。

6.1.6 报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括试样上的覆铜箔面是否清洗成一个均匀无光泽的光洁面,用去离子水或蒸馏水倒在表面上,是否有附着的水珠或形成一滩积水。

6.2 耐化学性

6.2.1 目的

本方法用于评定覆铜板的绝缘基材对用于印制板生产和组装中的指定化学药品(二氯甲烷和氢氧化钠)的承受能力。

6.2.2 仪器与材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下:

- a) 电子分析天平,最小感量值不大于 0.1 mg 并能去除皮重;
- b) 空气循环式烘箱,温度能保持(105±2)°C;
- c) 干燥器,能在 23 °C 下保持大气相对湿度小于 30%;
- d) 砂纸,400 目或更细;
- e) 烧杯,带盖和内部支架;

- f) 秒表,最小读数至少为 1 s;
- g) 恒温水浴锅;
- h) 附录 A 所需的设备与材料;
- i) 金属支架。

6.2.3 化学试剂

本试验所需适用于规定程序的化学试剂如下:

- a) 二氯甲烷,化学纯或分析纯,分析纯用于仲裁试验;
- b) 氢氧化钠溶液,重量比为 $(3 \pm 0.2)\%$ 。

6.2.4 试样

试样尺寸为 $(50 \pm 1)\text{mm} \times (50 \pm 1)\text{mm}$,厚度为板厚,数量为三块。

6.2.5 程序

6.2.5.1 试样预处理

将试样剪切成规定的尺寸,所覆铜箔用附录 A 规定的方法蚀刻尽,边缘用 400 目砂纸打磨光滑。

6.2.5.2 耐二氯甲烷

覆铜板耐二氯甲烷的测试程序及计算如下:

- a) 用千分尺测量试样的厚度,准确至 0.01 mm,单位为毫米(mm),并记录;
- b) 试样放置在温度为 $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ 的烘箱中烘 $(60 \pm 5)\text{min}$,然后置于干燥器中冷却至室温;
- c) 在烧杯中加入 750 mL 的溶剂,把烧杯放置在水浴锅中,用水浴保持溶剂温度为 $(23 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 。在烧杯内放一支架,以便使试样竖立并隔开一定距离;
- d) 从干燥器分别取出样品,用电子分析天平称重,准确至 0.1 mg。试样应在从干燥器取出 60 s 内称重。记录为试样基材干重(W_1),单位为毫克(mg);
- e) 启动秒表,用夹子将试样以适当的时间间隔(建议时间间隔为 2 min)放在烧杯内支架上,保证试样被完全浸没。盖上烧杯盖子,防止溶剂挥发;
- f) 在二氯甲烷中浸泡 $(30 \pm 0.5)\text{min}$ 后,用夹子从溶剂中取出第一个试样;
- g) 在空气中晾干试样后,立即称取试样的净重,准确至 0.1 mg。称量时用金属支架托住试样,试样的两面都暴露于空气中,整个过程时间不超过 60^{+5}_0 s。记录试样浸入溶剂后的最终重量(W_2),单位为毫克(mg);

注:一杯新鲜的溶剂处理试样不超过 18 个,或使用时间不超过 8 h。

- h) 按式(6)计算每一个试样的增加重量。并记录三个试样的平均值,单位为毫克(mg)。

$$K = W_2 - W_1 \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

K ——试样增加的重量,单位为毫克(mg);

W_1 ——试样基材干重,单位为毫克(mg);

W_2 ——试样浸入溶剂后的最终重量,单位为毫克(mg)。

6.2.5.3 耐氢氧化钠溶液

覆铜板耐氢氧化钠的测试程序如下:

- a) 将试样浸没于重量比为 $(3 \pm 0.2)\%$ 的氢氧化钠溶液;

- b) 置于水浴锅中保持溶液温度为 $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$ 。试样浸泡 $3 \text{ min} \pm 20 \text{ s}$ 后取出；
- c) 快速放进流动的水中至少冲洗 5 min ，用干燥清洁不起毛的纱布擦干试样；
- d) 立即目测试样有无变色、变软、起泡、分层等外观变化，并记录。注意在测试过程中不要使试样重叠。

6.2.6 报告

除 3.4 的规定外，试验报告还应包括：

- a) 耐二氯甲烷的试样增加重量，单位为毫克(mg)；
- b) 试样厚度，单位为毫米(mm)；
- c) 目测试样的任何外观变化。

6.3 卤素含量

6.3.1 目的

本方法用于离子色谱法测定覆铜板中的卤素(氯、溴)含量。

6.3.2 仪器和材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下：

- a) 离子色谱分析仪，检测极限为 $10 \mu\text{g/g}$ 或更好；
- b) 充氧燃烧瓶，带铂金筐和硬质玻璃瓶塞，容量为 $1\ 000 \text{ mL}$ ；
- c) 氧弹，带立式充氧器和点火控制器；
- d) 无灰定量滤纸；
- e) 助燃剂，如石蜡、脱脂棉；
- f) 点火丝；
- g) 坩埚，不锈钢、陶瓷质等；
- h) 移液管，各种容量；
- i) 高纯氧气，纯度 99.9% 以上；
- j) 容量瓶，各种容量；
- k) 电子天平，最小感量值为 0.1 mg ；
- l) 适当的试样粉碎设备；
- m) 过滤膜，孔径至少 $0.45 \mu\text{m}$ ；
- n) 附录 A 所需的设备与材料。

6.3.3 化学试剂

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下：

- a) 去离子水，或蒸馏水；
- b) 吸收液， 0.009 mol/L 氢氧化钠(NaOH)溶液；
- c) 色谱分析用氯离子标准溶液；
- d) 色谱分析用溴离子标准溶液。

6.3.4 试样

试样面积为 $(50 \pm 1) \text{ mm} \times (50 \pm 1) \text{ mm}$ ，数量为三块。

6.3.5 程序

6.3.5.1 试样预处理

将试样所覆铜箔用附录 A 规定的蚀刻方法或其他剥离方法去掉后,用去离子水清洗干净。然后置于 105^{+5} °C 烘箱中烘 $1^{+0.25}$ h,对于在 105 °C 难于烘干的试样,应先用纱布擦干,然后在室温下晾干 1 h。再用适当的粉碎设备(粉碎机、钻屑机、磨切机等)将试样制成粉屑状。

6.3.5.2 检验液的制取

6.3.5.2.1 氧瓶燃烧法

氧瓶燃烧法制取检验液的程序如下:

- 在粉屑状试样中用电子天平称取 (110 ± 5) mg,包裹于无灰定量滤纸中。试样称量准确至 0.1 mg,记为 W 。推荐滤纸的形状修剪成图 6 所示,包样顺序如图 7 所示;
- 样品包裹好后,往充氧燃烧瓶中注入 20 mL 的 0.009 mol/L NaOH 溶液,作为吸收液;
- 从燃烧瓶上部通入氧气,待氧气量充足后,将用滤纸包好的试样放置在充氧燃烧瓶塞挂吊下的铂金筐中,点燃包裹在试样上的滤纸,然后如图 8 所示插入燃烧瓶中,将瓶塞塞好;
- 燃烧结束后,将燃烧瓶恢复正常位置,在室温下静置 30 min~60 min;
- 待样品被完全吸收后,将溶液移至 100 mL 容量瓶中,用去离子水三次冲洗氧瓶,将清洗液转移容量瓶内,用去离子水稀释到 100 mL,作为检测液,留至离子色谱仪进样分析;
- 同时以不加样品的燃烧做好空白试验检测液。

单位为厘米

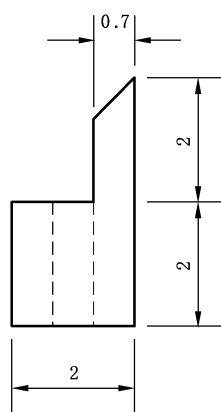


图 6 滤纸修剪形状及大小

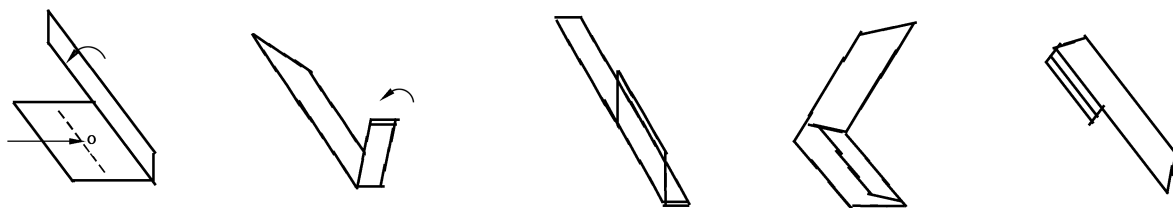


图 7 滤纸包样方法

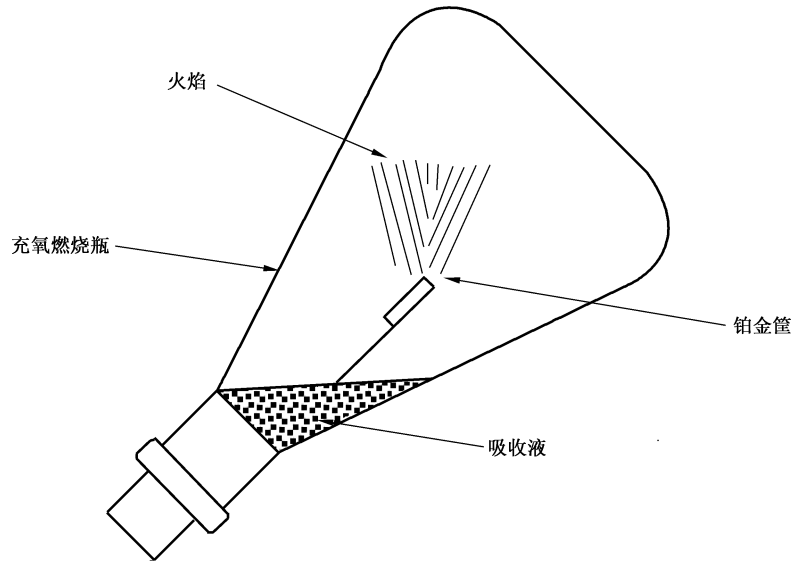


图 8 氧瓶燃烧示意图

6.3.5.2.2 氧弹燃烧法

氧弹燃烧法制取检验液的程序如下：

- a) 称取样品 0.1 g~0.2 g(精确到 0.000 1 g)至坩埚,其上覆盖 100 mg 助燃剂；
- b) 拧开氧弹盖,取一根约 9 cm 长的点火丝,将点火丝与助燃剂接触好,两端挂在两根有斜缝的点火丝杆上,并打活结；
- c) 在氧弹内加入 20 mL 吸收液,拧紧氧弹盖,将充氧器接在氧气瓶上,把氧气导管接在氧弹上；
- d) 缓缓打开气阀,限压在 1.0 MPa,往氧弹内充入氧气,然后用放气阀放气。连续充气放气三次或以上,赶出氧弹内氮气,然后充氧气,压力平衡时间不得少于 30 s；
- e) 将氧弹戴好点火帽,插好点火电极,点火,然后关闭电源；
- f) 燃烧 1 min~2 min 后,取下氧弹,放入水浴中冷却 30 min 以上,并不时摇晃氧弹,使吸收更完全；
- g) 吸收完毕后,取出氧弹,放气阀放气,拧开氧弹盖,将溶液倒至 100 mL 容量瓶中,用去离子水分三次冲洗坩埚、点火丝杆、氧弹盖内表面和氧弹内壁；
- h) 将清洗液转移至 100 mL 量瓶内,待冷却至室温后,稀释定容到 100 mL,作为检测液,留至离子色谱仪进样分析；
- i) 同时以不加样品的燃烧做好空白试验检测液。

6.3.5.3 仪器准备

如图 9 所示安装离子色谱分析系统,推荐使用如表 4 所示的离子色谱仪器参数。

表 4 离子分析色谱仪条件参数示例

色谱条件	设置
淋洗液	3.5 mmol/L Na ₂ CO ₃ 和 1 mmol/L NaHCO ₃ 混合溶液
淋洗速率	1.2 mL/min
色谱柱	预流柱、阴离子分离柱
抑制器	超级阴离子抑制器
检测器	电导检测器

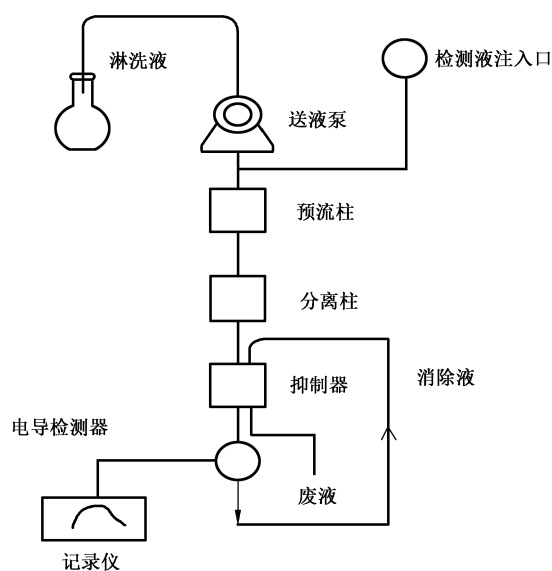


图 9 离子色谱分析系统

6.3.5.4 检测液离子色谱分析

按照相关仪器操作规程,将试样及空白检测液经过孔径至少 0.45 μm 的过滤膜过滤后注入离子色谱分析系统中,色谱仪系的电脑设备将自动分析出检测液中氯、溴离子的浓度,单位为 μg/g,准确至 0.01 μg/g。试样检测液浓度记录为 N ,空白检测液浓度记录为 N_0 。

6.3.5.5 结果计算

按式(7)计算试样中氯、溴的含量(重量百分比),准确至 0.001%。取三个试样的平均值作为结果值。

$$W_t = \frac{(N - N_0)V}{10W} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

W_t ——试样中卤素(氯、溴)的含量;

N ——试样检测液中卤素(氯、溴)的浓度,单位为微克每克(μg/g);

N_0 ——空白检测液中卤素(氯、溴)的浓度,单位为微克每克(μg/g);

V ——吸收液的量,为 100 mL(相当于 100 mg);

W ——试样的称量,单位为毫克(mg)。

6.3.6 报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括试样中卤素(氯、溴)的含量,以百分比(%)表示。

6.4 燃烧性

6.4.1 垂直燃烧

6.4.1.1 目的

本方法用于评定覆铜板的垂直燃烧等级。

6.4.1.2 仪器与材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下:

- a) 燃烧试验箱,试验箱全封闭并带有观察试验用的耐热玻璃窗,试验过程应关闭排风扇,但试验之间可以周期性地打开以抽出试验产生的烟气;
- b) 本生灯,灯管长为 (100 ± 10) mm,内径为 (9.5 ± 0.3) mm;
- c) 燃气:纯度不低于为 98%的甲烷气体。也可使用 25℃时热容量约 37 MJ/m³ 的天然气;
- d) 秒表或其他合适的计时器,最小读数值应小于 1 s;
- e) 钢直尺,分辨率为 1 mm;
- f) 附录 A 所需的设备和材料;
- g) 试样夹具,安装于燃烧试验箱内,可将试样夹紧垂直悬挂;
- h) 条件处理箱,能维持温度为 (23 ± 2) ℃、湿度为 (50 ± 5) %;
- i) 空气循环式烘箱,温度能保持 (125 ± 2) ℃或 (70 ± 2) ℃;
- j) 干燥器,盛有变色硅胶或无水氯化钙;
- k) 医用脱脂棉。

6.4.1.3 试样

试样尺寸为 (125 ± 5) mm \times (13.0 ± 0.5) mm,厚度为板厚,数量共计 20 个。试样边缘应光滑;四个角可以倒圆,但倒圆半径应不超过 1.3 mm;覆铜箔样品应按附录 A 规定的蚀刻方法将铜箔蚀刻掉。

6.4.1.4 程序

6.4.1.4.1 试样预处理

试样预处理如下:

- a) 将覆铜箔样品应按附录 A 规定的蚀刻方法将铜箔蚀刻掉,制成 20 个试样;
- b) 将试样分为四组,每一组 5 个试样;
- c) 将两组试样放在温度为 (23 ± 2) ℃、湿度为 (50 ± 5) %的条件箱中处理至少 48 h;
- d) 将另两组试样放入 (125 ± 2) ℃的空气循环烘箱中保持 (24 ± 2) h,仲裁试验时采用 (70 ± 2) ℃的空气循环烘箱中保持 168 h。然后立即将试样放入干燥器中冷却至少 4 h。

注:每一个条件处理完成后取出一组试样进行试验,另一组试样作为备用。试样一旦从干燥器中取出,宜在 30 min 内进行试验。

6.4.1.4.2 燃烧试验

试验在燃烧试验箱中进行,试样、本生灯及医用脱脂棉的放置如图 10 所示。将试样长度方向上端 6 mm 处夹入试样夹,使试样垂直悬挂于燃烧箱中。点燃本生灯,将本生灯火焰调节至蓝色,火焰高度为 (20 ± 1) mm。将点燃的本生灯移到试样的末端中间位置并使试样末端距本生灯管口距离为 (10 ± 1) mm,

将试样接焰燃烧。如下：

- 保持燃烧 (10 ± 0.5) s, 然后, 将本生灯撤离, 距离试样至少 150 mm 远。撤离火焰的同时, 如试样继续燃烧, 立即用计时器记录余焰时间 t_1 ;
- 当试样停止燃烧时, 立即将本生灯移入再次对试样燃烧 (10 ± 0.5) s, 然后, 将本生灯撤离, 距试样同样至少 150 mm。撤离火焰的同时, 如试样继续燃烧, 立即用计时器记录余焰时间 t_2 ;
- 当第二次有焰燃烧熄灭后, 如果试样上有灼热(无焰)燃烧, 立即用计时器记录试样的余灼时间 t_3 。

注 1: 如果本生灯的火焰在任一试验过程中熄灭, 宜立即点燃并施加到试样上, 使得施加到试样上的总时间保持在 (10 ± 0.5) s。

注 2: 如果试样燃烧过程中有熔融物或燃烧物滴落, 试验时, 宜将本生灯倾斜 45° 角, 也可以偏离试样 13 mm 边(宽度边)一点, 以免材料滴入本生灯灯管。

注 3: 如果试样在试验期间被熔化或卷曲时, 宜移动本生灯使本生灯管口与试样底端的距离保持在 (10 ± 1) mm。如果燃烧时有线状熔融物, 宜继续对试样的主体部分施加火焰。记录观察到的滴落物或其他重要现象。

单位为毫米

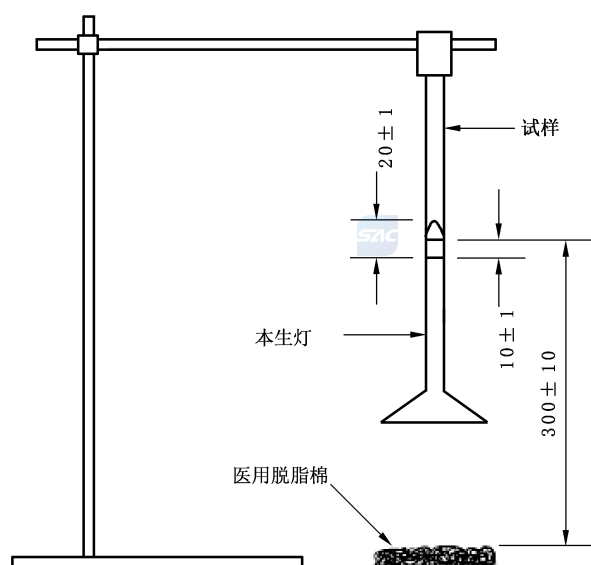


图 10 垂直燃烧示意图

6.4.1.4.3 垂直燃烧等级判定

如果一组 5 个试样中有 1 个不符合要求; 或者每组 5 个试样的 10 次有焰燃烧总时间 $t_1 + t_2$ 对于 FV-0 在 51 s~55 s 范围, 对于 FV-1 或 FV-2 在 251 s~255 s 范围时, 应将相同预处理条件的一组备用试样进行燃烧试验, 备用的试样应全部合格, 按表 5 判定垂直燃烧等级。

表 5 垂直燃烧等级

评定依据	FV-0	FV-1	FV-2
每个试样的余焰时间(t_1 及 t_2)(s)	≤ 10	≤ 30	≤ 30
每组 5 个试样的 10 次总余焰时间 $t_1 + t_2$ (s)	≤ 50	≤ 250	≤ 250
每个试样在第二次移去火焰后余焰和余灼总时间($t_2 + t_3$)(s)	≤ 30	≤ 60	≤ 60
有焰燃烧和灼热燃烧有无烧到夹具	无	无	无
滴落物有无点燃医用脱脂棉	无	无	有

6.4.1.5 报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括试样垂直燃烧等级。

6.4.2 水平燃烧

6.4.2.1 目的

本方法用于评定覆铜板的水平燃烧等级。

6.4.2.2 仪器与材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下:

- a) 同 6.4.1.2.a)~6.4.1.2.f);
- b) 试样固定支架:安装于燃烧试验箱内,由带两片夹子的回形支架并在水平方向可调节样品的支架和薄金属网(金属网尺寸为 100 mm×100 mm,8 目每厘米,钢丝直径为 0.043 mm)组成,应能沿长度方向水平夹持样条,并且能使宽度方向沿水平方向倾斜 45°。

6.4.2.3 试样

尺寸(125±5)mm×(13.0±0.5)mm,厚度为板厚,数量为 6 个,3 个用于报告,3 个备用。试样边缘应平整;边角倒圆半径应不超过 1 mm;覆铜箔样品应按附录 A 规定的蚀刻方法将铜箔蚀刻掉。在离试样点燃端(25±0.5)mm 和(100±1)mm 处,分别作一条与长度方向垂直的标志线。

6.4.2.4 程序

6.4.2.4.1 试样预处理

将试样在 3.1.1 正常大气条件下至少放置 24 h,鉴定和仲裁试验时放置 48 h。

6.4.2.4.2 燃烧试验

试验在燃烧试验箱中进行,试样、夹具及本生灯放置如图 11 所示。将试样远离 25 mm 标记线的一端夹在试样固定支架上,使试样的长度方向呈水平方向,宽度方向与水平成(45±10)°倾角,并能看到试样的标志线。试样的最低边缘距薄金属网(10±1)mm,试样的自由端(即点燃端)伸出薄金属网(13±1)mm。如下:

- a) 远离试样处,点燃本生灯,调节火焰,直到本生灯产生(20±1)mm 高的蓝色火焰;
- b) 将本生灯置于试样自由端长度方向约 6 mm 处以便燃烧。本生灯管的轴心应与样条最低边缘在同一垂直平面内并与水平线呈(45±10)°角。保持本生灯的位置不变,对试样施加火焰(30±1)s;
- c) 对试样施加火焰(30±1)s 后,撤离本生灯。不管在施加火焰 30 s 的过程中,还是撤离本生灯火焰后,一旦燃烧越过 25 mm 的标志线,立即起动秒表记时。假如试样燃烧越过 100 mm 标志线,在 100 mm 标志线停止记时,记录从 25 mm 标志线至 100 mm 标志线的燃烧时间,准确到 1 s,燃烧长度记录为 $l=75$ mm;假如试样燃烧越过 25 mm 标志线不越过 100 mm 标志线,记录从 25 mm 标志线至燃烧停止时的时间及燃烧长度 l 。

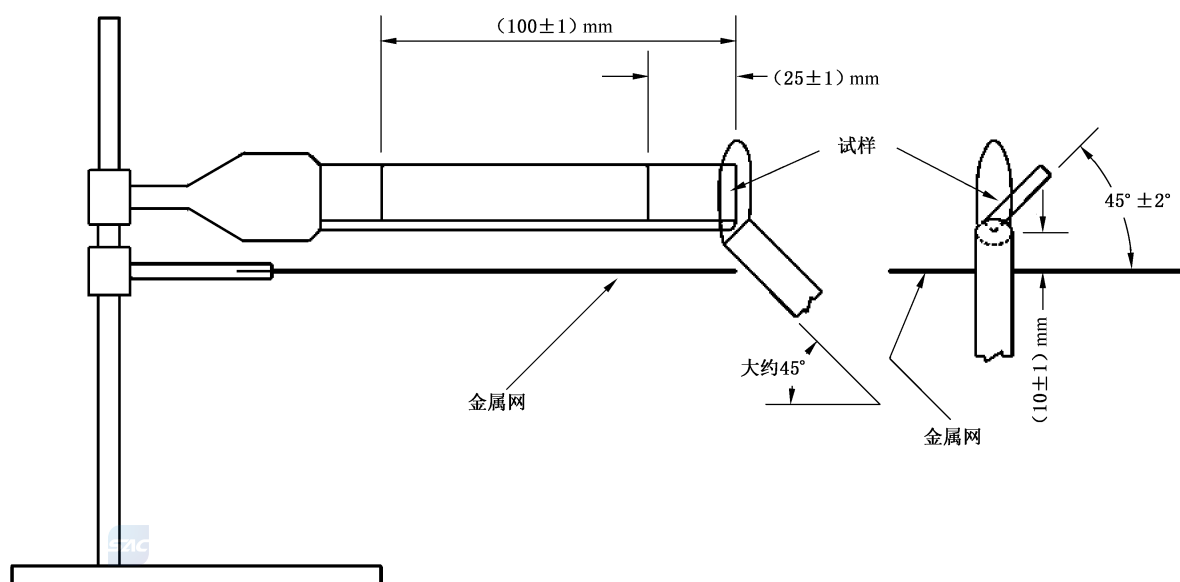


图 11 水平燃烧示意图

6.4.2.4.3 结果计算

按式(8)计算燃烧速率:

$$v = 60 \times \frac{l}{t} \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中:

- v —— 燃烧速率,单位为毫米每分(mm/min);
- l —— 燃烧长度,单位为毫米(mm);
- t —— 燃烧时间,单位为秒(s)。

6.4.2.4.4 水平燃烧等级判定

如果 3 个试样中只有一个未达到规定要求,则应另取 3 个试样重新试验。然后符合如下要求之一,则视为 FHB 级水平燃烧性等级:

- a) 对于厚度等于或大于 3.0 mm 试样,燃烧超过 75 mm 跨距的燃烧速率不大于 40 mm/min;
- b) 对于厚度小于 3.0 mm 试样,燃烧超过 75 mm 跨距的燃烧速率不大于 75 mm/min;
- c) 燃烧到 100 mm 标志线前停止。

6.4.2.5 报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括:

- a) 试样的厚度;
- b) 燃烧是否越过 25 mm 标志线和 100 mm 标志线;
- c) 如果燃烧越过 25 mm 标志线,但未越过 100 mm 标志线,记录燃烧的长度 l 和燃烧的时间 t ;
- d) 如果燃烧超过 100 mm 标志线,则记录从 25 mm 标志线到 100 mm 标志线间的燃烧时间 t ;
- e) 燃烧速率;
- f) 水平燃烧等级 FHB。

6.5 热应力

6.5.1 目的

本方法用于评定覆铜板短时间暴露于焊锡于特定温度下的耐热冲击性能,具体温度由产品规范规定。

6.5.2 仪器和材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下:

- a) 可控温电热焊锡槽,能保持规定的温度,控温允许偏差为 $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- b) 温度测量仪,可测 25 mm 液面下焊锡温度,并能够测量规定的焊锡温度,允许温度偏差为 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- c) 秒表或其他合适的计时器,最小读数值应小于 0.2 s;
- d) 滑石粉或硅油;
- e) 小镊子或类似的试样夹具;
- f) 空气循环式烘箱,能够保持温度 $(125\pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- g) 干燥器;
- h) 放大镜,放大倍数为 4 倍~10 倍,或等效器具;
- i) 显微镜,放大倍数在 100 倍~200 倍范围内;
- j) 附录 A 所需的设备和材料。

6.5.3 试样

试样尺寸为 $(50\pm 1)\text{ mm}\times(50\pm 1)\text{ mm}$,厚度为板厚。试样分为二组,一组为覆铜箔原样,一组为用附录 A 规定的蚀刻方法完全蚀刻掉铜箔的试样。除另有规定外,鉴定试验每个试验条件一组 3 个试样。质量一致性检验一组 2 个试样。所有试样保持边缘光滑。

6.5.4 程序

6.5.4.1 试样预处理

对仲裁或鉴定试验,试样应放置在 $(125\pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的空气循环式烘箱中保持 4 h~6 h,试样从烘箱中取出后应放在干燥器中,使其冷却至室温。试样从干燥器中取出 10 min 内进行测试。

6.5.4.2 焊锡槽准备

将焊锡槽加热到试样规定的温度,并在整个过程中保持温度恒定,测温点位于液面下 $(25\pm 2)\text{ mm}$ 处。并保证焊锡槽液面洁净处于熔融状态。

6.5.4.3 试验方法



6.5.4.3.1 浮焊法

在试样覆铜箔面涂上滑石粉或硅油,铜箔面朝下漂浮在焊锡槽液面上,试样面平整接触焊锡面。双面覆铜箔试样应每一面分别浮焊。未覆铜箔面无需涂上滑石粉或硅油,直接浮焊在液面上。试样达到规定的浮焊时间后取出,冷却到室温后,观察试样现象。

6.5.4.3.2 浸焊法

在试样覆铜箔面涂上滑石粉或硅油(去除铜箔后的试样无需涂上滑石粉或硅油),用小镊子或等效

夹具夹住试样的一边,将试样垂直浸入焊锡槽液面下,保证试样上边端完全浸没在液面下,下边端不与焊锡槽底面接触。试样达到规定的浸焊时间后取出,浸入和取出的时间不超过 2 s。冷却到室温后,观察试样现象。

6.5.4.4 检查

试验结束后,立即用正常的或矫正为 1.0/1.0 的视力进行检查(必要时可用逆光法);有无焦点、表面污染、分层、起泡、露织物、缺胶、缺陷扩散、白斑、碎裂或空洞存在;空洞的数量及尺寸应用 4 倍放大镜测量。仲裁试验时,用 10 倍放大镜;分层和起泡的鉴定和仲裁检验应采取显微切片的方法。鉴定检验用显微切片放大倍数为 100 倍,仲裁检验为 200 倍。

6.5.5 报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括试样是否有焦点、表面污染、分层、起泡、露织物、缺胶、缺陷扩散、白斑、碎裂或空洞等缺陷。

6.6 可焊性(边浸法)

6.6.1 目的

本方法用于判定覆铜板铜箔面的可焊接能力。

6.6.2 仪器与材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下:

- a) 可控温电热焊锡槽,能保持规定的温度,波动范围为 $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$,大小应足够样品垂直时全部能插入锡浴;
- b) 焊料,对于铅锡试验,应使用 Sn60/Pb40 或 Sn63/Pb37。无铅焊料应由供需双方商定;
- c) 温度测量仪,可测 25 mm 液面下焊锡温度,并能够测量规定的焊锡温度,允许温度偏差为 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- d) 小镊子,或类似的试样夹具;
- e) 秒表;
- f) 风筒;
- g) 放大镜,放大倍率不小于 10 倍。

6.6.3 化学试剂

本试验所需适用于规定程序的化学试剂如下:

- a) 蒸馏水或去离子水;
- b) 99.5%的无水乙醇;
- c) 盐酸溶液,盐酸/蒸馏水(体积比)为 1/4,盐酸纯度为分析纯;
- d) 助焊剂,非活性白松香/无水酒精(重量比)为 1/3,使用时间不超过一周。

6.6.4 试样

试样尺寸为 $(75\pm 2)\text{ mm}\times(75\pm 2)\text{ mm}$,数量为 3 个。边缘保持光滑。

6.6.5 程序

6.6.5.1 试样预处理

试样的预处理程序如下:

- a) 用无水乙醇清洁擦拭试样后,将试样浸入盐酸溶液中漂洗 15 s;
- b) 从盐酸溶液中取出试样,用蒸馏水或去离子水冲洗约 5 s,立刻用风筒的热风档吹干试样;
- c) 放入助焊剂中 5 s~10 s,插入焊锡浴前在空气中停留 60 s。

6.6.5.2 试验

按以下步骤进行试验:

- a) 搅动熔化的焊料,去除焊锡面的浮渣。使焊锡槽(铅锡焊料)温度保持在 $(235 \pm 5)^\circ\text{C}$,无铅焊料的温度由供需双方商定;
- b) 以 (25 ± 2) mm/s 的速度把处理好的试样垂直地插入焊锡浴 (25 ± 2) mm 深处,并停留 (3 ± 0.5) s;
- c) 以同样速度垂直取出试样并在空气中保持冷却至焊料凝固;
- d) 用无水乙醇彻底去除多余助焊剂,然后用放大镜检查表面润湿情况。

6.6.5.3 评定

离试样边缘约 3 mm 宽的范围及夹具接触区域不作评价,如图 12 对试样的可焊性结果作评定:

- a) 如每个评定区域有至少 95% 的面积润湿良好,其余 5% 不良区域允许存在的小针孔、半润湿等缺陷不集中在一个区域,如图 12a)、12b) 所示,可焊性结果为合格;
- b) 如每个评定区域的润湿面积小于 95%,如图 12c) 所示;或评定区域中 5% 不良区域集中在一个区域,可焊性结果为不合格;
- c) 如评定区域中出现不润湿和漏底金属等现象,如图 12d) 所示,可焊性结果为不合格。

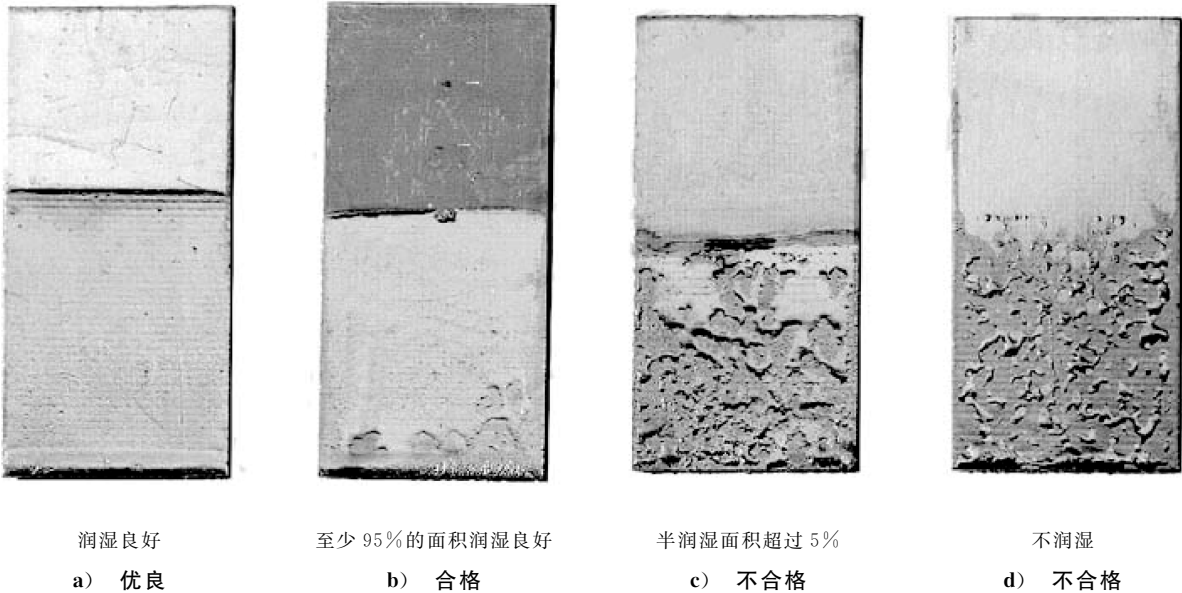


图 12 可焊性评定对照图

6.6.6 报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括试样的润湿情况。



6.7 玻璃化温度

6.7.1 DSC(差示扫描仪)法

6.7.1.1 目的

本方法使用差示扫描量热仪(DSC)测定覆铜板的玻璃化温度(T_g)和固化因素(ΔT_g)。

6.7.1.2 仪器与材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下：

- a) 差示扫描量热仪；
- b) 纯度 99.9% 以上的氮气或其他等效惰性气体；
- c) 金属样品皿和皿盖,标准铝制或其他具有相似高热导率的器具；
- d) 压片机；
- e) 空样品皿,或与试样具有类似热容量的标准物质(如氧化铝)；
- f) 天平,最小感量值至少为 0.1 mg；
- g) 空气循环烘箱,能保持温度(105 ± 2) $^{\circ}\text{C}$ ；
- h) 干燥器,能在温度 23 $^{\circ}\text{C}$ 下保持相对湿度不大于 30%。

6.7.1.3 试样

试样重量在 15 mg~25 mg 之间。试样的尺寸和形状应适合装在样品皿中。试样底部平整与样品皿接触紧密。试样边缘保持光滑。

6.7.1.4 程序

6.7.1.4.1 试样预处理

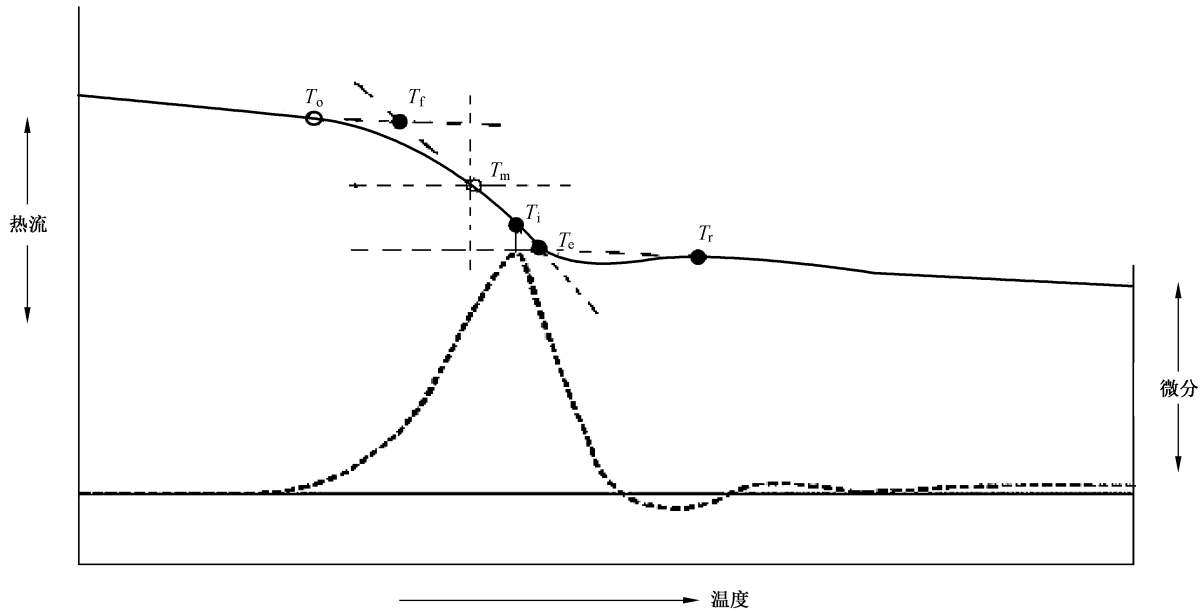
试样应在(105 ± 2) $^{\circ}\text{C}$ 的空气循环烘箱烘(2 ± 0.5)h,然后在干燥器中放置 0.5 h 以上冷却至室温。

6.7.1.4.2 T_g 测试

测试程序如下：

- a) 试样放在一个铝制样品皿中,对于仲裁试验,应用一个皿盖冲压在样品皿上；
- b) 以一个空样品皿作为参比样,在空样品皿上加皿盖；
- c) 将试样皿和参比皿置于差示扫描量热仪的样品炉子的支架上；
- d) 以低于试样预计玻璃化转变温度的初始温度至少 30 $^{\circ}\text{C}$ 开始扫描,升温速率为 20 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ；
- e) 观察到热变形后,继续升温至热变形区以上 30 $^{\circ}\text{C}$,停止扫描；
- f) 在图 13 所示的玻璃化转变温度 DSC 测试曲线图上,对高于和低于转变温度的曲线各作一条切线,推导出如图 13 所示的中点玻璃化转变温度(T_m),记录为玻璃化转变温度(T_g),准确至 0.1 $^{\circ}\text{C}$ 。

注：作图推导 T_m 时,以起始温度 T_0 和终止温度 T_r 为切点分别对上下部位的曲线作切线,再以微分曲线对应拐点温度 T_i 为切点对中间部位的曲线作切线, T_i 切线与 T_0 切线、 T_r 切线分别相交于外推起始温度 T_f 和外推终止温度 T_e ,连线 T_f 和 T_e ,取连线的中点作横轴(温度轴)垂直线,垂直线与曲线相交的点,即为 T_m 。



说明：

- T_o —— 起始温度；
- T_f —— 外推起始温度；
- T_m —— 中点温度；
- T_i —— 拐点温度；
- T_e —— 外推终点温度；
- T_r —— 终止温度。

图 13 玻璃化转变温度 DSC 测试曲线图

6.7.1.4.3 固化因素(ΔT_g)测试

测试程序如下：

- a) 执行 6.7.1.4.2 的 a)；
- b) 升温到承制方推荐的温度或升至表 6 所示的恒温温度，并保持表 6 中所规定的保温时间；
- c) 然后骤冷到初始温度至稳定状态，保持温度 5 min~10 min；
- d) 再次以 20 °C/min 升温速率升温，升温至热变形区以上 30 °C，停止扫描。进行第二次玻璃化转变温度扫描；
- e) 绘制试样两次升温扫描后的 DSC 热流曲线，记录两次扫描后的 T_g 值，分别记录为 (T_{g1}) 和 (T_{g2})，准确至 0.1 °C；
- f) 按式(9)计算固化因素(ΔT_g)。

$$\Delta T_g = | T_{g2} - T_{g1} | \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中：

- ΔT_g —— 固化因素，单位为摄氏度(°C)；
- T_{g1} —— 第一次 T_g 值，单位为摄氏度(°C)；
- T_{g2} —— 第二次 T_g 值，单位为摄氏度(°C)。

表 6 固化因素(ΔT_g)试验参数

树脂类型	恒温温度 ^a ℃	保温时间 min
双官能和四官能环氧	175±2	15±0.5
多官能和高温环氧	190±5	15±0.5
BT-环氧 ^b	不适用	不适用
聚酰亚胺 ^b	不适用	不适用
氰酸酯 ^b	不适用	不适用

^a 或按承制方推荐的温度。
^b 这一些材料不适合测定固化因素(ΔT_g),因其每次暴露于高于固化程度的温度时,会产生形变温度增加的现象。

6.7.1.5 报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括:

- 玻璃化转变温度 T_g ,单位为摄氏度(℃);
- 固化因素 ΔT_g ,单位为摄氏度(℃);
- 试样的预处理条件;
- 试样的质量;
- 升温速率;
- 玻璃化转变温度曲线图(DSC)。

6.7.2 DMA(动态机械分析仪)法(弯曲模式及拉伸模式)

6.7.2.1 目的

本方法用于使用动态机械分析仪(DMA)测定覆铜板的玻璃转化温度(T_g)。其中弯曲模式适用于厚度大于或等于 0.5 mm 的覆铜板,拉伸模式适用于厚度小于 0.5 mm 的覆铜板。

6.7.2.2 仪器与材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下:

- 动态机械分析仪,附带弯曲夹具和拉伸夹具;
- 钻石刀具、打磨装置,能提供弯曲法所规定的试样尺寸和边缘质量;
- 数显游标卡尺,分辨率为 0.01 mm;
- 空气循环烘箱,能保持温度(105±2)℃;
- 干燥器,能在温度 23℃下保持相对湿度不大于 30%;
- 附录 A 所需的设备和材料。

6.7.2.3 试样

测试使用的样品要求如下:

- a) 样品数量为 1 块,如增强材料为玻璃纤维布,长度方向为玻璃纤维布的纵向;
- b) 弯曲模式的试样宽度为 8 mm~12 mm,长度为 60 mm,试样厚度大于或等于 0.5 mm,用附录 A 规定的蚀刻方法去除铜箔,并保持边缘光滑,没有毛刺;
- c) 拉伸模式的试样宽度约为 6 mm,长度为 15 mm~20 mm,试样厚度小于 0.5 mm;用附录 A 规定的蚀刻方法去除铜箔,并保持边缘光滑,没有缺口和裂缝。

6.7.2.4 程序

6.7.2.4.1 试样预处理

将试样在(105±2)℃的空气循环烘箱烘 1 h±15 min,在干燥器中冷却至室温。

6.7.2.4.2 T_g 测试

测试程序如下:

- a) 数显游标卡尺测量试样的厚度和宽度,准确至 0.01 mm。根据试样厚度安装合适的夹具(弯曲夹具或拉伸夹具)至动态机械分析仪上,合上加热炉;
- b) 按表 7 设置试验参数条件。开始扫描;

表 7 DMA 法(弯曲模式及拉伸模式)测定 T_g 试验条件

项目	试验参数设置
起始温度	① T_g 低于或接近室温(25℃)的试样,在低于 T_g 至少 50℃ 的温度时开始扫描。 ② T_g 高于室温的试样,在 25℃ 时开始扫描
升温速度	5℃/min
终止温度	高于 T_g 至少 20℃ 的温度
振幅	15 μm~20 μm
振动频率	1 Hz
施加拉力(适用拉伸法)	0.01 N~0.5 N,一般施力为 0.02 N

- c) 扫描完成后绘出如图 14 所示的 DMA 测试曲线,通过损耗正切 $\tan\delta$ 曲线的转变峰温度求出 T_g ;
- d) 测试后检查所有的试样,找出超荷、扭曲、裂纹和其他缺陷。如果发现任何缺陷或试样的不规整,就将试样和测试数据作废,重测另一试样。

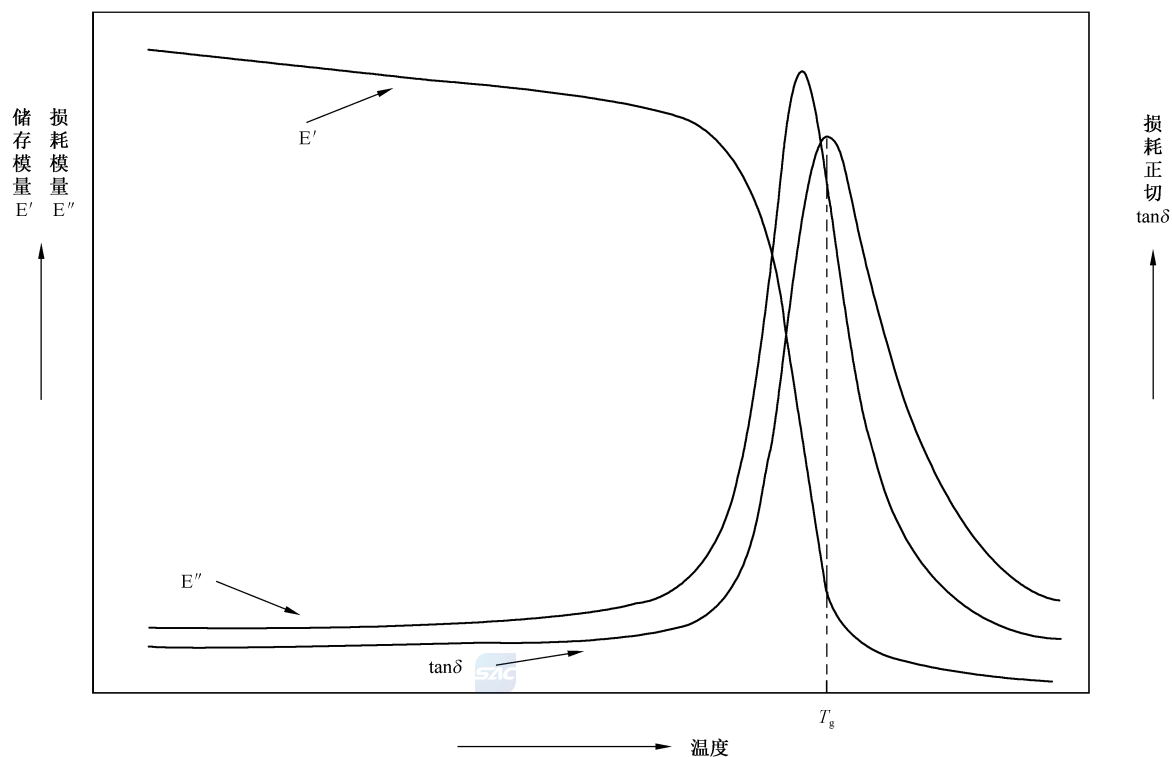


图 14 玻璃化转变温度 DMA 测试曲线

6.7.2.5 报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括:

- 玻璃化转变温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);
- 试样的预处理条件;
- 试样的尺寸:夹具距离(mm)、厚度(mm)、宽度(mm);
- 夹具类型;
- 测试频率、测试振幅;
- 升温速率;
- 玻璃化转变温度曲线(DMA)图。

6.7.3 TMA(热机械分析仪)探针法(Z轴法)

6.7.3.1 目的

本方法用于使用热机械分析仪(TMA)探针法测定覆铜板的玻璃转化温度(T_g)。本方法适用于测定厚度在 0.5 mm 以上的覆铜板试样。

6.7.3.2 仪器与材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下:

- 热机械分析仪,能在规定温度范围内测定 0.002 5 mm 以内的尺寸变化;
- 钻石刀具、打磨装置,能提供规定的试样尺寸和边缘质量;
- 千分尺,分辨率为 0.001 mm;

- d) 空气循环烘箱,能保持温度 $(105\pm 2)^{\circ}\text{C}$;
- e) 干燥器,能在温度 23°C 下保持相对湿度不大于 30% ;
- f) 附录 A 所需的设备和材料。

6.7.3.3 试样

试样为边长大约为 6.5 mm 的正方形,厚度至少应为 0.5 mm 。用附录 A 规定的蚀刻方法蚀刻掉铜箔,并保持表面光洁、边缘光滑。

6.7.3.4 程序

6.7.3.4.1 试样预处理

将试样在 $(105\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 的空气循环烘箱烘 $1\text{ h}\pm 15\text{ min}$,然后在干燥器中冷却至室温。

6.7.3.4.2 T_g 测试

测试程序如下:

- a) 将试样平放安装在 TMA 平台上,沿试样厚度方向(Z 轴)进行测定,并对其施加 $0.001\text{ N}\sim 0.1\text{ N}$ 的负荷,建议 0.05 N ,保证探头与试样及平台间紧密接触;
- b) 设置 TMA 的试验参数条件:以室温(如 25°C)为起始温度,升温速率为 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$,终止温度高于预计的(T_g)温度至少 30°C ;

注:在扫描过程中,如果发生残余应力下降的现象(如在玻璃转变温度 T_g 附近的膨胀曲线出现因样品收缩而向相反的方向落下,然后再上升的现象,如图 15 所示),宜将温度加热到比残余应力产生时的温度高 20°C 停止加热。然后冷却至 $(50\pm 5)^{\circ}\text{C}$,再次升温。进行第二次温度扫描。

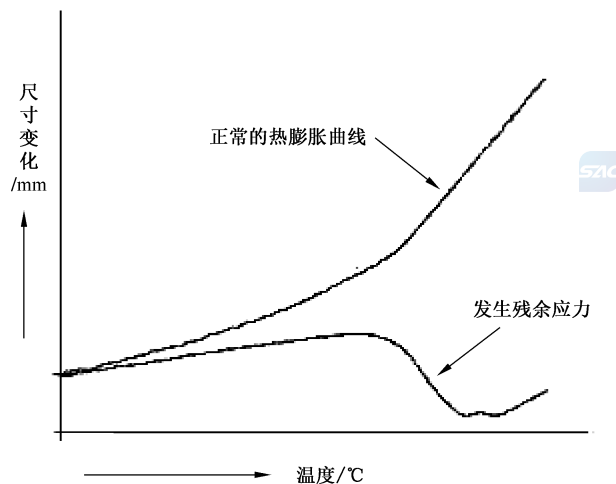


图 15 发生残余应力与正常情况下的热膨胀 TMA 曲线对比图

- c) 扫描完成后绘出 TMA 测试曲线。在高于或低于转变温度各绘制切线,两切线交点处温度为玻璃化转变温度(T_g),见图 16;

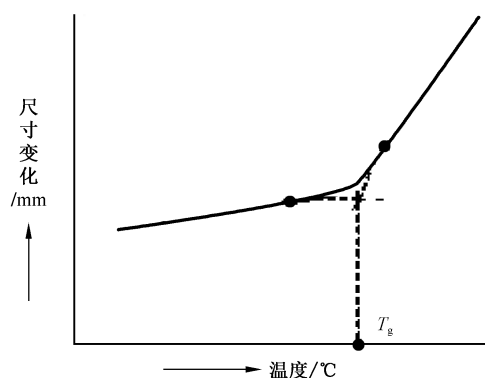


图 16 玻璃化转变温度 TMA 曲线(切线法)

- d) 如果切线法不能得到 T_g , 可以通过作热膨胀曲线的微分曲线, 取发生骤变的中间对应的温度为 T_g , 见图 17;

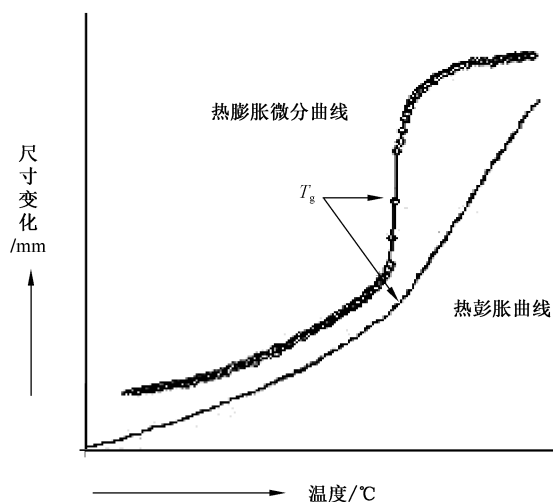


图 17 玻璃化转变温度 TMA 曲线(微分法)

- e) 测试后检查所有的试样, 找出超荷、扭曲、裂纹和其他缺陷。如果发现任何缺陷或试样的不平整, 就将试样和测试数据作废, 再测试另一试样, 或选择另一种方法测试。

6.7.3.5 报告

除 3.4 的规定外, 试验报告还应包括:

- 玻璃化转变温度, 单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);
- 试样的预处理条件;
- 试样厚度, 单位为毫米(mm);
- 升温速率、起始温度、终止温度;
- 玻璃化转变温度曲线(TMA)图。

6.8 Z 轴热膨胀系数(TMA 探针法)

6.8.1 目的

本方法用于测定覆铜板的 Z 轴线性热膨胀系数(CTE)。

6.8.2 仪器与材料

同 6.7.3.2。

6.8.3 试样

试样为边长大约为 6.5 mm 的正方形,试样厚度至少应为 0.5 mm,不超过 2.36 mm,推荐为 1.6 mm。用附录 A 规定的方法蚀刻掉铜箔,并保持表面光洁、边缘光滑。

注:如果材料的厚度小于 0.5 mm,可以将试样叠加到 0.5 mm,但试验误差可能会大大增加;如果试样厚度超过 2.36 mm,可能试样内产生热梯度变化,引起测量误差。

6.8.4 程序

6.8.4.1.1 试样预处理

将试样放置在(105±2)℃的空气循环烘箱中烘 1 h±15 min,然后在干燥器中冷却至室温。

6.8.4.1.2 Z 轴线性热膨胀系数测试

测试程序如下:

- a) 将试样平放安装在 TMA 平台上,沿试样厚度方向(Z 轴)进行测定,并对其施加 0.001 N~0.1 N 的负荷,保证探头与试样及平台间紧密接触;
- b) 以远低于测定温度范围的温度,或以室温(如 25 °C)为起始温度,升温速率为 10 °C/min,升温至 260 °C或其他规定的温度时终止扫描;
- c) 绘制出厚度-温度 TMA 测试曲线图见图 18,在规定的温度范围内,在相对于直线部分,如玻璃化转变 T_g 前(A—B)段、玻璃化转变 T_g 后(C—D)段、或整个温度范围 30 °C~260 °C(A—D)段内,计算出各自的线性热膨胀系数 CTE 值。

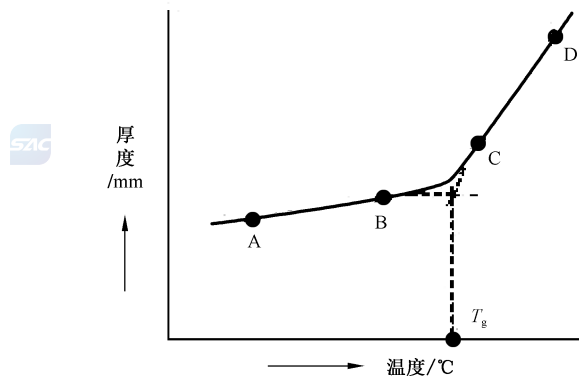


图 18 厚度-温度 TMA 探针法测试曲线图

6.8.5 计算公式

计算公式如下：

- a) 按式(10)计算玻璃化转变温度 T_g 前的线性热膨胀系数 CTE 值；

$$\alpha_1 = \frac{H_B - H_A}{H_A \times (T_B - T_A)} \times 10^6 \quad \dots\dots\dots(10)$$

式中：

α_1 ——玻璃化转变温度 T_g 前(如 A—B 段)的线性热膨胀系数 CTE 值,单位为微米每米摄氏度 [$\mu\text{m}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$];

H_A ——曲线 A 点时试样厚度,单位为毫米(mm);

H_B ——曲线 B 点时试样厚度,单位为毫米(mm);

T_A ——曲线 A 点时温度,单位为摄氏度($^\circ\text{C}$);

T_B ——曲线 B 点时温度,单位为摄氏度($^\circ\text{C}$)。

- b) 按式(11)计算玻璃化转变温度 T_g 后的线性热膨胀系数 CTE 值；

$$\alpha_2 = \frac{H_D - H_C}{H_C \times (T_D - T_C)} \times 10^6 \quad \dots\dots\dots(11)$$

式中：

α_2 ——玻璃化转变温度 T_g 后(如 C—D 段)的线性热膨胀系数 CTE 值,单位为微米每米摄氏度 [$\mu\text{m}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$];

H_C ——曲线 C 点时试样厚度,单位为毫米(mm);

H_D ——曲线 D 点时试样厚度,单位为毫米(mm);

T_C ——曲线 C 点时温度,单位为摄氏度($^\circ\text{C}$);

T_D ——曲线 D 点时温度,单位为摄氏度($^\circ\text{C}$)。

- c) 按式(12)计算玻璃化转变 T_g 前后的线性热膨胀系数 CTE 值。

$$\alpha = \frac{H_D - H_A}{H_A \times (T_D - T_A)} \times 10^6 \quad \dots\dots\dots(12)$$

式中：

α ——玻璃化转变温度 T_g 前后(如 A—D 段),或从接近室温至 260°C 的线性热膨胀系数 CTE 值,单位为微米每米摄氏度 [$\mu\text{m}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$];

H_A ——曲线 A 点时试样厚度,单位为毫米(mm);

H_D ——曲线 D 点时试样厚度,单位为毫米(mm);

T_A ——曲线 A 点时温度,单位为摄氏度($^\circ\text{C}$);

T_D ——曲线 D 点时温度,单位为摄氏度($^\circ\text{C}$)。

6.8.6 报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括：

- 样品的初始厚度,单位为毫米(mm);
- 测试时的室温和相对湿度;
- 规定温度区域的 Z 轴线性热膨胀系数 CTE 值(α_1 、 α_2 、 α),单位为微米每米摄氏度 [$\mu\text{m}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$];
- 升温速率、起始温度、终止温度;

- e) 厚度—温度 TMA(探针法)测试曲线。

6.9 热分解温度(T_d)(TGA 法)

6.9.1 目的

本方法用于测定覆铜板的热分解温度(T_d)。

6.9.2 仪器与材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下：

- a) 热重分析仪(TGA),精确度不小于 ± 0.01 mg,还应包含以下配件:
 - 1) 天平,归零型,分辨率 0.001 mg;
 - 2) 炉子,带有干燥净化气体氮气(露点 -68 °C 以下,水分小于 0.000 35%,氧气少于 0.002%);
 - 3) 程控升温器,温度范围为室温至 800 °C,升温速率可控制在 (10 ± 0.1) °C/min;
- b) 附录 A 所需的设备和材料;
- c) 合适的剪切和打磨设备;
- d) 空气循环烘箱,能保持温度 (110 ± 2) °C;
- e) 干燥器,能在温度 23 °C 下保持相对湿度不大于 30%。

6.9.3 试样

重量为 10 mg~30 mg、方形、尺寸与热重分析仪样品盘适合的试样。用附录 A 规定的蚀刻方法去除样品所覆铜箔。试样边缘保持光滑、无刺,能在样品盘中完全平放。

6.9.4 程序

6.9.4.1 试样预处理

试样在 (110 ± 2) °C 的空气循环烘箱中烘 $2 \text{ h} \pm 15 \text{ min}$,后置于干燥器中冷却至室温。在标准实验室条件,TGA 试验应在试验样品移出干燥器 15 min 内进行。

6.9.4.2 热分解温度测试

测试程序如下：

- a) 校正天平至 ± 0.01 mg 范围内,校正温度传感器至 ± 1.0 °C。设置气体流速为 55 mL/min。放入样品前,气体净化 30 min。放置温度传感器,使其任何时候不与样品接触。正确放置温度传感器后,对仪器进行校正,在测试时使用的相同流速下进行校正。校正后,传感器位置和流速保持不变;
- b) 将试样放置在 TGA 样品盘,并称重。以 10 °C/min 的速率加热样品从室温升至 550 °C。停止扫描;
- c) 对重量-温度变化作 TGA 曲线,如图 19。记录样品重量比 50 °C 时测的重量少 2.0%时的温度,作为 $T_d(2\%)$ 。记录样品重量比 50 °C 时测的重量少 5.0%时的温度,作为 $T_d(5\%)$ 。

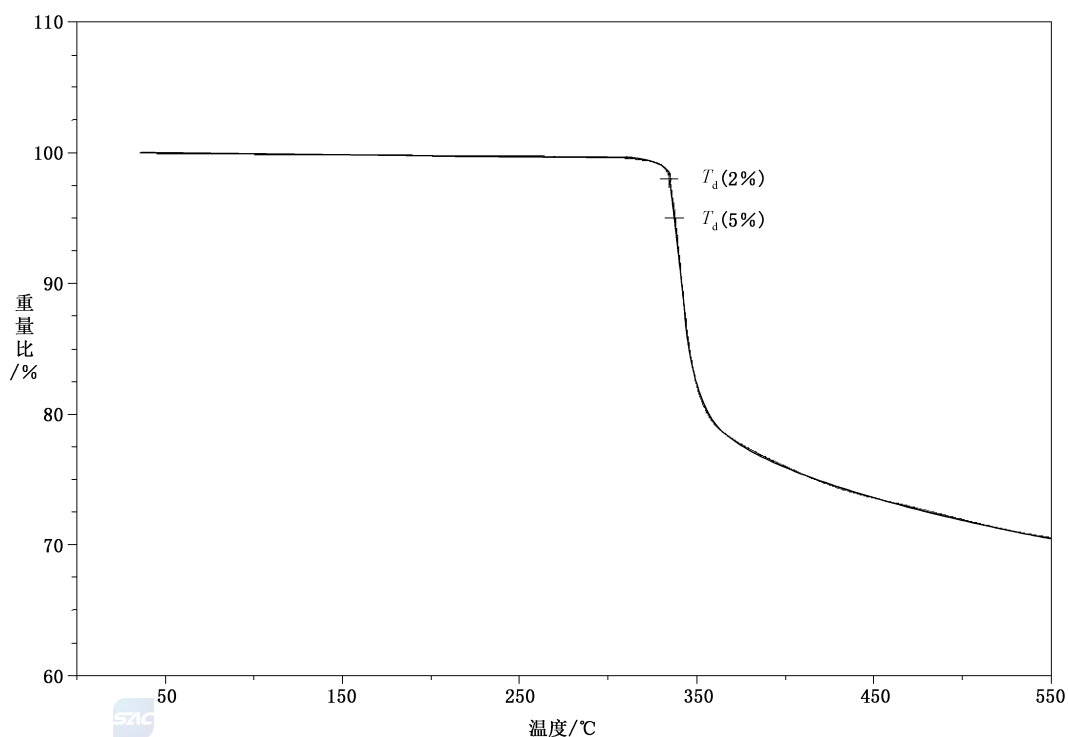


图 19 重量-温度变化 TGA 曲线

6.9.5 报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括:

- a) 样品的初始重量;
- b) 测试时的室温和相对湿度;
- c) 热分解温度, $T_d(5\%)$;
- d) 热分解温度, $T_d(2\%)$;
- e) 升温速率、起始温度、终止温度;
- f) 重量-温度变化 TGA 曲线。

6.10 X/Y 轴热膨胀系数(TMA 拉伸法)

6.10.1 目的

本方法用于测定厚度小于或等于 0.5 mm 的覆铜板的 X/Y 轴线性热膨胀系数。

6.10.2 仪器与材料

同 6.7.3.2。热机械分析仪配备有合适的拉伸夹具。

6.10.3 试样

长度为 15 mm~20 mm,宽度为 2 mm,试样数量为 2 个,试样应在样本单位上成 90°切取,并标识 X 和 Y 方向。试样用附录 A 规定的方法去除所覆铜箔,边缘保持光滑没有缺口和裂缝。

6.10.4 程序

6.10.4.1 试样预处理

将试样在 105 °C 的空气循环烘箱中烘 1 h ± 15 min, 然后在干燥器中冷却至室温。

6.10.4.2 X/Y 轴线性热膨胀系数测试

测试程序如下:

- a) 把试样竖直安装在拉伸夹具上, 加 0.02 N 拉力(可依材料类型或试样构型不同而予以适当调节, 以使试样拉直但不至于拉长变形), 合上加热炉子;
- b) 向加热炉子内通入净化气体(氦气或氮气), 通气速率为 30 mL/min ~ 150 mL/min。TMA 的温度调校也要在同等气体条件下进行;
- c) 每次热循环前测量试样起始的长度, 记为 L_0 ;
- d) 对于 T_g 低于或接近室温的试样, 在低于 T_g 至少 20 °C 的温度时开始扫描, 对于 T_g 比室温高的试样, 在 30 °C 时开始扫描。以 $(5 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 的速率升温至所需的温度范围的 10 °C 以上;
- e) 绘制出如图 20 所示的 TMA 拉伸曲线图。从 TMA 曲线上选择所需的温度点, 并记录试样在各温度下的长度。

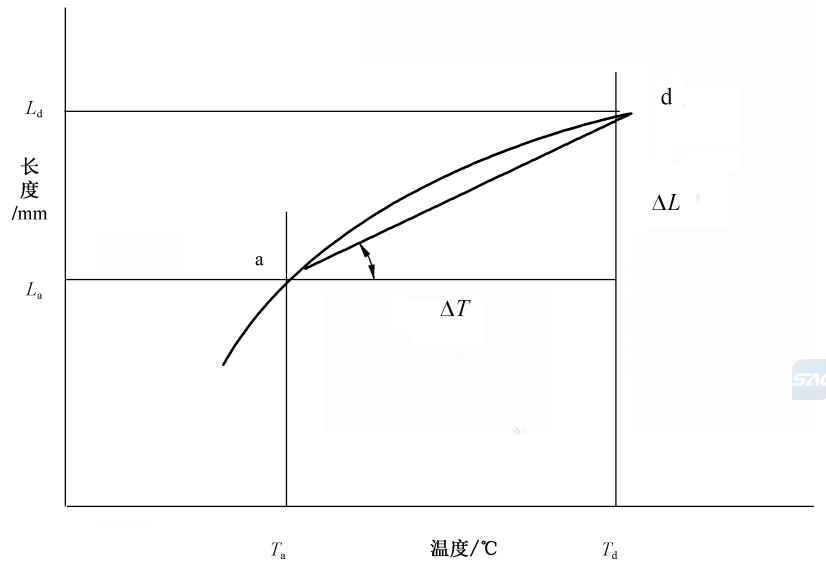


图 20 X/Y 轴热膨胀系数 TMA 拉伸法曲线图

6.10.5 计算公式

按式(13)计算温度范围(a~d 点)的热膨胀系数的平均值:

$$\alpha = \frac{L_d - L_a}{L_0 \times (T_d - T_a)} \times 10^6 \quad \dots\dots\dots(13)$$

式中:

- α ——温度范围(a~d 点)的平均热膨胀系数 CTE 值, 单位为微米每米摄氏度 [$\mu\text{m}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$];
- L_a ——曲线 a 点时试样长度, 单位为毫米(mm);
- L_d ——曲线 d 点时试样长度, 单位为毫米(mm);
- T_a ——曲线 a 点时温度, 单位为摄氏度($^\circ\text{C}$);

T_d ——曲线 d 点时温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

L_0 ——试样起始长度,单位为毫米(mm)。

6.10.6 报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括:

- 样品的初始长度,单位为毫米(mm);
- 测试时的室温和相对湿度;
- 规定温度区域的 X/Y 轴平均线性热膨胀系数 CTE 值(α),单位为微米每米摄氏度 [$\mu\text{m}/(\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})$];
- 升温速率、起始温度、终止温度;
- 长度-温度 TMA(拉伸法)测试曲线图。

6.11 热分层时间(TMA 探针法)

6.11.1 目的

本方法用于测定覆铜板的受热分层时间。

6.11.2 仪器与材料

同 6.7.3.2。

6.11.3 试样

同 6.7.3.3。

6.11.4 程序

6.11.4.1 试样预处理

试样在 $(105 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ 的空气循环烘箱中烘 $2 \text{ h} \pm 15 \text{ min}$,置于干燥器中冷却至室温。

6.11.4.2 热分层时间测试

测试程序如下:

- 将试样平放在 TMA 平台的中间;
- 按下探头置于试样上,并施加 0.05 N (5 g) 的负荷,然后合上炉子;
- 从不高于 35°C 的起始温度开始升温,除另有规定外,升温速率为 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$;
- 升温至规定的温度后,在该温度保持 10 min 或直至分层。除另有规定外,规定温度为 260°C 。
当仪器即时曲线显示分层时立即停止试验。

注: 对于环氧层压板和相似材料,推荐恒温温度为 260°C 。对于聚酰亚胺和其他高温材料,恒温温度可以提高到 288°C 。对于其他材料类型,与材料制造商协商。

6.11.5 评定

热分层时间是指从恒温拐点直至分层的时间,分层是指试验曲线上显示厚度发生不可回复变化的那一点。图 21 是环氧材料在 260°C 恒温条件下的典型 TMA 热分层时间曲线。如有些材料在到达恒温温度以前就分层,记录分层时的温度。

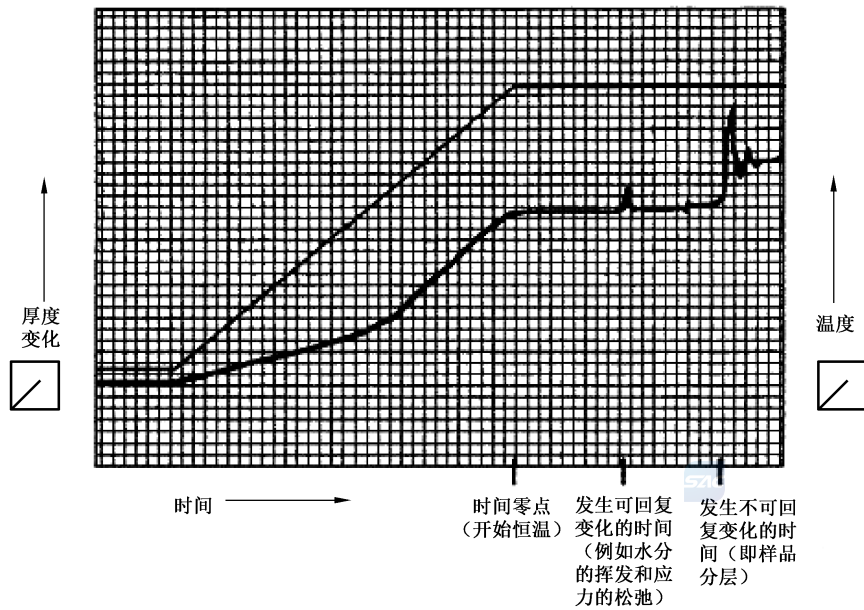


图 21 环氧材料在 260 °C 恒温条件下的典型 TMA 热分层时间曲线

6.11.6 报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括:

- 样品的结构(例如,外层或内层是否有金属箔);
- 测试时的室温和相对湿度;
- 分层时间,或发生任何可恢复变化的时间;
- 升温速率、起始温度、终止温度;
- TMA 热分层时间曲线。

6.12 耐热性

6.12.1 目的

本试验方法用于测定覆铜板承受规定温度和时间的能力。

6.12.2 仪器与材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下:

- 恒温箱/槽,装有空气循环装置,且能保持在规定温度 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- 非金属试样架。

6.12.3 试样

试样尺寸为 $(50\pm 1)\text{mm}\times(50\pm 1)\text{mm}$,厚度为板厚。试样数量为 5 个。

6.12.4 程序

本方法测试程序如下:

- a) 试验前,应将试样放置在温度 $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 和相对湿度 $(50\pm 5)\%$ 的条件下至少 24 h;
- b) 将试样竖直插入试样架,再放入保持相关文件规定温度的恒温箱中,保持恒温箱内的气流平行于试样的表面;
- c) 经按规定的时间处理后,取出试样,立即目检铜箔表面、层压板面及侧面有无起泡或分层等缺陷。

6.12.5 报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括:

- a) 试验温度;
- b) 试验保持时间;
- c) 外观情况,有无起泡或分层等。

6.13 紫外光(UV)透过率

6.13.1 目的

本试验方法用于评估覆铜板的紫外光(UV)阻挡能力。

6.13.2 仪器与材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下:

- a) 紫外光灯,3 kW,含峰值波长 365 nm;
- b) 紫外辐照计,可测量最大辐照度为 $40\text{ mW}/\text{cm}^2$ 、分辨力为 $0.1\text{ mW}/\text{cm}^2$,波长范围为 320 nm ~400 nm、峰值波长为 365 nm。

6.13.3 试样

试样尺寸为 $(100\pm 1)\text{mm}\times(100\pm 1)\text{mm}$,厚度为板厚。试样数量为 3 个。用附录 A 规定的蚀刻方法去除所覆铜箔。

6.13.4 程序

本方法测试程序如下:

- a) 接通光源的电源,预热 5 min 左右;
- b) 把紫外辐照计探头放置于光源的玻璃平台上并对准紫外光。测试示意装置图见图 22;
- c) 调整紫外灯与玻璃平台之间的距离,以使紫外辐照计所显示的辐照度达到 $(25\pm 5)\text{mW}/\text{cm}^2$,将此值记作“A”;
- d) 移去紫外辐照计探头,将试样置于玻璃平台上原探头位置,把紫外辐照计探头放在试样上(最好在原探头位置),紫外辐照计辐照度显示值记作“B”;
- e) 以同样方法测试其他两个试样。

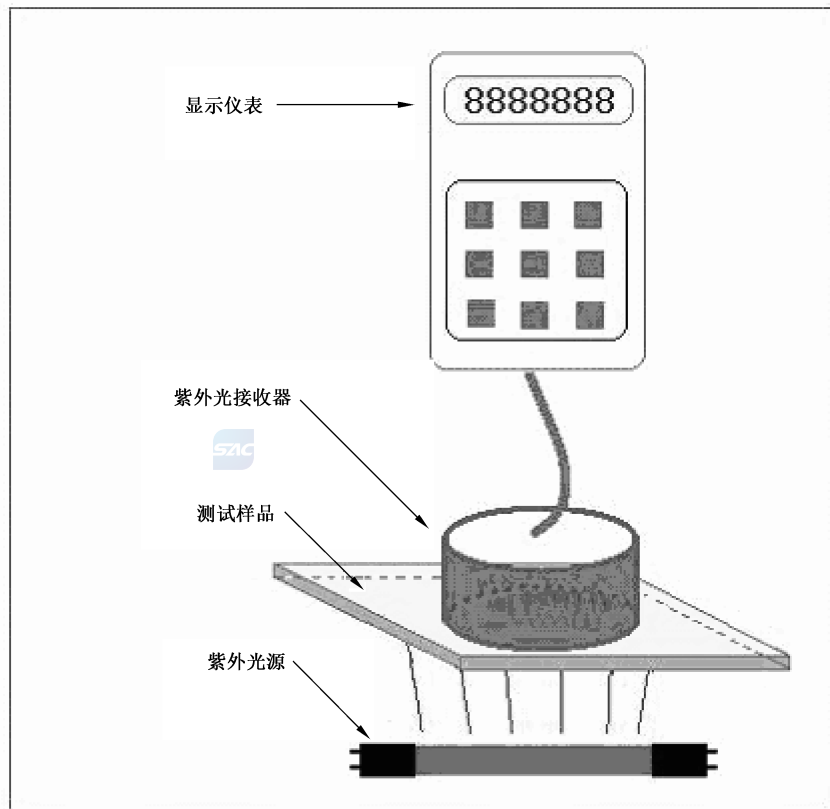


图 22 UV(紫外光)透过率装置示意图

6.13.5 结果计算

紫外光透过率按式(14)计算,结果准确到 0.01%。

$$\gamma = \frac{B}{A} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中:

γ —— 紫外光透过率;

A —— 无试样时辐照度值,单位为毫瓦每平方米(mW/cm^2);

B —— 有试样时的辐照度值,单位为毫瓦每平方米(mW/cm^2)。

6.13.6 报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括三个试样中最大的紫外光透过率。

7 机械性能

7.1 拉脱强度

7.1.1 目的

本试验方法用于测定将焊盘从覆铜板上分离所需的垂直于试样的力。

7.1.2 仪器与材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下:

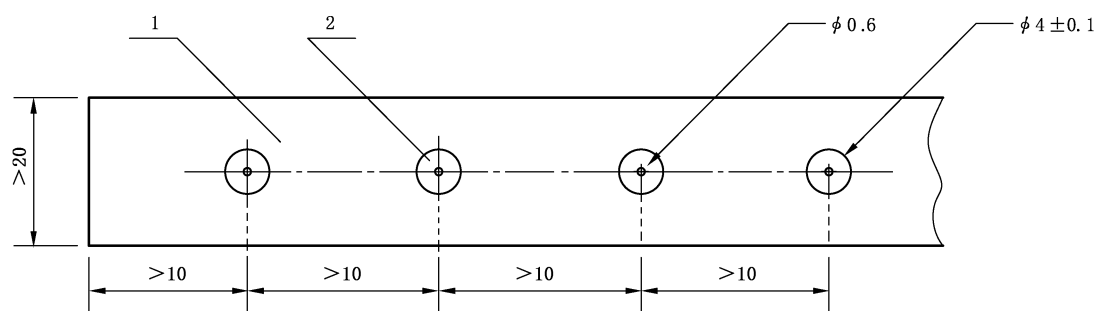
- 一把铜质烙铁头的控温烙铁,烙铁头长约 30 mm,直径为 5 mm,头部成 $(45\pm 10)^\circ$ 角。试验过程中烙铁头应控制为 $(270\pm 10)^\circ\text{C}$;
- 焊料,为熔融松香芯、直径不超过 1.5 mm 的铅锡合金丝,其成分应符合 GB/T 2423.28—2005 附录 B 的规定;
- 单股铜线,直径为 0.9 mm~1.0 mm;
- 夹具,焊接和冷却期间用于预防引线移动;
- 合适的刚性支撑盘,带有直径为 6 mm 的中心定位孔;
- 拉力试验机,能满足拉伸施力速度 5 N/s~50 N/s 匀速拉伸,配有量程至少为 200 N、分辨率至少为 0.1 N 的拉力传感器;
- 当使用无铅焊料时,焊料成分和焊接时间、焊接温度、烙铁头的温度由供需双方商定;
- 附录 A 所需的设备和材料。

7.1.3 试样

本试验方法规定的试样如下:

- 试样为未经处理的交货产品,宽度大于或等于 20 mm,数量保证足够试验 10 个焊盘;
- 采用适当的通用印制板工艺及附录 A 规定的蚀刻方法制成图 23 所示的标准测试焊盘图形。焊盘直径 $(4\pm 0.1)\text{mm}$,每个焊盘中心处蚀刻出一个供钻孔定位用的直径为 0.6 mm 钻孔导向点,每个焊盘的中心钻一个直径为 $(1.3\pm 0.1)\text{mm}$ 孔;

单位为毫米



说明:

- 1——试样;
- 2——焊盘。

图 23 拉脱试验标准测试图形

- 应测试至少 10 个焊盘。对于双面覆铜箔层压板,每面至少应测试 5 个焊盘(另一面铜箔应全部蚀刻掉,两面各取一组,分别进行试验);
- 焊盘图形应清晰、无缺口、毛刺、针孔等缺陷;
- 对于厚度小于 0.5 mm 的试样,应采用适当的诸如将试样粘贴到刚性材料上的方法增强试样的结构强度。

7.1.4 程序

本方法测试程序如下:

- 用烙铁在焊盘上均匀地焊上少量焊料,时间为 $(4\pm 1)\text{s}$;
- 在单股铜线上涂上焊料作为引线,将引线穿过焊盘的中心孔,并垂直于焊盘,用烙铁将引线焊在焊盘上,焊接时间为 $(4\pm 1)\text{s}$;

- c) 在焊接过程中烙铁不得接触铜箔,焊料应覆盖整个焊盘。引线和焊盘间形成连续的螺纹状,只允许通过引线传递焊接热量。为防止在焊接期间和其后的冷却期间引线产生移动,可将试样和引线固定在一个合适的夹具上并盖上刚性支撑盘;
- d) 试验前,试样应在室温下冷却至少 30 min;
- e) 通过拉力试验机,施加垂直于试样的拉力,选择合适的拉力档,以 (50 ± 2) mm/min 的速度拉引线,直到焊盘从基材上分离或引线断裂。应记录每个试样焊盘分离或引线断裂的力,以 N 表示。同样的方法测定 10 个焊盘;
- f) 在未达到规定的最小的拉力前,引线就断裂或引线拉出,则试验无效,并且不得再以同一引线和焊盘重新焊接再测试。应另补试样重新测试,直到得到 10 个有效测试值。

7.1.5 报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括:

- a) 层压板的每一面的拉脱强度;
- b) 10 个有效测试值;
- c) 取 10 个有效测试值的最小值表示拉脱强度,单位为牛顿(N)。

7.2 剥离强度

7.2.1 验收态下的剥离强度

7.2.1.1 目的

本方法用于测定覆铜板在验收态的试验条件下剥离强度。

7.2.1.2 仪器与材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下:

- a) 抗剥仪或等效拉力试验机,能准确测量至 0.05 N,夹具应能夹住每个铜箔剥离条的整个宽度;
- b) 抗蚀绝缘胶带,或等效物,具有一定宽度;
- c) 附录 A 规定的蚀刻系统;
- d) 量具,分辨率为 0.025 mm;
- e) 空气循环烘箱,能保持 (125 ± 2) ℃。

7.2.1.3 试样

本方法规定的试样如下:

- a) 用贴胶带和附录 A 规定的蚀刻方法制成如图 24 所示的铜箔剥离条,仲裁和鉴定试验时,用合适的印制电路工艺图形转移方法制备,以保证铜箔剥离条边缘光滑;
- b) 每一条铜箔剥离条宽度为 (3 ± 0.2) mm,长度至少为 75 mm。数量为横纵向各一条,仲裁和鉴定试验时横纵向各二条。双面板每一面应单独制样,背面的铜箔完全除去或者完全保留。对于仲裁试验,背面的铜箔应保留;
- c) 对于很难测试的薄型层压板应采用固定装置或粘在刚性基材上使其平放;
- d) 鉴定和仲裁试验,试样应在 125℃下预处理 (4 ± 0.5) h 以上。

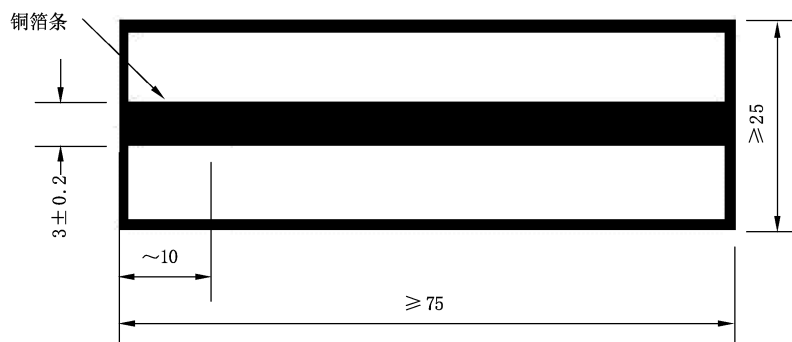


图 24 剥离强度试样示意图

7.2.1.4 程序

本方法测试程序如下：

- 量取铜箔条的宽度，记为(W_s)，准确至 0.1 mm，单位为毫米(mm)；
- 在铜箔条末端剥起试条约 10 mm。将试样条固定在抗剥仪的压紧装置上，用夹子夹紧剥起的铜箔条末端的整个宽度，连接铜箔条端和抗剥仪的金属链条应处于自由状态，并与基材平面垂直；
- 将抗剥仪调零，以补偿金属链子和夹子的重量；
- 启动抗剥仪，以 50 mm/min 的速度施加拉力，剥离长度不小于 25 mm，在剥离过程中，保持拉力方向与基材平面垂直，允许偏差 $\pm 5^\circ$ 角。如果没有把铜箔条整个宽度剥离，则该结果作废，测试另一试条；
- 记录剥离长度内的最小拉力，作为剥离力，记录为 L_m ，准确至 0.01 N，单位为牛顿(N)。如果抗剥仪带有自动记录曲线记录仪，可参照下列方法得到剥离力：
 - 剥离过程中，剥离力比较平稳，则取其平均拉力作为剥离力，如图 25 所示。

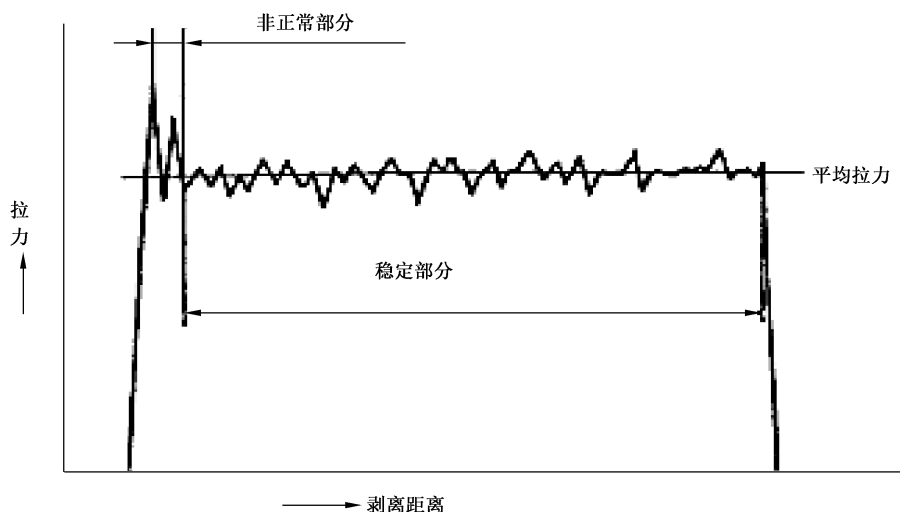


图 25 剥离力比较平稳的示意图

- 剥离过程中，剥离力始终不平稳，则取最小剥离拉力作为剥离力，如图 26 所示。

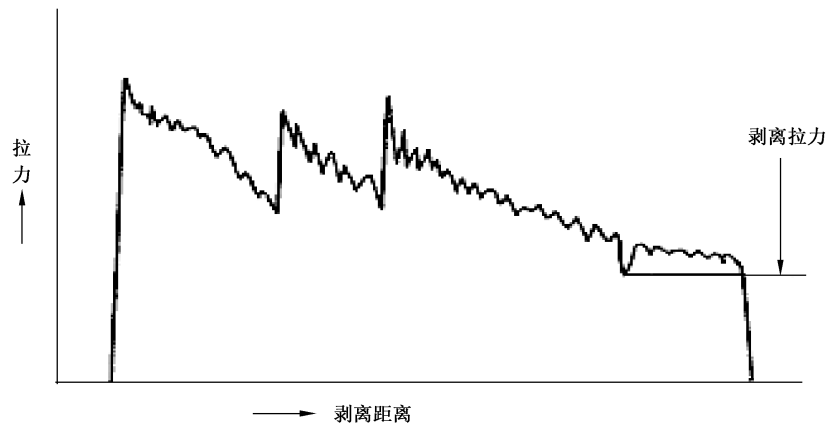


图 26 剥离力始终不平稳的示意图

3) 剥离过程中,剥离力呈分段平稳,则取其分段最低剥离强度状态下的平均拉力作为剥离力,如图 27 所示。

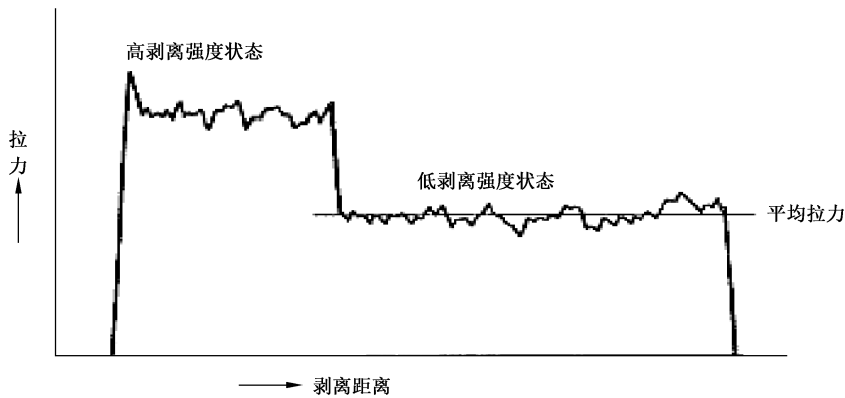


图 27 剥离力呈分段平稳的示意图

7.2.1.5 结果计算



按式(15)计算每一个剥离条的剥离强度:

$$P_s = \frac{L_m}{W_s} \dots\dots\dots (15)$$

式中:

- P_s ——剥离强度,单位为牛顿每毫米(N/mm);
- L_m ——剥离力,单位为牛顿(N);
- W_s ——剥离条宽度,单位为毫米(mm)。

7.2.1.6 报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括:

- a) 最小剥离强度,单位为牛顿每毫米(N/mm);
- b) 试验条件:验收态;
- c) 铜箔厚度;
- d) 试样厚度。

7.2.2 热应力后的剥离强度

7.2.2.1 目的

本方法用于测定覆铜板在热应力后的试验条件下的剥离强度。

7.2.2.2 仪器与材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下：

- a) 同 7.2.1.2；
- b) 可控温电热焊锡槽，能保持规定的温度，允许偏差为 $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- c) 温度测量仪，可测 25 mm 液面下焊锡温度，并能够测量规定的焊锡温度，允许温度偏差为 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- d) 秒表，或等效计时器，分辨率为 0.2 s；
- e) 滑石粉或硅油；
- f) 小镊子或类似的试样夹具。

7.2.2.3 试样

同 7.2.1.3。

7.2.2.4 程序

本方法测试程序如下：

- a) 试样上涂一层滑石粉或薄硅油，在规定的温度的焊锡中浮焊 10^{+1}_0 s ；
- b) 取出试样并冷却至室温。清除试样上的焊锡、滑石粉或硅油后，用正常或矫正后 1.0/1.0 的视力检查试样是否起泡或分层；
- c) 其余步骤同 7.2.1.4。

7.2.2.5 结果计算

同 7.2.1.5。

7.2.2.6 报告

除 3.4 的规定外，试验报告还应包括：

- a) 最小剥离强度，单位为牛顿每毫米(N/mm)；
- b) 试验条件：热应力后；
- c) 铜箔厚度；
- d) 试样厚度；
- e) 试样热应力后是否分层起泡等异常现象。



7.2.3 高温下剥离强度

7.2.3.1 目的

本方法用于测定覆铜板在高温下的剥离强度。

7.2.3.2 仪器与材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下：

- a) 同 7.2.1.2;
- b) 热油槽,在 25 mm 液面下测量时,热油浴能保持规定的高温度。

7.2.3.3 试样

同 7.2.1.3。

7.2.3.4 程序

本方法测试程序如下:

- a) 以 25 mm 深液面下测量的温度为基准将热油槽升至规定温度并至少稳定 5 min;
- b) 把试样和夹具放入热油槽,使液体浸没试样,试样大约在 25 mm 液面下方;
- c) 稳定热油恢复到规定温度,启动抗剥仪前,应使试样稳定到规定的温度;
- d) 其余步骤同 7.2.1.4;
- e) 试验后目测检查试样是否有表面树脂退色、树脂变软、分层、起泡等异常现象。

7.2.3.5 结果计算

同 7.2.1.5。

7.2.3.6 报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括:

- 最小剥离强度,单位为牛顿每毫米(N/mm);
- 试验条件:高温下;
- 铜箔厚度;
- 试样厚度;
- 试样试验后是否树脂退色、树脂变软、分层、起泡等异常现象。

7.2.4 暴露于工艺溶液后的剥离强度

7.2.4.1 目的

本方法用于测定覆铜板暴露于工艺溶液后的剥离强度。

7.2.4.2 仪器与材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下:

- a) 同 7.2.3.2;
- b) 工艺溶液,以下工艺溶液至少各 60 mL:
 - 1) 有机化学涂层去除剂(如二氯甲烷,至少化学纯);
 - 2) 氢氧化钠,浓度为 10 g/L;
 - 3) 混合液,浓度为 30 g/L 的硼酸和 10 g/L 的硫酸;
 - 4) 有机脱脂剂(如异丙醇或等效物)。

7.2.4.3 试样

铜箔剥离条宽度为(0.8±0.1)mm。其余同 7.2.1.3。

7.2.4.4 程序

7.2.4.4.1 试样预处理

按以下顺序对试样进行暴露于工艺溶液的处理：

- a) 在 $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 的有机涂层去除剂中浸泡 $(75\pm 5)\text{s}$ ；
- b) 在 $(125\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 下,干燥 $(15\pm 5)\text{min}$ ；
- c) 浸入 $(90\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 、 10 g/L 氢氧化钠溶液中 $(5\pm 1)\text{min}$ ；
- d) 在 $(55\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 的热水中漂洗 $(5\pm 1)\text{min}$ ；
- e) 在 $(60\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 、 10 g/L 硫酸(密度 1.84)和 30 g/L 硼酸混合溶液中浸泡 $(30\pm 5)\text{min}$ ；
- f) 用 $(55\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 热水冲洗 $(5\pm 1)\text{min}$ ；
- g) 在 $(125\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 下,干燥 $(30\pm 5)\text{min}$ ；
- h) 在 $(220\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 热油中浸泡 $(40\pm 5)\text{s}$ ；
- i) 在 $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 的脱脂剂中浸泡 $(75\pm 5)\text{s}$,以清除热油；
- j) 在空气中冷却试样至室温；
- k) 用正常视力或矫正为 1.0/1.0 的视力观察试样,记录基材出现的任何劣化情况,包括表面树脂缺损、退色、树脂变软、分层、起泡、缺陷扩散、白斑、裂纹或凹坑。

7.2.4.4.2 试验

测试步骤同 7.2.1.4。

7.2.4.5 结果计算

同 7.2.1.5。

7.2.4.6 报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括：

- a) 最小剥离强度,单位为牛顿每毫米(N/mm)；
- b) 试验条件:暴露于工艺溶液后；
- c) 铜箔厚度；
- d) 试样厚度；
- e) 基材出现的任何劣化情况,包括表面树脂缺损、退色、树脂变软、分层、起泡、缺陷扩散、白斑、裂纹或凹坑等异常现象。

7.3 弯曲强度

7.3.1 目的

本方法用于测定覆铜板在验收态和高温下的弯曲强度。

7.3.2 仪器与材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下：

- a) 材料试验机,压头能以如表 8 所示的恒速运行,负载测量系统的相对误差不超过 $\pm 1\%$ 。压头的半径 r_1 为 $(5\pm 0.1)\text{mm}$ 。试样厚度小于或等于 0.8 mm ,支柱的半径 r_2 为 $(2\pm 0.2)\text{mm}$ ；试样

厚度大于 0.8 mm, 支柱的半径 r_2 至少为 3.2 mm。配置能恒定至规定温度 ± 2 °C 的高温箱;

- b) 游标卡尺或等效量具, 分辨率为 0.02 mm;
- c) 附录 A 所需的设备和材料。

7.3.3 试样

试样的尺寸按表 8 所示。试样边缘保持光滑, 应无裂纹、分层等缺陷。数量为纵向、横向各 2 个。仲裁时纵向、横向各 5 个。用附录 A 蚀刻方法蚀刻除去所覆铜箔。

表 8 弯曲强度试验参数选择

试样尺寸			试验参数	
标称厚度 ^a mm	宽度 ^b mm	长度 ^c mm	支柱跨距 mm	十字头速度 mm/min
0.8	25.4	63.5	15.9	0.51
1.6	25.4	76.2	25.4	0.76
2.4	25.4	88.9	38.1	1.02
3.2	25.4	101.6	50.8	1.27
6.4	12.7	152.4	101.6	2.03

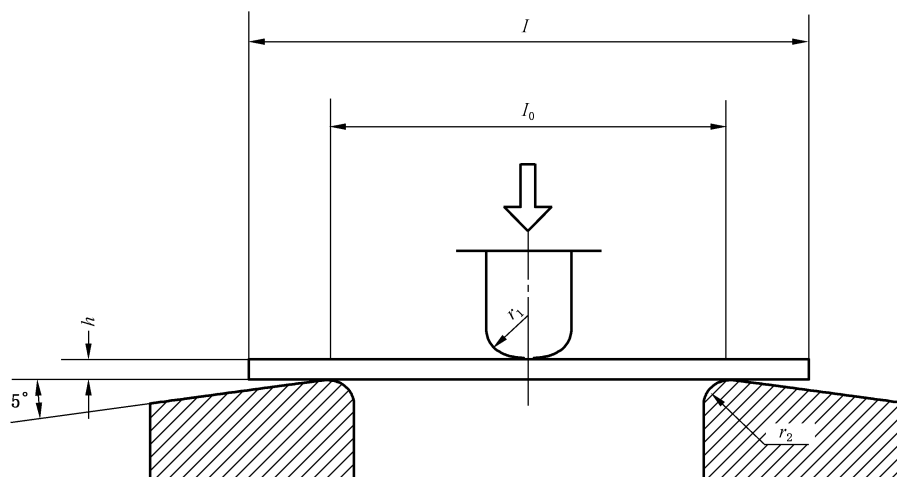
^a 表之外的标称厚度, 试验时与其相邻标称厚度较大的一级相符。
^b 试样宽度应在所示值的 5% 之内。
^c 试样长度应在所示值的 10% 之内。

7.3.4 程序

7.3.4.1 验收态的弯曲强度

测试程序如下:

- a) 用游标卡尺测量试样的宽度及厚度, 宽度记录为 b , 准确至 0.02 mm, 厚度记录为 h , 准确至 0.002 mm;
- b) 如表 8 要求调节两支柱间的跨距, 并测量两支点间的距离, 准确至 0.02 mm, 记录为 I_0 。调节压头和支柱, 使圆柱形表面的轴线相互平行, 压头位于两支柱正中间;
- c) 将试样如图 28 所示置于两支柱上, 压头与试样的接触线垂直于试样的长度方向;
- d) 以表 8 所示的试验速度对试样施加负荷, 直至试样断裂, 读取负荷值, 记录为 P , 单位为牛顿 (N)。



说明：

l_0 ——试样两支点间的距离(两支柱间跨距)；

l ——试样的长度；

r_1 ——压头的半径；

r_2 ——支柱的半径；

h ——试样的厚度。

图 28 弯曲强度测试示意图(三点弯曲法)

7.3.4.2 高温下的弯曲强度

测试程序如下：

- a) 将试样置于如表 9 所示推荐温度或产品规范规定的温度下保持 60^{+6} min 的时间；
- b) 在此温度下按 7.3.4.1 的步骤测试试样的弯曲强度。

表 9 高温下弯曲强度测试的温度参数选择(推荐)

树脂类型	试样厚度	试验温度
双官能、四官能环氧树脂	所有厚度	125 °C
热强度保持环氧树脂 高温环氧树脂	1.6 mm 以下厚度	190 °C
	1.6 mm 及其以上厚度	170 °C
BT-环氧树脂 改性环氧树脂	所有厚度	170 °C
$T_g \geq 250$ °C 聚酰亚胺树脂	所有厚度	204 °C
$T_g < 250$ °C 聚酰亚胺树脂	所有厚度	170 °C
氰酸脂	所有厚度	204 °C

7.3.5 结果计算

按式(16)计算每一个试样的弯曲强度：

$$\sigma_f = \frac{3Pl_0}{2bh^2} \dots\dots\dots(16)$$

式中：

- σ_f —— 弯曲强度,单位为兆帕(MPa)；
- P —— 断裂负荷,单位为牛顿(N)；
- I_0 —— 跨距,单位为毫米(mm)；
- b —— 试样宽度,单位为毫米(mm)；
- h —— 试样蚀刻后的基材厚度,单位为毫米(mm)。

7.3.6 报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括：

- a) 横、纵向的各自平均弯曲强度；
- b) 试验条件:验收态或高温下；
- c) 试样厚度；
- d) 试样断裂情况。

7.4 尺寸稳定性

7.4.1 目的

本方法用于测定覆铜板蚀刻和热处理前后的尺寸变化关系,本方法适用于多层印制板的玻璃纤维增强薄型覆铜板的尺寸稳定性。

7.4.2 仪器与材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下：

- a) 影像测量仪,或等效仪器,能测 250 mm 以上尺寸,分辨率为 0.01 mm；
- b) 空气循环式烘箱,能保持 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 和 $(150 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。试样放入烘箱后,温度恢复时间少于 15 min；
- c) 干燥箱,贮氯化钙或硅胶,在 $(21 \pm 2)^\circ\text{C}$ 时,能保持相对湿度小于 30%；
- d) 附录 A 所用的设备与材料；
- e) 合适的标志设备(钻孔设施、标识胶带等)。

7.4.3 试样

试样为长约为 300 mm 宽约为 280 mm 的长方形,经向(机械加工方向)为 300 mm。数量为 3 个,评定整张覆铜板时,试样应从整张板的两个对角和中央各取一个,见图 29。对剪切小板则随机选取 3 个试样。

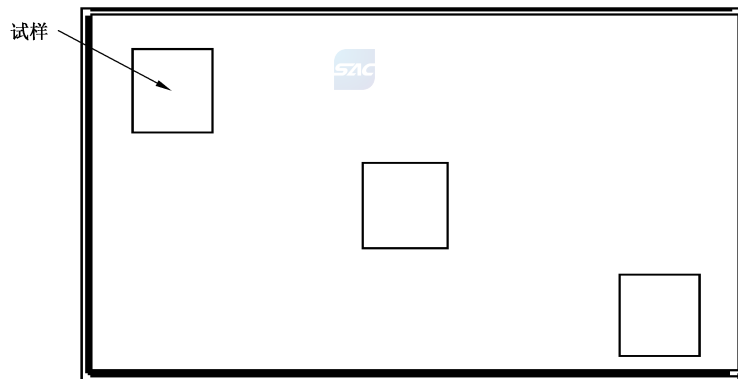


图 29 尺寸稳定性取样位置示意图

7.4.4 程序

7.4.4.1 试样定位与标识

在试样四个角用钻或刻出四个定位点,在试样的识别区上作出识别标志。定位点上贴一片直径约为 12 mm 的胶带,在识别标志上贴一片约 25 mm×12 mm 的胶带。见图 30。

单位为毫米

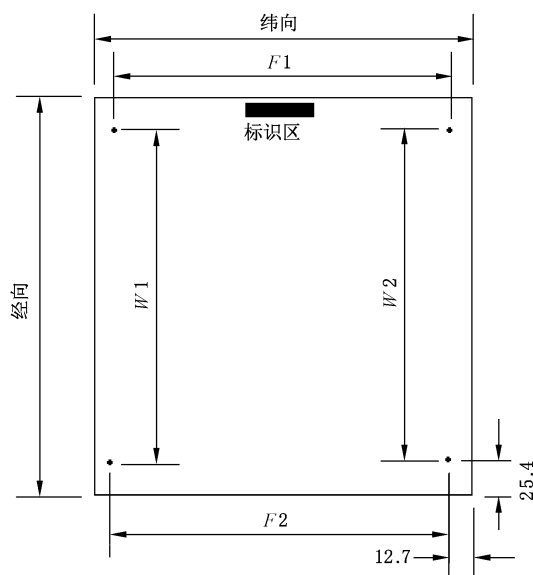


图 30 尺寸稳定性的标识

7.4.4.2 初始值测量

用影像测量仪测量未经处理试样的距离 F_1 、 F_2 、 W_1 和 W_2 , 准确到 0.002 mm。所有测试值作为初始测量值,记录为 F_{1_0} 、 F_{2_0} 、 W_{1_0} 和 W_{2_0} 。

7.4.4.3 蚀刻去铜箔

用附录规定的方法除去铜箔,其温度不高于 50 °C。试样从蚀刻机取出,放在架子上,冲洗,揭去胶带后晾干层压板,在 4 h 内进行热烘试验。

7.4.4.4 热烘试验的尺寸稳定性

热烘试验尺寸稳定性分以下两个部分:

- 试样在 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 下烘 $4 \text{ h} \pm 10 \text{ min}$, 试样应直立于支架,放入烘箱,试样间距不小于 13 mm,气流平行流过试样平面。试样热烘后立即放入干燥箱内,经 $1^{+0.5}_0 \text{ h}$ 后取出,在 5 min 内用影像测量仪器测量 F_1 、 F_2 、 W_1 和 W_2 ,准确至 0.002 mm。记录该值为 F_{1_1} 、 F_{2_1} 、 W_{1_1} 和 W_{2_1} 。
- 试样完成 105 °C 热烘试验测试后放入 $(150 \pm 5)^\circ\text{C}$ 烘箱中热烘 $2 \text{ h} \pm 5 \text{ min}$,试样应直立于支架,放入烘箱,试样间距不小于 13 mm,气流平行流过试样平面。试样热烘后,应立即放入干燥箱内。经 $1^{+0.5}_0 \text{ h}$ 后取出,在 5 min 内用影像测量仪器测量 F_1 、 F_2 、 W_1 和 W_2 ,记录该值为 F_{1_2} 、 F_{2_2} 、 W_{1_2} 和 W_{2_2} 。

7.4.5 结果计算

7.4.5.1 计算公式

按式(17)、式(18)、式(19)、式(20)、式(21)、式(22)、式(23)、式(24)对经向和纬向进行尺寸变化率计算：

$$\xi_{\text{经向}1} = \frac{W1_1 - W1_0}{W1_0} \times 10^6 \quad \dots\dots\dots(17)$$

$$\xi'_{\text{经向}1} = \frac{W1_2 - W1_0}{W1_0} \times 10^6 \quad \dots\dots\dots(18)$$

$$\xi_{\text{经向}2} = \frac{W2_1 - W2_0}{W2_0} \times 10^6 \quad \dots\dots\dots(19)$$

$$\xi'_{\text{经向}2} = \frac{W2_2 - W2_0}{W2_0} \times 10^6 \quad \dots\dots\dots(20)$$

$$\xi_{\text{纬向}1} = \frac{F1_1 - F1_0}{F1_0} \times 10^6 \quad \dots\dots\dots(21)$$

$$\xi'_{\text{纬向}1} = \frac{F1_2 - F1_0}{F1_0} \times 10^6 \quad \dots\dots\dots(22)$$

$$\xi_{\text{纬向}2} = \frac{F2_1 - F2_0}{F2_0} \times 10^6 \quad \dots\dots\dots(23)$$

$$\xi'_{\text{纬向}2} = \frac{F2_2 - F2_0}{F2_0} \times 10^6 \quad \dots\dots\dots(24)$$

式中：

$\xi_{\text{经向}1}$ 、 $\xi_{\text{经向}2}$ ——105℃后经向的尺寸变化率,单位为微米每米($\mu\text{m}/\text{m}$)；

$\xi'_{\text{经向}1}$ 、 $\xi'_{\text{经向}2}$ ——150℃后经向的尺寸变化率,单位为微米每米($\mu\text{m}/\text{m}$)；

$\xi_{\text{纬向}1}$ 、 $\xi_{\text{纬向}2}$ ——105℃后纬向的尺寸变化率,单位为微米每米($\mu\text{m}/\text{m}$)；

$\xi'_{\text{纬向}1}$ 、 $\xi'_{\text{纬向}2}$ ——150℃后纬向的尺寸变化率,单位为微米每米($\mu\text{m}/\text{m}$)；

$W1_0$ 、 $W2_0$ ——经向初始值,单位为毫米(mm)；

$F1_0$ 、 $F2_0$ ——纬向初始值,单位为毫米(mm)；

$W1_1$ 、 $W2_1$ ——105℃后经向测量值,单位为毫米(mm)；

$F1_2$ 、 $F2_2$ ——150℃后纬向测量值,单位为毫米(mm)。

注：在不影响歧义下结果 $\mu\text{m}/\text{m}$ 可用 PPM 表示。

7.4.5.2 极值删除

取子组(经向或纬向)测量值,按递减顺序排列,使用表 10 所述的程序求出离散值 D ,如求出的 D 值大于表 11 中的 D 值,应将极值删除后重新计算。

表 10 D 值计算程序

子组数, n	如表观离散值为最大值	如表观离散值为最小值
3~7	$D = \frac{\text{最大值} - \text{最二大值}}{\text{最大值} - \text{最小值}}$	$D = \frac{\text{第二小值} - \text{最小值}}{\text{最大值} - \text{最小值}}$
8~10	$D = \frac{\text{最大值} - \text{最二大值}}{\text{最大值} - \text{第二小值}}$	$D = \frac{\text{第二小值} - \text{最小值}}{\text{第二大值} - \text{最小值}}$

表 11 极值表

n	D (置信度 95%)
3	0.941
4	0.765
5	0.642
6	0.560
7	0.507
8	0.554
9	0.512
10	0.433

7.4.5.3 计算平均值

取三块试样的经、纬向的平均值为结果值。(计算时,应注意按 7.4.5.2 的方法算出极值离散度是否过大,若是,应先除去)。

7.4.6 报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括:

- a) 经向、纬向平均尺寸变化率;
- b) 试验条件:热烘后。

7.5 冲孔性

7.5.1 目的

本方法用于测定覆铜板经受特定的模拟冲孔剪切工艺过程后的抗冲剪能力。

7.5.2 仪器与材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下:

- a) 偏心冲床,标称总冲压力为 160 kN~250 kN、冲频为 90 次/min~125 次/min;
- b) 冲模为复合模(一次成形),凹凸模表面粗糙度 Ra 为:0.63 μm ,间隙(双间隙)为 0.10 mm,冲样如图 31 所示;
- c) 恒温箱,温度可控制在规定温度 ± 2 $^{\circ}\text{C}$;
- d) 放大镜,放大倍数为 2.5 倍;
- e) 读数显微镜,放大倍数为 20 倍,分辨率为 0.01 mm;
- f) 钢尺及适用于冲床和模具使用的工具。

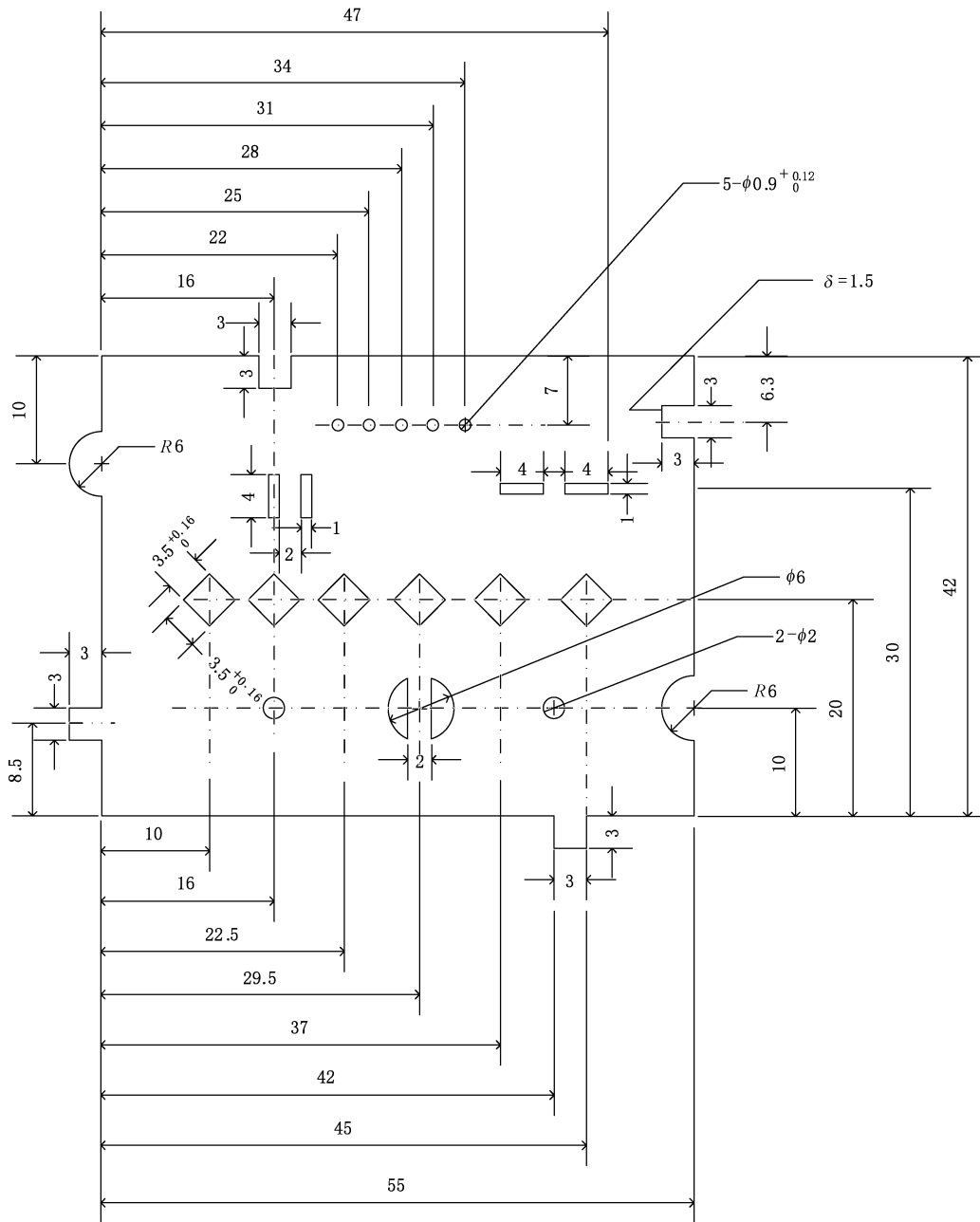


图 31 冲孔性试验冲样图

7.5.3 试样

试样厚度应为 1.6 mm(或 1.5 mm), 辨明样品板的纵、横向, 然后制成横向为 (70 ± 2) mm、纵向为 (55 ± 2) mm 的长方形试样 5 个。试样边缘应光滑平整, 无裂缝。

7.5.4 程序

本方法测试程序如下:

- a) 检查冲头刀口和凹模的锐利度, 刀口不锐利应进行研磨, 以保证试验正常进行;

- b) 正确安装冲模,冲模应以垂直位置安装在冲床上,调整冲床冲程,使冲头进入凹模的深度恰好为试样的厚度(此为最佳冲程);
- c) 将试样放置在产品规范规定温度的恒温箱中,每件试样加热时间不少于 15 min,不多于 20 min;
- d) 试样冲孔时,覆箔面朝上,横向应与图中间菱形方孔的行列一致,冲件借助冲床的脚动松脱装置单个冲出;
- e) 冲孔试样冲出后,即可检查评定,热冲试样则应待其冷却后在检查评定。

7.5.5 评定

本测试结果评定如下:

- a) 试样的冲孔性,建议以冲件的层压板面来评定,若对粘合面也需进行评定时,则按附录 A 规定的蚀刻方法蚀刻后冲出的 5 个试样分别评定;
- b) 冲孔性的评定分三部分评分,每部分分 5 级,依次以数字 1~5 表示,各部分用横线“—”相连;
- c) 中间 6 个菱形方孔,有 5 个间隙,按间隙自宽至窄定为 1、2、3、4、5 级,通过某一间隙则评定为该级。菱形顶角间隙有无开裂,用 2.5 倍放大镜检查,间隙开裂连通时,为该级不通过。若不能确定时,则将试样浸于温度为 50 °C~60 °C、体积浓度约为 1% 的甲基紫水溶液中 2 min~3 min,使裂缝由于染色而呈现出来,然后再用 2.5 倍放大镜检查;
- d) 各孔间及其边缘状况,按表 12 情况分为 5 级;

表 12 各孔间及其边缘状况分级

描述	分级
整齐	5 级
轻微碎裂和轻微毛边	4 级
有碎裂和毛边	3 级
有较重的碎裂和轻度边缘开裂	2 级
严重碎裂和边缘开裂	1 级

- e) 菱形之外的各孔洞边缘的白边状况,选白边最严重的孔洞用放大 20 倍的读数显微镜测定其最大宽度,白边宽度按表 13 分为 5 级;

表 13 白边分级

描述	分级
无白边	5 级
白边宽度小于或等于 0.4 mm	4 级
白边宽度为 0.4 mm~0.8 mm	3 级
白边宽度为 0.8 mm~1.2 mm	2 级
白边宽度大于或等于 1.2 mm 以上	1 级

- f) 覆铜板铜箔面应检查有无铜箔鼓起;
- g) 5 个试样中的最差作为结果。

7.5.6 报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括:

- a) 有无铜箔鼓起;
- b) 评定级别;
- c) 冲孔试样数量;
- d) 冲孔温度(冷冲、热冲);
- e) 评定面(层压面、粘合面)等。

8 电性能

8.1 击穿电压(平行层向)

8.1.1 目的

本方法用于测试工频下(50 Hz~60 Hz)覆铜板绝缘基材在规定距离的两孔平行板面方向的介质击穿电压。本方法适用于厚度大于或等于 0.5 mm 的覆铜板。

8.1.2 试验条件

试验在室温下(23 ± 5)℃进行。

8.1.3 仪器与材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下:

- a) 高压击穿试验仪:电压最小量程为 50 kV,额定功率为 5 kW。带有升压速率为 500 V/s 的监控装置;
- b) 盛装击穿电压大于规范要求的绝缘油(变压器油等)的油槽;
- c) 锥形电极装置:两根,用铜或钢制成,小头端直径为(4.5 ± 0.2)mm,大头端直径为(6.5 ± 0.2)mm(锥度为 2%),表面粗糙度 Ra 最大允许值为 $1.6\ \mu\text{m}$,上下两端带有圆帽头(直径为 12 mm)以防放电;
- d) 额定耐压应高于测试仪的高压测试导线;
- e) 恒温水浴锅,盛装蒸馏水,能保持(50 ± 2)℃;
- f) 放在水浴内支撑和分隔试样,使试样所有表面均浸入水中的支架;
- g) 无绒纸巾或无绒布;
- h) 0 s~60 s 的计时器;
- i) 附录 A 所需的设备与材料。

8.1.4 试样

试样为长约为 76 mm 宽约为 50 mm 的长方形,厚度为板厚。数量为 4 个,按增强材料的横纵向各取 2 块。沿长边中心线和短边中点对称处钻两个直径为 5.0 mm 的圆孔,两孔间距(25 ± 1)mm,如图 32 所示。用附录 A 规定的蚀刻方法将所覆铜箔去除。

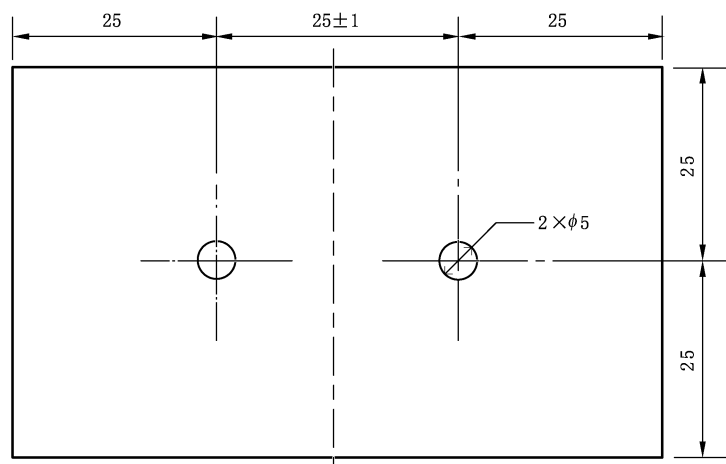


图 32 击穿电压(平行层向)试样尺寸示意图

8.1.5 程序

8.1.5.1 试样预处理

除另有规定外,试样应在保持 $(50 \pm 2)^\circ\text{C}$ 的蒸馏水中处理 48^{+2}_0 h,然后将试样浸入室温蒸馏水中 $0.5\text{ h} \sim 4\text{ h}$ 。在含水量基本不变的情况下使试样达到温度平衡。

8.1.5.2 试验

试验步骤如下:

a) 确定起始电压;

- 1) 从室温水取出第一块试样,用无绒毛纸巾或布擦干。将第一块试样插入夹具中,从试样两面插入锥形电极,如图 33 所示;
- 2) 电极两端套上铜质圆帽头,并将试样夹浸入油槽内。一个锥形电极接高压线,另一个锥形电极接地线。调节高压测试仪的变压器到合适的档位,使其能在击穿时满足所要求的电压和电流;
- 3) 启动测试仪,以 500 V/s 的速率升高测量电压。观察试样,直至击穿。记录击穿时的电压,以确定另一块试样的起始电压。

注:如油出现击穿,而试样未有明显损伤,建议用同批另一试样重试,油宜过滤或更换。

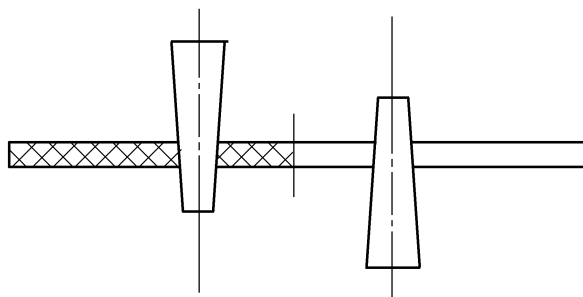


图 33 击穿电压(平行层向)电极插入试样示意图

b) 测试击穿电压。

- 1) 从室温水中取出第二块试样,擦干,插入电极夹具中,放入油槽中;
- 2) 根据第一块试样确定起始电压,将起始电压置于瞬时击穿值的 50%,按表 14 逐级升压,每一步施加电压 60 s,直至材料击穿或油被击穿为止;
- 3) 记录击穿电压,精确至 1 kV,如材料未击穿,则记录为“NB”。依次完成剩余的试样测试。

表 14 逐级升压试验的电压增量

击穿电压 kV	每级电压增量 kV
≤12.5	0.5
>12.5~25	1.0
>25~50	2.5
>50~100	5
>100	10

8.1.6 报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括:

- a) 如所有试样击穿,报告击穿的单个值和所有试样的平均值,例如:平均 85 kV;
- b) 如有试样未击穿,报告平均值时,在一个或两个未击穿试样数值后加“+”号,例如:平均 82 + kV 2NB;
- c) 如所有试样未击穿,报告油击穿的最小值,例如:75+kV NB;
- d) 测试中的任何反常现象或与本方法的任何差异。

8.2 电气强度

8.2.1 目的

本方法用于测试工频下(50 Hz~60 Hz)覆铜板绝缘基材在垂直于板面方向的介质击穿电压。本方法适用于厚度小于 0.5 mm 的覆铜板。

8.2.2 试验条件

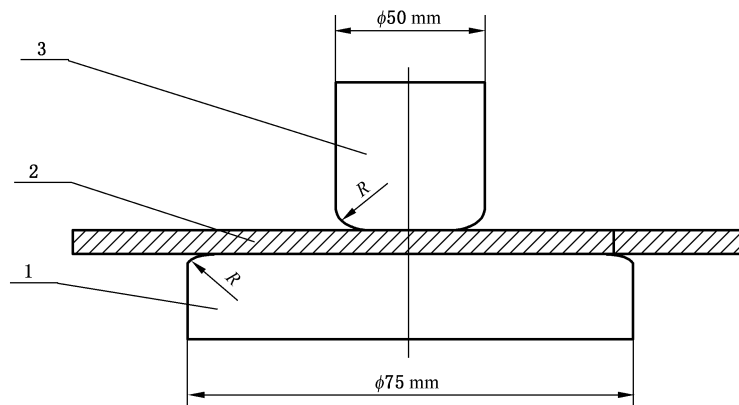
试验在室温(23±5)°C 条件下进行。

8.2.3 仪器与材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下:

- a) 高压击穿试验仪,电压最小量程为 25 kV,额定电流一般为 40 mA,额定功率 5 kW。带有升压速率为 500 V/s 的监控装置和一个电压表。在整个实际击穿电压(1 kV~20 kV)范围内的示值误差应在 5%以内;
- b) 盛装击穿电压大于规范要求的绝缘油(变压器油等)的油槽;
- c) 电极装置,试验电极由上下两个电极组成,见图 34。上电极的直径为 50 mm,下电极直径为 75 mm,上下电极底面边缘倒圆成半径 6 mm 的圆弧,上电极应有一定的质量,使试样与电极间接触紧密;
- d) 额定耐压应高于测试仪的高压测试导线;

- e) 恒温水浴锅,盛装蒸馏水,能保持 $(50\pm 2)^{\circ}\text{C}$;
- f) 支架,放在水浴内支撑和分隔试样,使试样所有表面均浸入水中;
- g) 无绒纸巾或无绒布;
- h) 千分尺,分辨率为 0.002 mm ;
- i) 附录 A 所用的设备与材料。



说明:

- 1 —— 上电极;
- 2 —— 试样;
- 3 —— 下电极;
- R —— 边缘倒圆半径,6 mm。

图 34 电气强度(垂直层向)电极示意图

8.2.4 试样

试样为边长约为 100 mm 的正方形,厚度为板厚,要求试样边缘不产生飞弧,数量为3个。用附录 A 的蚀刻方法除去所覆铜箔。

8.2.5 程序

8.2.5.1 试样预处理

除另有规定外,试样应在保持 $(50\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 的蒸馏水中处理 48^{+2}_0 h ,然后将试样浸入室温蒸馏水中 $0.5\text{ h}\sim 4\text{ h}$ 。在含水量基本不变的情况下使试样达到温度平衡。

8.2.5.2 设备安装

按照承制方的说明书的要求调节高压测试仪,使其电压范围满足材料试验要求。设定试验升压速率为 500 V/s 。连接电极线,使一个电极接高压,另一个电极接地。

8.2.5.3 电气强度测试

测试步骤如下:

- a) 从室温的水中取出预处理的样品,用无绒毛纸巾或布擦干;
- b) 用千分尺测定并记录试样每个边距边缘 25 mm 处四个中心点的厚度;
- c) 将试样插入夹具中心,浸没于油槽中,以防止飞弧;
- d) 启动测试仪,以 500 V/s 的速率升压,观察击穿时测试仪指示的电压值;

e) 记录击穿电压,准确到 0.1 kV。

注:从油介质中取出试样,检查是否击穿。如果不明显,重新插入试样,注意对准中心,重新进行测试。如出现飞弧,应使用较大尺寸的试样或更换新油。

8.2.6 结果计算

取所测的每一个边(共四点)厚度的平均值作为试样厚度,按式(25)求出每块试样的电气强度,以三块试样的电气强度的平均值作为试验结果,准确至 0.1 kV/mm。

$$U = \frac{V}{t} \dots\dots\dots(25)$$

式中:

- U ——电气强度,单位为千伏每毫米(kV/mm);
- V ——击穿电压,单位为千伏(kV);
- t ——试样厚度,单位为毫米(mm)。

8.2.7 报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括:

- a) 电气强度的算术平均值,以 kV/mm 表示,准确至 0.1 kV/mm;
- b) 测试中的任何反常现象或与本方法的任何差异。

8.3 体积电阻率和表面电阻率

8.3.1 目的

本方法用于测试覆铜箔层压板的表面电阻率和体积电阻率。

8.3.2 仪器与材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下:

- a) 能满足如下条件的湿热试验箱:
 - 1) 湿热试验箱 1,能保持温度(35±2)℃或(40±2)℃,相对湿度 90%~95%;
 - 2) 湿热试验箱 2,能保持温度 25±₂^{±5}℃~(65±2)℃,相对湿度 85%~93%的 20 个温度循环周期;
- b) 空气循环式烘箱,能保持规定的温度,其偏差为±2℃。在条件处理期间,保持试样表面与试验箱中的气流方向平行;
- c) 高阻计或等效电阻设备,具有符合相关产品规范的量程,且在量程范围内允许相对测量误差为±5%,能对试样施加 500 V 的直流测量电压;
- d) 连接导线,能将试样保持在处理箱中测试,三根独立的带有同轴屏蔽的电缆。电缆的中心导体一端连接试样的电极,另一端连接电阻测试仪,其中连接试样保护电极的电缆的另一头接地;
- e) 千分尺,分辨率为 0.002 mm;
- f) 测量夹具,带有屏蔽盒;
- g) 导电银漆,或其他等效材料;
- h) 附录 A 所需的设备与材料。

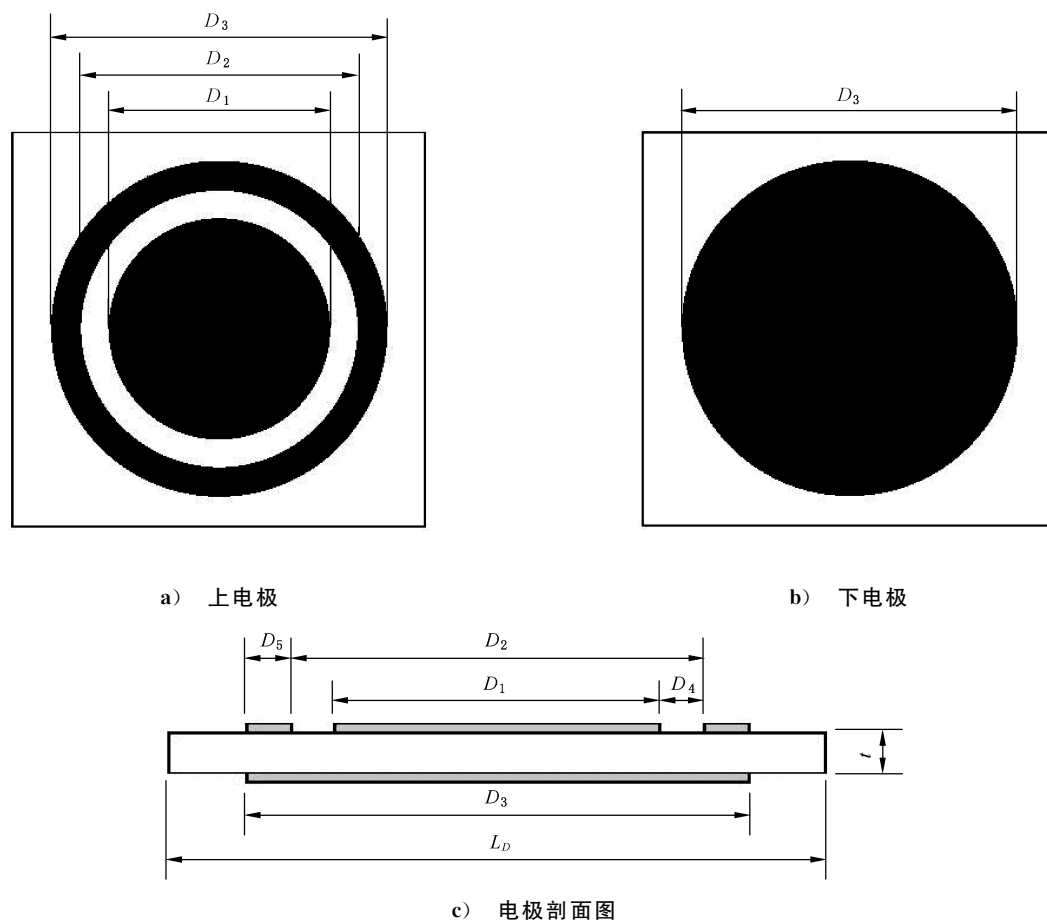
8.3.3 试样

测试试样要求如下:

- a) 基材厚度大于或等于 0.50 mm 时,试样尺寸为(100±1)mm×(100±1)mm,厚度为板厚,对每个试验条件各准备三块试样;

- b) 基材厚度小于 0.50 mm 时,试样尺寸为 $(50\pm 1)\text{mm}\times(50\pm 1)\text{mm}$,厚度为板厚,对每个试验条件各准备三块试样;
- c) 试样上的覆铜箔面,用合适的印制电路工艺方法(如丝网印刷)和附录 A 规定的蚀刻方法,制成如图 35 所示的电极导电图形,图形尺寸见表 15;
- d) 试样上的未覆铜箔面,用导电银浆或其他等效材料涂敷成图 35 b)所示的图形(若有能与有效面积紧密接触的电极夹具,可不涂敷导电材料)。

SZIC



说明:

t —— 试样厚度,单位为毫米(mm);

L_D —— 试样长度,单位为毫米(mm)。

图 35 表面电阻率和体积电阻率电极导电图形

表 15 表面电阻率和体积电阻率电极尺寸

基材厚度 mm	直径 D_1 cm	直径 D_2 cm	直径 D_3 cm	D_4 cm	D_5 cm	A cm^2	P/D_4
0.50 以下	2.540 ± 0.013	2.591 ± 0.013	3.493 ± 0.013	0.025 ± 0.003	0.450 ± 0.013	5.169	322.4
0.50 及以上	5.080 ± 0.038	6.350 ± 0.038	7.620 ± 0.038	0.636 ± 0.013	0.636 ± 0.038	25.652	28.27

注: $D = (D_1 + D_2)/2$, $A = \pi D^2$, $P = \pi D$ 。

8.3.4 程序

8.3.4.1 厚度测量

用千分尺测量试样上无铜箔的三个不同位置的厚度,准确至 0.01 mm,取平均值,记录为(t)。

8.3.4.2 恒定湿热条件下测量(适用于试样厚度小于 0.50 mm)

测试步骤如下:

- 将试样放置在温度 $(35 \pm 2)^\circ\text{C}$ 和相对湿度 $90 \pm 5\%$ 的湿热试验箱中处理 $96 \pm 2\text{h}$ (处理条件另可表示为 C-96/35/90);
- 试样在保持于同等温湿度条件的湿热箱中进行表面电阻和体积电阻的测试,测试应在允许时间偏差 2 h 内完成;
- 表面电阻的测试连线如图 36,体积电阻的测试连线如图 37;
- 在施加 $(500 \pm 5)\text{V}$ 直流测量电压 1 min 后读数,表面电阻记录为 (R_s),单位为 $\text{M}\Omega$;体积电阻记录为 (R_v),单位为 $\text{M}\Omega$ 。

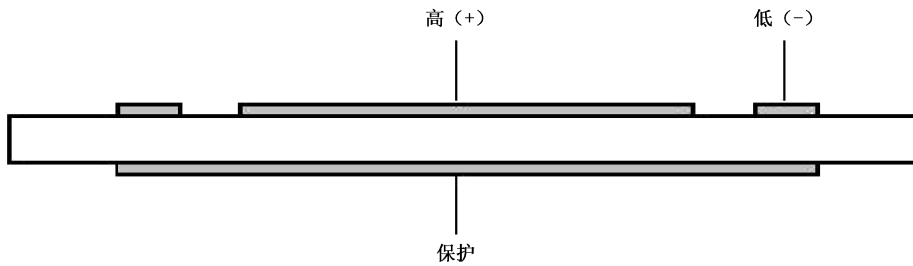


图 36 表面电阻测试连线图

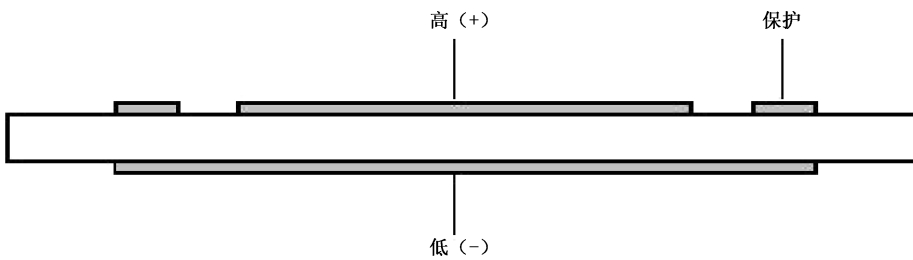


图 37 体积电阻测试连线图

8.3.4.3 恒定湿热条件恢复后测量

测试步骤如下:

- 试样置于温度 $15^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$,相对湿度为 $45\% \sim 75\%$,气压为 $86 \text{ kPa} \sim 106 \text{ kPa}$ 的条件下处理不少于 24 h;
- 将试样放置在温度为 $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$ 和相对湿度 $90 \pm 5\%$ 的湿热试验箱中处理 $96 \pm 2\text{h}$ (处理条件另可表示为 C-96/40/90,含恢复时间在内);
- 取出试样在 $15^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$ 、相对湿度为 $73\% \sim 77\%$,气压为 $86 \text{ kPa} \sim 106 \text{ kPa}$ 条件中恢复,时间为 $(90 \pm 15)\text{min}$;
- 将经恢复后的试样,5 min 内放入带有屏蔽盒的测量夹具中,分别按图 36、图 37 进行设备

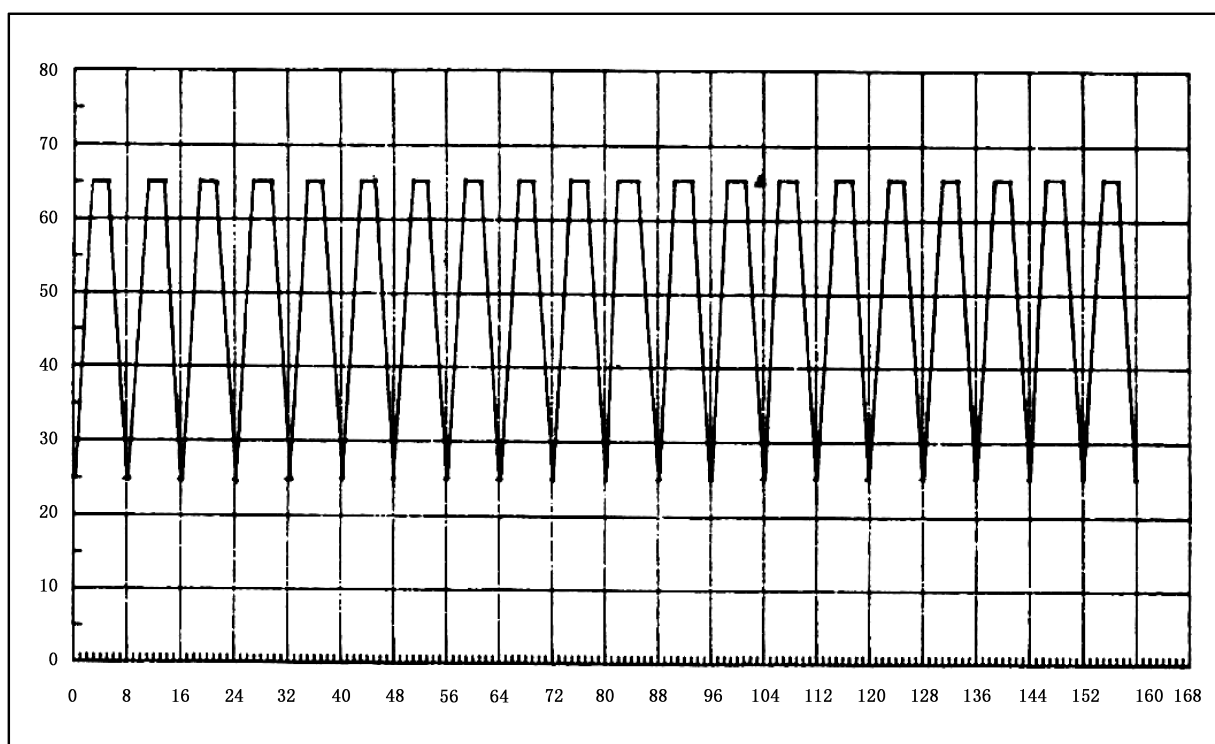
连接；

- e) 测量试样的表面电阻和体积电阻,在施加 (500 ± 5) V直流测量电压1 min后读数,表面电阻记录为 (R_s) ,单位为 $M\Omega$;体积电阻记录为 (R_v) ,单位为 $M\Omega$ 。

8.3.4.4 湿热循环周期条件下测量

此条件适用于厚度大于或等于0.50 mm的试样。测试步骤如下:

- a) 将试样置于20个温湿度周期处理,每个周期包括(每步时间偏差为 ± 5 min),如图38所示;
- 1) 初始温度为 $25\pm 2^\circ\text{C}$,经2.5 h,温度上升到 $(65\pm 2)^\circ\text{C}$,相对湿度保持在85%~93%之间;
 - 2) 在温度 $(65\pm 2)^\circ\text{C}$,相对湿度为85%~93%时,至少保持3 h;
 - 3) 温度经2.5 h,从 $(65\pm 2)^\circ\text{C}$ 下降到 $25\pm 2^\circ\text{C}$,维持相对湿度大于80%;
 - 4) 每个周期为8 h,两个周期之间没有停顿;
- b) 试样仍保持于温湿度条件的湿热箱中,在达到温度 $(25\pm 2)^\circ\text{C}$ 和相对湿度 $90\pm 5\%$ 的稳定条件1.5 h以后开始测量;
- c) 在2 h内完成表面电阻和体积电阻的测试。表面电阻的测试连线如图36,体积电阻的测试连线如图37;
- d) 在施加 (500 ± 5) V直流测量电压1 min后读数,表面电阻记录为 (R_s) ,单位为 $M\Omega$;体积电阻记录为 (R_v) ,单位为 $M\Omega$ 。



说明:

横轴——时间,单位为小时(h);

纵轴——温度,单位为摄氏度($^\circ\text{C}$)。

图38 温湿度20个循环周期

8.3.4.5 高温条件下的测量

测试步骤如下:

- a) 试样在温度为(125±2)℃的空气循环箱中处理 24⁺²₀ h(这种处理条件另可表示为 E-24/125);
- b) 试样仍保持于同等温度条件的空气循环箱中进行表面电阻和体积电阻的测试,测试应在允许时间偏差 2 h 内完成。表面电阻的测试连线如图 36,体积电阻的测试连线如图 37;
- c) 在施加(500±5)V 直流测量电压 1 min 后读数,表面电阻记录为(R_s),单位为 MΩ;体积电阻记录为(R_v),单位为 MΩ。

8.3.5 结果计算

按式(26)计算体积电阻率、式(27)计算表面电阻率:

$$\rho_v = \frac{A}{t} \times R_v \dots\dots\dots(26)$$

式中:

- ρ_v —— 体积电阻率,单位为兆欧厘米(MΩ·cm);
- A —— 保护电极有效面积,单位为平方厘米(cm²);
- t —— 试样平均厚度,单位为厘米(cm);
- R_v —— 体积电阻测试值,单位为兆欧(MΩ)。

注: A 值从表 15 中查出。

$$\rho_s = \frac{P}{D_4} \times R_s \dots\dots\dots(27)$$

式中:

- ρ_s —— 表面电阻率,单位为兆欧(MΩ);
- P —— 保护电极有效周长,单位为厘米(cm);
- D_4 —— 测试间隙宽度,单位为厘米(cm);
- R_s —— 表面电阻测试值,单位为兆欧(MΩ)。

注: P/ D_4 比值可从表 15 中查出。

8.3.6 报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括:

- a) 表面电阻率和体积电阻率的最小值作为测试结果;
- b) 处理测试条件;
- c) 试样厚度。

8.4 绝缘电阻

8.4.1 目的

本方法用于测试覆铜板基材平行层向的绝缘电阻。本方法适用于厚度大于或等于 0.5 mm 的覆铜板。

8.4.2 仪器与材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下:

- a) 高阻计或等效电阻设备,具有符合相关产品规范量程的要求(如应至少能测量到 10¹⁴ Ω),且在量程范围内允许相对测量误差为±5%,能对试样施加 500 V 的直流测量电压,并具有同轴屏蔽电缆系统;
- b) 电极,两个铜质或钢质锥形电极,直径为 5 mm,锥度为 2%。表面粗糙度 Ra 不大于 0.63 mm;
- c) 秒表或以秒为单位的计时器;

- d) 烧杯；
- e) 无绒纸巾或无绒布；
- f) 蒸馏水；
- g) 附录 A 所需的设备与材料。

8.4.3 试样

试样尺寸为 $(40\pm 2)\text{mm}\times(20\pm 1)\text{mm}$ ，厚度为板厚。数量为 3 个。试样边缘应光滑。沿试样长边中心线和短边中点对称处钻两个直径为 5.0 mm 的圆孔，两孔间距 $(15\pm 0.25)\text{mm}$ 。孔的周围应光滑，不应有碎裂，如图 39 所示。试样按附录 A 规定的蚀刻方法去除所覆铜箔。

单位为毫米

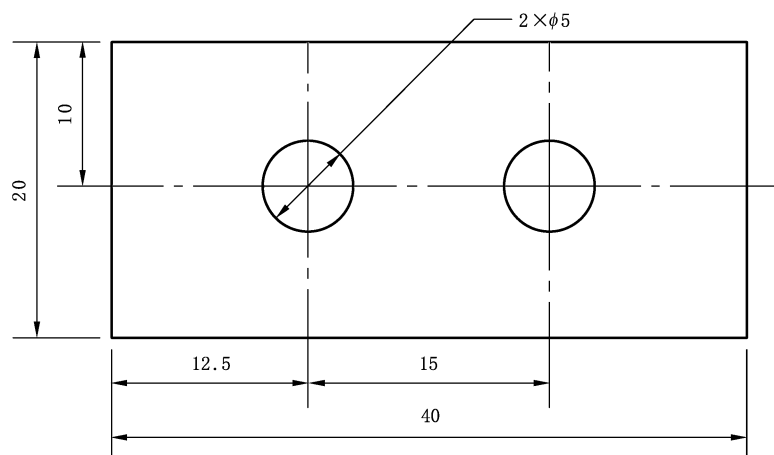


图 39 绝缘电阻试样

8.4.4 程序

8.4.4.1 试样预处理

试样应在 $(20^{+5})^{\circ}\text{C}$ 和相对湿度 $(65\pm 5)\%$ 的条件下处理 $(90^{+2})\text{h}$ (处理条件另可表示为 C-90/20/65)。

8.4.4.2 验收态下测量

将预处理后的试样在 $15^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$ 的条件下放置 $(30\pm 5)\text{min}$ ，将锥形电极插入试样的孔内。在 $(20^{+5})^{\circ}\text{C}$ 和相对湿度 $(65\pm 5)\%$ 的条件下，开启高阻计，对试样施加 500 V 直流电压，稳定 1 min 后，读出绝缘电阻值。

8.4.4.3 水煮沸后测量

将预处理后的试样放入沸腾的蒸馏水中煮 $(120\pm 10)\text{min}$ 后，将试样放入 $15^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$ 的清水中冷却 $(30\pm 5)\text{min}$ 。用干净的纱布将试样表面的水分擦干。2 min 内，将锥形电极插入试样的孔内。在 $(20^{+5})^{\circ}\text{C}$ 和相对湿度 $(65\pm 5)\%$ 的条件下，开启高阻计，对试样施加 500 V 直流电压，稳定 1 min 后，读出绝缘电阻值。

8.4.5 报告

除 3.4 的规定外，试验报告还应包括：

- a) 绝缘电阻的平均值与最小值；
- b) 处理测试条件；
- c) 试样厚度。

8.5 介电常数和介质损耗角正切

8.5.1 二流体槽法

8.5.1.1 目的

本方法用于测定 1 MHz 下覆铜板的介电常数和介电损耗角正切。本方法测量厚度从 0.38 mm~6.35 mm 的板材,可以测定所有范围的介电常数和低至 0.000 5 的介质损耗角正切。

8.5.1.2 测试条件

一般材料测定时的环境温度应为 $(23\pm 2)^\circ\text{C}$ 。对在室温范围内会发生玻璃转化的材料,即四氟乙烯、某些聚丙烯酸酯,环境温度应为 $(23\pm 1)^\circ\text{C}$ 。对于极薄、吸湿性很强的材料,应在详细规范规定湿度条件进行。

8.5.1.3 测试原理

二流体槽法测定材料的介电常数和介质损耗角正切是利用空气作为一种流体,选择另一适当的液体作为第二种流体(通常为硅酮),当空气的介电常数为—确定值时,则流体和试样的介电常数可以很容易地计算出来。对大多数材料说,测定时温度和湿度的变化对测试结果的影响要比试验方法本身的误差大得多。

8.5.1.4 仪器与材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下:

- a) 精密电容电桥,频率 1 MHz,测量范围 0~200 pF;
- b) 二流体槽,精度 1%(处于温度变化不超过 1 °C、湿度变化不超过 $\pm 10\%$ 、减少震动的工作环境下);
- c) 连接导线,一条长约 305 mm 的同轴电缆,一端带有与电容电桥匹配的连接器的另一端带有香蕉插头和连接器与二流体槽联接;
- d) 流体,如硅酮,运动黏度为 1.0 mm²/s。存放于带塞长颈瓶中,数量不少于 500 mL。紧靠二流体槽存放,使流体与二流体槽处于同一环境温湿度下;
- e) 烧杯;
- f) 漏斗;
- g) 滤纸。

8.5.1.5 试样

试样要求如下:

- a) 试样宽为 $(80\pm 1)\text{mm}$,长约为 80 mm~100 mm,厚度为板厚;
- b) 数量:除在材料规范中另有规定外,均匀材料,即非增强塑料使用一个试样;织物增强材料,如其中树脂含量不同,至少用二个试样。在样品的最薄和最厚处各取一个。无规则的增强材料至少需要三个试样,在被测样品的中心和边缘各取一个。对于厚度小于 0.25 mm 的试样应多取,以便测试时将单个试样叠加到 0.38 mm 以上,以获得最大测试精度;

- c) 试样应按附录 A 规定的蚀刻方法除去所覆铜箔,并在处理前冲洗和干燥,用刻笔在每个试样的左上角作出标记。

8.5.1.6 程序

8.5.1.6.1 试样预处理

试样应在温度为 $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 $(50\pm 5)\%$ 环境下放置 24 h 以上。如产品规范要求,试样应在受潮、浸水或干燥后测试。

8.5.1.6.2 设备调节

按以下步骤进行设备调节:

- a) 打开测试槽中的电极,用洁净的压缩空气吹除灰尘和硅油;
- b) 预热电桥,预热时间至少达到制造厂规定的最短时间;
- c) 将“低”导线与测试槽的电极和电桥连接;
- d) 将“高”导线与电桥连接,但香蕉插头暂不插入测试槽;
- e) 设定电桥在以下范围:
 - 1) 电容:200 pF(或 100 pF);
 - 2) 电导:微西门子(μS);
 - 3) 0~2 pF:四氟乙烯和损耗很小的材料;
 - 4) 0~20 pF:环氧和其他中等损耗的材料;
 - 5) 0~200 pF:某些酚醛和损耗很高的材料;

注:对于厚度大于 3.18 mm 的试样常用 0~20 pF,以提高其测量精度,所有的测量值需在同一电容和电导率量程取得。

- f) 调节测试槽 LD-3 间隙,约为最小试样厚度的 125%;
- g) 调节电桥电容和电导控制盘,使指零。

8.5.1.6.3 测试

按以下步骤进行测试:

- a) 香蕉插头连接“高”导线与测试槽;
- b) 读取空测试槽的电容值并记为(C1),精确至 0.01 pF,或如用 0~20 pF 量程,应精确至 0.001 pF;
- c) 将试样从湿度控制环境中取出;
- d) 将第一块试样插入测试槽,使标记保留在左上角,试样正面对着测试槽的一面。以保证用试样的同一面进行测试;
- e) 读取并记录试样在测试槽时的电容值,记作(C3);
- f) 取出第一块试样。在同一测试槽间隙下测试其他试样;
- g) 在最后一块试样从测试槽中取出后,将第二流体(如硅酮)加入测试槽中,流体应过滤除去细小杂质,并用烧杯收集从测试槽溢流管流出的过量的流体;
- h) 等数秒钟,使测试槽和流体的温度达到平衡,读取并记录电容值,记作(C2);

注 1:如电容值不断向一个方向漂动,说明流体温度尚未达到平衡。

- i) 记录充满流体后的电导率,记作(G1);

注 2:此值随测试槽间距和湿度会有某些差异,但不宜超过 500 μS (如为介质损耗角正切在 0.001 以下的低损耗材料,约为 200)。如超过此值,通常表明存在导线、流体污染或电桥方面的问题,需予以校准。

j) 将第一块试样插入充有流体的测试槽内,其位置与插入空槽时相同。读取并记录电容值,记作(C4),电导值记作(G2);

注 3: 在试样插入后数秒内测试值需是稳定的,如不稳定,可能在测试槽中有空气泡。如用多层薄板叠加成一个试样,这种情况常常会发生,如出现此问题,可将试样在浸入前用流体预浸,并将一叠同时插入,则可解决。

k) 第一块试样取出后,按同样的方法插入其余每一块试样进行测试。

注 4: 在试样取出后,如果流体液面不能覆盖电极,宜在检查测试值前补加流体。对 C2 的检查用于验证环境温度变化对测试结果的影响。

8.5.1.7 结果计算

按式(28)、式(29)计算介电常数和介质损耗角正切:

a) 采用式(24)计算每块试样的介电常数,准确至 0.01;

$$D_k = \frac{1.000\ 58}{C_1} \times \left[C_1 + \frac{(C_3 - C_1) \times (C_2 - C_1) \times C_4}{(C_3 - C_1) \times C_4 - (C_4 - C_2) \times C_3} \right] \dots\dots\dots(28)$$

式中:

D_k ——介电常数;

C_1 ——空测试槽的电容值,单位为皮法(pF);

C_2 ——流体的电容值,单位为皮法(pF);

C_3 ——试样在空测试槽的电容值,单位为皮法(pF);

C_4 ——试样在流体中的电容值,单位为皮法(pF)。

b) 采用式(29)计算每块试样的介质损耗角正切,准确至 0.000 1。

$$D_f = \frac{G_2}{6.283\ 2 \times C_4} + \left(\frac{D_k \times 0.999\ 42 \times C_1 - C_4}{C_4 - C_2} \right) \times \left(\frac{G_2}{6.283\ 2 \times C_4} - \frac{G_1}{6.283\ 2 \times C_2} \right) \dots\dots\dots(29)$$

式中:

D_f ——介质损耗角正切;

D_k ——介电常数[用式(24)的计算机计算值,不选用其结果精确至 0.01 的值];

C_2 ——流体的电容值,单位为皮法(pF);

C_4 ——试样在流体中的电容值,单位为皮法(pF);

G_1 ——流体的电导值,单位为微西门子(μ S);

G_2 ——试样在流体中的电导值,单位为微西门子(μ S)。

8.5.1.8 报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括:

- a) 平均介电常数;
- b) 平均介质损耗角正切值;
- c) 试样预处理条件;
- d) 测定的环境条件;
- e) 试样是否叠加与叠加情况;
- f) 测定中任何异常现象或规定程序的差异和偏差。

8.5.2 平行板法

8.5.2.1 目的

本方法用于测定在 1 MHz~1.5 GHz 下覆铜板的介电常数和介质损耗角正切值。本方法不适用于

低损耗的材料,这类低损耗的材料可采用 8.5.1 在固定的频率条件下进行测试。

8.5.2.2 仪器与材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下:

- a) 阻抗分析仪,或等效测试仪器;
- b) 测量夹具,或等效装置;
- c) 适用的校验装置和夹具校正装置,包括:
 - 1) 校正用的开路和短路夹具;
 - 2) 50 Ω 的电阻;
 - 3) 校正用绝缘材料(如聚四氟乙烯);
- d) 千分尺,分辨率 0.001 mm;
- e) 空气循环式烘箱,温度能保持在 105_{-2}^{+5} $^{\circ}\text{C}$ 。

8.5.2.3 试样

试样尺寸为 $(50 \pm 1)\text{mm} \times (50 \pm 1)\text{mm}$,数量是 3 个。用附录 A 规定的蚀刻方法除去所覆铜箔,并充分清洗干净。薄试样可将试样叠加至 0.38 mm 左右,但应保证层间压合后没有空隙。

8.5.2.4 程序

8.5.2.4.1 试样预处理

试样在 $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ 和相对湿度 $(50 \pm 5)\%$ 下处理至少 24 h。如果试样在湿空气中暴露时间长,应先在 105_{-2}^{+5} $^{\circ}\text{C}$ 的空气循环烘箱中干燥 2 h,然后在上述的室温条件下进行预处理。

8.5.2.4.2 设备调节

设备调节步骤如下:

- a) 清洁测试头、标准物、夹具接头和电极并吹干,主机至少预热 30 min,以达到稳定;
- b) 按供应商的说明书用校正设备进行校正;
- c) 仪器校正和夹具补偿完成后,用聚四氟乙烯(PTFE)标准物验证,聚四氟乙烯介电常数为 2.1 ± 0.01 ,介质损耗角正切值为 ± 0.001 ;
- d) 校正有效期只持续 24 h,因此 24 h 后要重新校正;
- e) 设置开始频率和终止频率。

8.5.2.4.3 测试

测试步骤如下:

- a) 用千分尺测量试样厚度,输入试样厚度;
- b) 把试样插到测试夹具中,试样要与夹具电极保持良好接触,试样不能接触到夹具的后壁;
- c) 试样放置在电极上的部位和测厚处应为试样上的同一位置;
- d) 进行测试扫描,记录介电常数和介电损耗角正切值,介电常数准确至 0.1,介质损耗角正切值准确至 0.001。

注: 试验夹具对试样的压力会影响介电常数和损耗角正切值的测试值,特别会影响那些未金属化的试样。压力太小,会降低电极/试样的接触面积,产生空隙,导致测试结果错误。压力太大,试样厚度降低,使测量值不准确。测量时调整压力,使测量值不受压力的影响。

8.5.2.5 报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括:

- a) 平均介电常数;
- b) 平均介质损耗角正切值;
- c) 试样预处理条件;
- d) 试样是否叠加与叠加情况;
- e) 测定中任何异常现象或规定程序的差异和偏差。

8.5.3 Q 表法

8.5.3.1 目的

本方法用于测试 1 MHz 下的覆铜板绝缘基材的介电常数及介质损耗角正切。本方法不适用于非常小的介质损耗。

8.5.3.2 仪器与材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下:

- a) Q 表,或其他等效测量仪器,在 1 MHz 下测量;
- b) 电极装置,采用二电极系统,其要求按 GB/T 1409 规定,电极装置要清洁,其本身介质损耗应尽量小;
- c) 电极,采用厚度不超过 0.02 mm 的退火铝箔,用极少量的医用凡士林、硅酯等低介质损耗的材料,将铝箔贴在试样上,贴好箔后应看不见气隙与皱折。

8.5.3.3 试样

试样为圆形,直径为 $50\text{ mm}+4H$ 及以上或 $38\text{ mm}+4H$ 及以上,H 为试样厚度。试样厚度一般不大于 3 mm。也可采用 50 mm 方形试样,但仲裁时用圆形试样,数量为 4 个。用附录 A 规定的蚀刻方法去除所覆铜箔。

8.5.3.4 程序

8.5.3.4.1 试样预处理

试样在 $(23\pm 2)^\circ\text{C}$ 和相对湿度 $(50\pm 5)\%$ 下处理至少 24 h。如果试样在湿空气中暴露时间长,应先在 $105^{+5}_{-2}^\circ\text{C}$ 的空气循环烘箱中干燥 2 h,然后在上述的室温条件下进行预处理。

8.5.3.4.2 测试

按 GB/T 1409 的规定进行并计算结果。

8.5.3.5 报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括:

- a) 平均介电常数;
- b) 平均介质损耗角正切值;
- c) 试样预处理条件。

8.6 耐电弧

8.6.1 目的

本方法用于测试覆铜板表面经受高电压小电流电弧作用时的耐电弧能力。

8.6.2 试验条件

试验应在环境温度 $(23\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 和环境湿度下进行。

8.6.3 仪器与材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下：

- 耐电弧测试仪,带有钨电极,电压允许相对测量误差 $\pm 10\%$,计时器分辨率为1 s;
- 恒温水浴锅,能保持温度 $(50\pm 2)^{\circ}\text{C}$,盛装蒸馏水;
- 烧杯,盛装室温蒸馏水;
- 支架,放在水浴内支撑和分隔试样,使试样所有表面均浸入水中;
- 塞规,检查电极间距 6.30 mm 和 6.40 mm 用。

8.6.4 试样

试样尺寸为 $(76\pm 1)\text{mm}\times(50\pm 1)\text{mm}$,数量 3 块。对于厚度 1.6 mm 以下的材料应叠加到至少 1.6 mm,但不超过 3.2 mm。对于非常薄的层压板可将同一型号的 1.5 mm 厚的板材放在承受电弧的试样下。用附录 A 规定的蚀刻方法除去所覆铜箔,并在处理或测试前充分清洗。

8.6.5 程序

8.6.5.1 试样预处理

试样应在 $(50\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 蒸馏水中保持 48^{+2}_0 h,然后浸入 $(23\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 的蒸馏水中 0.5 h~4 h,在不丧失水分的情况下,使试样达到温度平衡。

8.6.5.2 设备条件

设备条件步骤如下：

- 用无水乙醇或其他合适的溶剂清洗电极组件,必要时用细砂布擦拭,电极放在试样上,调节电极间距为 $(6.35\pm 0.05)\text{mm}$;
- 调节电弧试验仪至自动操作状态;
- 调节变压器产生 12 500 V 电压;
- 调节试验仪的定时器到 0 位置。

8.6.5.3 测试

测试步骤如下：

- 从室温蒸馏水中取出一块预处理过的试样,用不起毛纸巾或布擦干;
- 将试样(单个的或叠加的)放在电极装置中;
- 启动试验仪,使其产生电弧,并按表 16 的时间自动接通或关断电路,开始计时;

表 16 耐电弧时间与电流参数选择

时间 s	开/关时间 s	电流 mA
0~60	0.25/1.75	10
60~120	0.25/0.75	10
120~180	0.25/0.25	10
180	连续	10

- d) 仔细观察电弧,在电弧消失和试样出现泄漏痕迹的瞬间停止计时器,并作记录,准确至 1 s;
- e) 移出试样,取出电极,并用溶剂彻底清洗。必要时,用细砂布擦拭;
- f) 放好电极并检查其间隙;
- g) 重新调节计时器,继续其他的试样。

8.6.6 报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括:

- a) 耐电弧的平均值;
- b) 试样预处理条件;
- c) 测定的环境条件;
- d) 试样是否叠加与叠加情况;
- e) 测定中任何异常现象或规定程序的差异和偏差。



8.7 相比漏电起痕指数

8.7.1 目的

本方法用于测试覆铜板的相比漏电起痕指数(CTI)。

8.7.2 仪器与材料

按 GB/T 4207—2012 的规定。

8.7.3 试样

尺寸不小于 15 mm×15 mm,数量 5 个。按附录 A 规定的蚀刻方法去除所覆铜箔并清洁。

8.7.4 程序

按 GB/T 4207—2012 的规定进行。

8.7.5 报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括:

- a) CTI 值;
- 示例: CTI400;CTI400M;CTI400(350)。
- b) 试样厚度;
 - c) 电解液的组分和电阻率值;
 - d) 测定中任何异常现象或规定程序的差异和偏差。

9 环境性能

9.1 压力容器热应力

9.1.1 目的

本方法用于测试厚度为 1.6 mm(或者 1.5 mm)的覆铜板在加速吸湿和高温热应力条件下,基材内部分离的状况。对其他厚度的材料会有不同的试验结果,其暴露时间和等级都会有所变化,应由供需双方商定。

9.1.2 仪器与材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下:

- 高压锅,容量约为 7 L,装有一个已校准的压力计,能使压力(表压)保持在 (105 ± 3) kPa;
- 焊锡槽,温度能保持在 260^{+5} °C,对于铅锡试验,应使用 Sn60/Pb40 或 Sn63 焊料;
- 秒表;
- 试样架。

9.1.3 试样

试样尺寸 (100 ± 1) mm \times (100 ± 1) mm,厚度为板厚,数量 3 块。按附录 A 规定的蚀刻方法去除所覆铜箔,并作好标记,保持边缘光滑。将试样垂直放在试样架上。

9.1.4 程序

测试步骤如下:

- 把水注入高压锅中,大约 25 mm 的深度,盖好盖子但不密封,在不加压下将水加热至沸腾;
- 当观察到气阀有蒸气放出时,打开盖子并把试样架放入,使试样垂直悬放在沸水上方,注意勿使试样互相接触或碰到高压锅壁。这一步骤应迅速完成,以避免水和高压锅过分冷却;
- 加热时间控制在 7^{+2} min 范围内,待压力达到 (103.4 ± 3) kPa(表压,温度约为 120 °C)后,保持 30^{+2} min 或由供需双方协商;
- 到规定的时间后,按承制方推荐的方法冷却并排出高压锅的气体;
- 取出高压锅内的热试样,用布或纸巾抹干;
- 试样在室温放置,10 min 内将无标记的一端垂直浸入(边缘平行于焊液表面)温度为 260^{+5} °C 的焊锡浴中 20 s,插入深度 50 mm,浸入和取出的时间不超过 2 s,不要让试样接触焊锡槽底部。

9.1.5 评定

对照图 40 中条件 1~5 按照侵蚀的严重程度给试样评定等级。为了使分级合理,测试者应对试样的整体外观给予评定,见表 17。其中距边缘小于 3.2 mm 的区域包括浸焊线不作评定。

表 17 侵蚀评定等级

等级	条件
5	试样没有白斑、气泡或表面腐蚀
4	有少量的小斑点(0.8 mm 或更小)
3	试样上散布小白斑
2	有小气泡(在 2 个~4 个连续的织纹交会点上)
1	有大气泡、分层或表面腐蚀

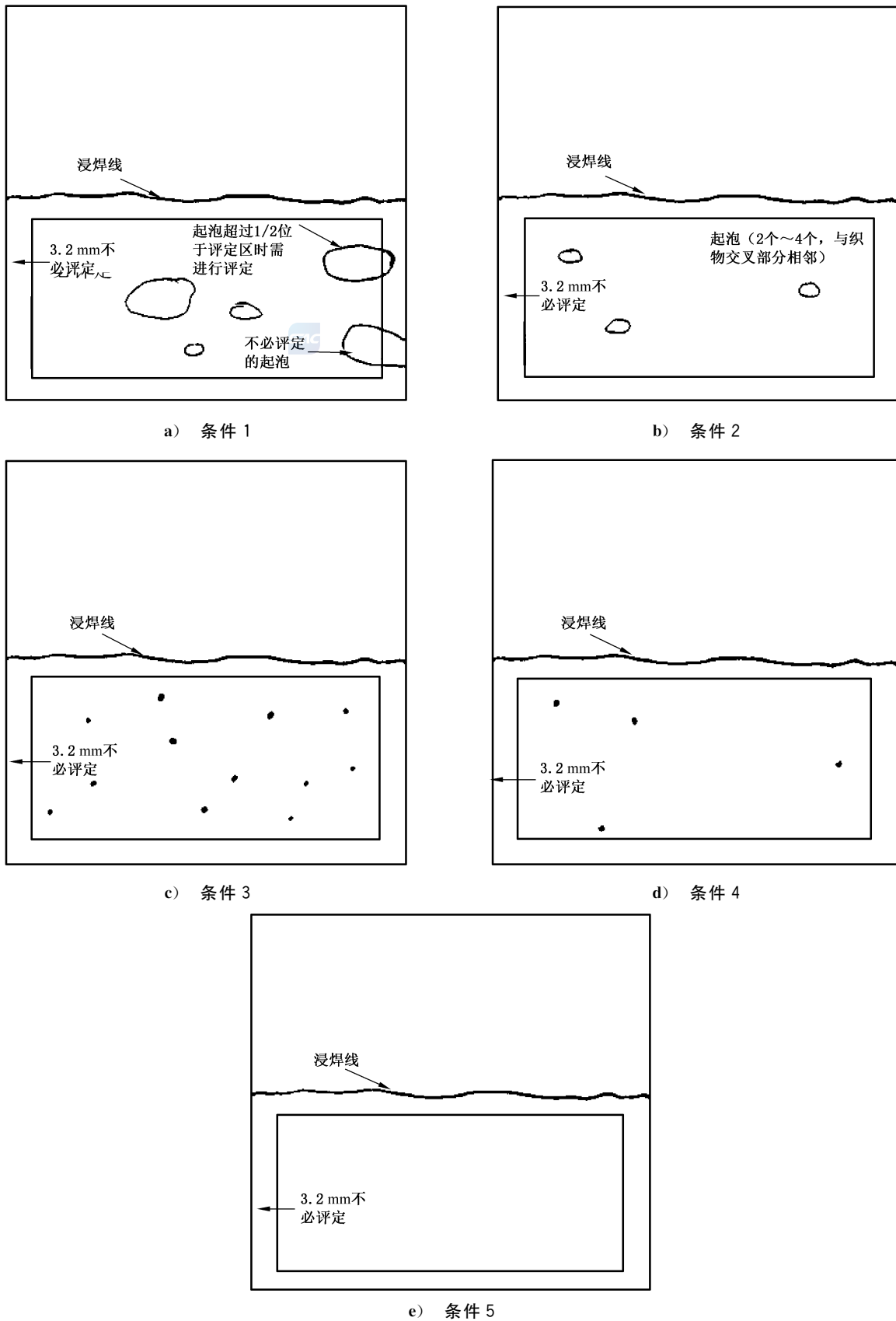


图 40 评定等级条件

9.1.6 报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括:

- a) 试样的缺陷和等级;
- b) 测定中任何异常现象或与规定程序的差异和偏差。

9.2 吸水率

9.2.1 目的

本方法用于评定覆铜板在蒸馏水中浸 24 h 后的吸水性。

9.2.2 仪器与材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下:

- a) 空气循环式烘箱,能使温度均匀保持在 105 °C~110 °C;
- b) 干燥器,能在温度(21±2)°C下保持相对湿度不大于 30%;
- c) 恒温水浴锅,水温能保持在(23±1)°C;
- d) 分析天平,分辨率为 0.1 mg。

9.2.3 试样

试样尺寸为:(50±1)mm×(50±1)mm,厚度为板厚。数量为 3 个,用附录 A 规定的蚀刻方法除去所覆铜箔,试样边缘保持光滑。

9.2.4 程序

测试步骤如下:

- a) 试样应用清洁的湿布擦拭三遍以上;
- b) 试样放在 105 °C~110 °C 烘箱内干燥 1 h,取出后放入干燥器中冷至室温,从干燥器中取出后立即称重;每一个烘过的试样分别称重并记录为 m_1 ,准确至 0.1 mg;
- c) 处理过的试样放入盛有蒸馏水的恒温水浴锅中,所有边缘应完全浸入水中,并防止试样间或试样与容器瓶壁间有任何的接触。水温保持在(23±1)°C,经 24⁺⁵ h 后,从水中取出试样,用干布擦除去表面水分后立即称重,记录为 m_2 ,准确至 0.1 mg。

9.2.5 结果计算

按式(30)计算每块试样的吸水率,准确至 0.01%:

$$\delta = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(30)$$

式中:

- δ ——吸水率;
- m_1 ——烘过的试样重,单位为克(g);
- m_2 ——浸水后试样重,单位为克(g)。

9.2.6 报告

除 3.4 的规定外,试验报告还应包括:

- a) 平均吸水率或单个值;
- b) 试样处理条件。



附 录 A
(规范性附录)
覆铜板蚀刻方法

A.1 过硫酸铵蚀刻法

A.1.1 目的

本方法是用过硫酸铵液除去覆铜板试样的所覆铜箔的一种蚀刻和清洗方法。

A.1.2 仪器与材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下：

- a) 标准化学蚀刻箱,或适合于进行化学蚀刻的试验设备；
- b) 空气循环干燥箱,能保持温度 $(80\pm 5)^{\circ}\text{C}$ ；
- c) 其他所需用品和化学药品:软毛刷、砂纸、去离子水、蒸馏水、10%草酸溶液、过硫酸铵溶液。

A.1.3 试样

试样尺寸由蚀刻以后要进行的检验或试验及蚀刻设备的尺寸确定。有必要时,用砂纸或其他合适的方法打磨试样边缘,使呈光滑状态。试样可按 6.1 进行化学清洗,也可采用机械方法清洗。如试样需要有导电图形,可根据标准工业方法涂覆抗蚀材料于试样上。

A.1.4 程序

A.1.4.1 蚀刻

蚀刻步骤如下：

- a) 试样在有传送装置的喷淋蚀刻箱内或其他合适的容器中蚀刻以除去铜箔,过硫酸铵溶液的比重为 1.843,温度控制在 $(43\pm 3)^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 铜箔被完全除去后立即取出,蚀刻时间应尽可能短,以防止裸露的层压板过度暴露于蚀刻液；
- c) 如试样是在实验室条件下蚀刻,应对蚀刻液良好搅拌。

注:对 35 μm 铜箔,如蚀刻时间超过 15 min 或 70 μm 铜箔蚀刻时间超过 30 min,蚀刻液宜予更换。采用新鲜蚀刻液时,对 35 μm 铜箔约需 7 min,对 70 μm 铜箔约需 15 min 即可完全蚀刻。

A.1.4.2 清洗

清洗步骤如下：

- a) 将试样浸入 10%的草酸溶液里以中和残留的蚀刻液；
- b) 如果试样使用了抗蚀剂或抗蚀胶带,应采用标准工业方法将其除去；
- c) 当试样需要进行电性能试验时,在清洗之前不允许把蚀刻试样晾干。要在自来水龙头下用软毛刷刷洗试样,然后用蒸馏水或去离子水冲洗。

A.1.4.3 干燥

晾干试样。对于仲裁试验,应放在干燥箱内于 $(80\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 下干燥 1 h。

A.1.5 试验评定

确定和记录在蚀刻过程中发生的任何异常情况,例如:

- a) 试样完全除去铜在蚀刻液里停留的时间是否比平时长;
- b) 材料弯曲或变形;
- c) 材料变色或其他肉眼可见的变化。

A.2 三氯化铁蚀刻法

A.2.1 目的

本方法是用三氯化铁液除去覆铜板试样的所覆铜箔的一种蚀刻和清洗方法。本方法适用于仲裁试验。

A.2.2 仪器与材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下:

- a) 标准化学蚀刻机或适当的化学蚀刻的试验设备;
- b) 温度能保持在 $(80\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 的空气循环干燥箱;
- c) 其他所需物品,软毛刷、砂纸、蒸馏水、10%草酸溶液、化学纯级异丙醇、氯化铁溶液。

A.2.3 试样

试样尺寸由蚀刻以后要进行的检验或试验及蚀刻设备的尺寸确定。用砂纸或其他合适的方法打磨试样边缘。如试样需要有导电图形,可根据标准工业方法涂覆抗蚀材料于试样上。

A.2.4 程序

A.2.4.1 蚀刻

蚀刻步骤如下:

- a) 在喷淋蚀刻箱内或其他合适的容器中蚀刻除去铜箔,氯化铁溶液比重为 $1.32\sim 1.41$,温度控制在 $(30\pm 6)^{\circ}\text{C}$;
- b) 铜箔被完全除去后立即取出,蚀刻时间应尽可能短,以防止裸露的层压板过度暴露于蚀刻液中;
- c) 如试样是在实验室条件下蚀刻,应对蚀刻液良好搅拌。

A.2.4.2 中和蚀刻剂

将试样迅速浸入10%草酸溶液中以中和残留的蚀刻剂,然后用蒸馏水或去离子水冲洗。

A.2.4.3 清洗

清洗步骤如下:

- a) 如果试样使用了抗蚀剂或抗蚀胶带,应采用标准工业方法将其除去;
- b) 当试样需要进行电性能试验时,在清洗之前不允许把蚀刻试样晾干。对于一般的性能试验,在自来水龙头下用软毛刷刷洗试样,然后用蒸馏水或用去离子水冲洗。对于重要的或仲裁试验,层压板试样应浸在试剂级的异丙醇中5 min,然后马上用去离子水冲洗5 min。

A.2.4.4 干燥

晾干试样。对于仲裁试验,应放在干燥箱内于(80±5)℃下干燥 1 h。

A.2.4.5 试验评定

确定和记录在蚀刻过程中发生的任何异常情况,例如:

- a) 试样完全除去铜在蚀刻液里停留的时间是否比平时长;
- b) 材料弯曲或变形;
- c) 材料变色或其他肉眼可见的变化。

A.3 酸性氯化铜蚀刻法

A.3.1 目的

本方法是用酸性氯化铜蚀刻液除去覆铜板试样的所覆铜箔的一种蚀刻和清洗方法。

A.3.2 仪器与材料

本试验所需适用于规定程序的仪器和材料如下:

- a) 标准化学蚀刻机,或适当的化学蚀刻的试验设备;
- b) 空气循环干燥箱,温度能保持在(80±5)℃;
- c) 其他所需物品,砂纸、软毛刷、去离子水、蒸馏水。

A.3.3 化学药品

本方法需用以下化学药品:

- a) 酸性氯化铜蚀刻液配方,见表 A.1。

表 A.1 酸性氯化铜蚀刻液配方

化学药品	浓度
氯化铜 CuCl ₂ ·2H ₂ O	0.54 kg/L
盐酸 HCl(工业级)	9.3% (重量比)(3N) 25% (体积比)
蒸馏水/去离子水	适量

- b) 中和液:10%(重量比)的氢氧化钠(NaOH);
- c) 清洗液:化学纯级异丙醇(适量);
- d) 图形显像材料:抗蚀刻系统或材料,能形成适合的导电图形。

A.3.4 试样

试样尺寸由蚀刻以后要进行的检验或试验及蚀刻设备的尺寸确定。有必要时,用砂纸或其他合适的方法打磨试样边缘,使呈光滑状态。试样可按 6.1 进行化学清洗,也可采用机械方法清洗。如试样需要有导电图形,可根据标准工业方法涂覆抗蚀材料于试样上。

A.3.5 程序

A.3.5.1 蚀刻

蚀刻步骤如下：

- a) 在喷淋蚀刻箱内或其他合适的容器中蚀刻除去铜箔，酸性氯化铜蚀刻液的比重为 1.26~1.28，温度控制在 $(30\pm 6)^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 铜箔被完全除去后立即取出，蚀刻时间应尽可能短，以防止裸露的层压板过度暴露于蚀刻液中；
- c) 如试样是在实验室条件下蚀刻，需要对蚀刻液良好搅拌。

注：对 35 μm 铜箔，如蚀刻时间超过 15 min 或 70 μm 铜箔蚀刻时间超过 30 min，蚀刻液宜予更换。采用新鲜蚀刻液时，对 35 μm 铜箔约需 7 min，对 70 μm 铜箔约需 15 min 即可完全蚀刻。

A.3.5.2 中和蚀刻剂

将试样迅速浸入 10% 草酸溶液中以中和残留的蚀刻剂，然后用蒸馏水或去离子水冲洗。

A.3.5.3 清洗

清洗步骤如下：

- a) 如果试样使用了抗蚀剂或抗蚀胶带，应采用标准工业方法将其除去；
- b) 当试样需要进行电性能试验时，在清洗之前不允许把蚀刻试样晾干；
- c) 对于一般的性能试验，在自来水龙头下用软毛刷刷洗试样，然后用蒸馏水或用去离子水冲洗；
- d) 对于重要的或仲裁试验，层压板试样应浸在试剂级的异丙醇中 5 min，然后马上用去离子水冲洗 5 min。

A.3.5.4 干燥

晾干试样。对于仲裁试验，应放在干燥箱内于 $(80\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 下干燥 1 h。

A.3.5.5 试验评定

确定和记录在蚀刻过程中发生的任何异常情况，例如：

- a) 试样完全除去铜在蚀刻液里停留时间是否比平时长；
- b) 材料弯曲或变形；
- c) 材料变色或其他肉眼可见的变化。

A.4 碱性氯化铜蚀刻法

A.4.1 目的

本方法是用碱性氯化铜蚀刻液除去覆铜板试样的所覆铜箔的一种蚀刻和清洗方法。

A.4.2 仪器与材料

本方法需用以下仪器与材料：

- a) 标准化学蚀刻机，或适当的化学蚀刻的试验设备；
- b) 空气循环干燥箱，温度能保持在 $(80\pm 5)^{\circ}\text{C}$ ；
- c) 其他所需物品，砂纸、软毛刷、去离子水、蒸馏水。

A.4.3 化学药品

本方法需用以下化学药品：

- a) 碱性氯化铜蚀刻液配方,见表 A.2;
- b) 中和液:5%(重量比)的盐酸(HCl);
- c) 清洗液:化学纯级异丙醇(适量);
- d) 图形显像材料:抗蚀刻系统或材料,能形成适合的导电图形。

表 A.2 碱性氯化铜蚀刻液配方

化学药品	浓度
氯化铜(CuCl ₂ · 2H ₂ O)	100 g/L~150 g/L
氯化铵(NH ₄ Cl)	100 g/L
氨水(NH ₃ H ₂ O)	670 mL/L~700 mL/L(氨水为一般工业用氨水浓度≥27%)

A.4.4 试样

试样尺寸由蚀刻以后要进行的检验或试验及蚀刻设备的尺寸确定。有必要时,用砂纸或其他合适的方法打磨试样边缘,使呈光滑状态。试样可按 6.1 进行化学清洗,也可采用机械方法清洗。如试样需要有导电图形,可根据标准工业方法涂覆抗蚀材料于试样上。

A.4.5 程序

A.4.5.1 蚀刻



蚀刻步骤如下：

- a) 在喷淋蚀刻箱内或其他合适的容器中蚀刻除去铜箔,碱性氯化铜蚀刻液的比重为 1.18~1.23,温度控制在(51±5)℃;
- b) 铜箔被完全除去后立即取出,蚀刻时间应尽可能短,以防止裸露的层压板过度暴露于蚀刻液中;
- c) 如试样是在实验室条件下蚀刻,应对蚀刻液良好搅拌。

注:如蚀刻时间超过 15 min(对铜箔厚度为 35 μm)或 30 min(对铜箔厚度为 70 μm),蚀刻液宜予更换。为了减少侧蚀,采用新鲜蚀刻液时,对 35 μm 铜箔约需 7 min,对 70 μm 铜箔约需 15 min 即可蚀完成。

A.4.5.2 中和蚀刻剂

将试样浸入 5%盐酸(HCl)溶液中以中和蚀刻液。

A.4.5.3 清洗

清洗步骤如下：

- a) 如果试样使用了抗蚀剂或抗蚀胶带,应采用标准工业方法将其除去;
- b) 当试样需要进行电性能试验时,在清洗之前不允许把蚀刻试样晾干;
- c) 对于一般的性能试验,在自来水龙头下用软毛刷刷洗试样,然后用蒸馏水或用去离子水冲洗;
- d) 对于重要的或仲裁试验,层压板试样应浸在试剂级的异丙醇中 5 min,然后马上用去离子水冲洗 5 min。

A.4.5.4 干燥

晾干试样。对于仲裁试验,应放在干燥箱内于 $(80\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 下干燥 1 h。

A.4.5.5 试验评定

确定和记录在蚀刻过程中发生的任何异常情况,例如:

- a) 试样完全除去铜在蚀刻液里停留时是否比平时长;
- b) 材料弯曲或变形;
- c) 材料变色或其他肉眼可见的变化。

索 引

B

半润湿 6.6.5.3
暴露于工艺溶液后的剥离强度 7.2.4
边浸法 6.6
表面电阻率 8.3, 8.3.1
玻璃化温度 6.7
剥离强度 7.2

C

残留铜粒 4.2.4.2
差示扫描量热仪 6.7.1.1
尺寸 5
冲孔性 7.5
冲孔性的评定 7.5.5
垂直度 5.2
垂直燃烧 6.4.1

D

电极尺寸 表 15
电气强度 8.2
电性能 8
对角线法 5.2.4.1

E

二流体槽法 8.5.1

F

浮焊法 6.5.4.3
覆铜板蚀刻方法 附录 A

G

高温下剥离强度 7.2.3
高温下的弯曲强度 7.3.4.2
高压击穿试验仪 8.1.2, 8.2.1
高阻计 8.3.2
弓曲 5.4
过硫酸铵蚀刻法 A.1
过硫酸钠清洗 6.1.3

H

厚度	5.3
环境试验箱的温度变化	3.2
环境性能	9

J

击穿电压	8.1
机械性能	7
碱性氯化铜蚀刻法	A.4
介电常数	8.5
介质损耗角正切	8.5
金属表面的可清洁性	6.1
浸焊法	6.5.4.3.2
绝缘电阻	8.4

K

可焊性	6.6
宽度	5.1

L

拉脱强度	7.1
离子色谱法	6.3.1
卤素含量	6.3

N

耐电弧	8.6
耐二氯甲烷	6.2.5.2
耐化学性	6.2
耐氢氧化钠	6.2.5.3
耐热性	6.12
扭曲	5.4

P

平行板法	8.5.2
平行层向	8.1, 8.4.1

Q

侵蚀评定等级	表 17
--------------	------

R

燃烧性	6.4
热分解温度	6.9

热应力 6.5
热应力后的剥离强度 7.2.2
润湿 6.6.5.3

S

三点弯曲法 图 28
三氯化铁蚀刻法 A.2
湿热条件恢复后 8.3.4.3
湿热循环周期 8.3.4.4
十字头速度 7.3.3
蚀刻后绝缘基材外观 4.2
试验报告 3.4
试验处理条件表示方法 3.1.3
试样的制备 3.3
水平燃烧 6.4.2
水煮沸后 8.4.4.3
酸性氯化铜蚀刻法 A.3

T

体积电阻率 8.3, 8.3.1
铜箔面凹痕 4.1.5
铜箔面和未覆箔面外观 4.1
铜箔面划痕 4.1.4.3
铜箔面针孔 4.1.4.1

W

外观 4
弯曲强度 7.3
物化性能 6

X

吸水率 9.2
相比漏电起痕指数 8.7

Y

压力容器热应力 9.1
验收态的弯曲强度 7.3.4.1
验收态下的剥离强度 7.2.1
影像测量仪 7.4.2

Z

正常试验的标准大气条件 3.1.1
支柱跨距 7.3.3

仲裁试验的标准大气条件	3.1.2
紫外光透过率	6.13.5
阻抗分析仪	8.5.2.2

