

中华人民共和国国家标准

电工电子产品环境试验 锡焊试验导则

GB/T 2424.17—1995

代替 GB 2424.17—82

Environmental testing for electric and electronic products
Guidance on soldering test

1 主题内容与适用范围

本标准电工和电子元器件规范的编写者和试验人员提供锡焊试验方面有关的背景资料。
本标准适用于以锡焊工艺连接的电工和电子元器件。

2 引用标准

GB 2423.28 电工电子产品基本环境试验规程 试验 T: 锡焊试验方法
GB 4677.10 印制板可焊性测试方法

3 锡焊的基本条件

锡焊连接的难易程度和可靠性取决于下述三个条件:

- a. 连接设计: 包括选定的被连接的金属零件的形状、尺寸、成分和组装方法等;
- b. 被连接金属零件表面的润湿性;
- c. 焊接连接所用的条件, 包括: 温度、时间、焊剂、焊料合金、设备等。

条件 a 和 c 的选择涉及到设备或部件的制造者, 他们必须懂得每个条件的重要性和它们变化的极限, 条件 b 在大多数情况下取决于元件制造者, 设备制造者处理或存放不当也有影响。设备制造者必须按照条件 a 和 c 对表面润湿性作出规定而不管精确程度如何。为保证复杂设备中互连的可靠性, 必须要求元件具备令人满意的表面质量。

在元件制造者和设备制造者之间的责任往往是互相交叉重叠的, 因此有必要对元件引出端的可润湿性或更一般地说元件的可焊性作出一个明确的规定。

4 元件的可焊性及其引出端的可润湿性

电子元件仅有一个能被熔融焊料润湿适合于焊接的引出端是不够的, 为了经受成批焊接操作还必须满足下述三个要求。

- a. 必须具有好的传热性能, 至少足以承受所用焊料合金液相线以上足够高的温度, 并保持足够长的时间, 以便产生润湿;
- b. 必须承受焊接期间(包括返工和用烙铁维修)的热应力而不会产生短期或长期变化;
- c. 必须承受为去除残留焊剂而进行的清洗过程中的机械和化学应力而不产生短期或长期的损伤, 本导则不强调清洗。

某些电子元件由于它们不能承受与工艺操作有关的一种应力或几种应力而无法进行成批焊接操作。这样的元件有: 含有润滑剂的机械部件, 例如开关; 对污染敏感的非密封性元件, 例如继电器、电位器; 或含有耐热性能差的塑料材料, 例如具有热塑介质的电容器等。

国家技术监督局 1995-01-27 批准

1995-08-01 实施

为此,必须区分元件的可焊性和引出端的可润湿性两个概念,元件可焊性是指对工业焊接的整体适用性,引出端可润湿性仅仅指引出端表面容易被焊料所浸润。

但是这两个概念在日常的说法中经常搞混,而这种混淆就会妨碍生产的正常运行。

此外,一个元件在一般规定条件下不适合于焊接(见第6章),并不意味着其引出端不能焊接到印制电路板上或其他支架上,这仅仅意味着应根据其特点,例如元件具有热敏感的隔离层或与某些溶剂或所有溶剂不相容等,需采取专门措施。只有引出端润湿性不良才会妨碍元件的焊接应用,这个性能十分重要,当然不排除对其他性能的考虑。

这里所指的标准试验完全是模拟这些条件中某些条件影响的试验,在这组试验中作适当选择,包括电气和机械测量,并让有关人员回答如下问题:用电子学中常用的方法这个元件是不是可以焊接的?这是设备制造者在将一种元件投入焊接生产线之前必须回答的问题之一。

每一种标准试验的原理和它所提供的信息在第5章中规定。

元件规范编制者可以有充分的理由以这种方式选择必要的试验项目以确定元件在焊接过程中的特性。

与此类似,试验人员应正确评价试验得到的信息。

5 可焊性试验在环境试验中的安排

5.1 试验顺序对可焊性试验的影响

在前一章中分析了试验的确切意义,表明怎样可以用它们来回答问题“这个元件在实际中以正常的方法是可焊的吗?”

在元件诸多特性中,性能、坚固性、预期寿命等,可焊性仅仅是其中一个性能,而且是重要的一个性能。

如果可焊性试验规范没有专门规定试验顺序,由于元件在前面的试验过程中受到各种条件的影响可能影响可焊性试验的结果,因此,在一个试验顺序中必须小心安排可焊性试验的顺序,安排不当可能会得出错误结果,同时可能影响元件其它特性试验的结果。

例如:

在一个试验程序中,在润湿性试验之前进行了长期湿热或腐蚀试验,尽管接收时元件的润湿性是令人满意的,但这个元件仍可能被拒收。事实上,各种电子元件通常都是在焊接到设备中之后,才经受湿热和盐雾试验的。

相反,为了正确地模拟元件安装到印制板上,如果耐焊接热试验放在引出端强度试验之前进行,那么由引出端强度试验引起的密封性失效将不会经受到热冲击的影响,实际上,累积的机械和化学效应可以证实这个元件失效。

5.2 安排试验顺序的一般原则如下:

- a. 非破坏性试验以及按规定要求进行的诸如加速老化试验(见第8章)可以放在可润湿性试验之前进行;
- b. 耐焊接热试验应与长期运行试验无关,要采取所有必要的预防措施,如采用热屏蔽;
- c. 在进行气候试验之前,应考虑是否需要清洗掉焊剂残余物,在其他机械及化学试验之前也必须考虑是否要去除掉活性焊剂残余物。

6 可焊性试验

在电子行业中,锡焊条件千差万别,但通常并不需要用不同型式的元件来满足不同的安装条件,可以将工业焊接条件分在几个相应较窄范围之内。

广泛采用表1所列范围:

表 1

焊料	近似共晶成分的锡铅
工艺温度范围	烙铁焊 230~300℃
	槽焊或波峰焊 230~260℃
	汽相焊 210~260℃
	红外线焊 200~280℃
热暴露持续时间	烙铁焊 1~5 s
	槽焊或波峰焊 3~5 s
	汽相焊 20~60 s
	红外线焊 30~60 s

这些条件是根据经验在高应力和低应力之间综合考虑定出来的,高应力是指温度高或时间长,优点是改善润湿性但易损伤元件,低应力是指时间短或温度接近焊料熔点,优点是元件不易受损但不易焊接或焊接质量差(产生冷连接)。

经综合考虑,标准试验条件为:可焊性试验温度为 235℃,耐焊接热试验温度为 260℃,浸焊时间也同样考虑这些因素,这样就能保证一个元件通过标准试验后就能承受在通常组装过程中可能遇到的应力范围。

在工艺相同的同一批元件中和元件批之间出现的变化说明事情是复杂的。

这就意味着在一个元件上得到的试验结果不能作为同批其他元件或其他批元件的典型。由于试验要花费大量的时间并可能是破坏性的,对于一批或若干批的结果仅仅可作为统计评价。

规范编制者和使用者必须记住元件可焊性试验结果的统计分析是一个重要的工作。并按此进行试验。

GB 2423.28 中仅仅规定怎样完成试验,没有包括统计分析。试验结果的统计分析是详细规范的内容。

统计处理与试验结果的适用性有关,尤其是与规定的置信水平有关(见第 9 章)。

对于耐焊接热试验为使其产生迅速润湿采用活性焊剂比较合适,这样可保证受试元件的加热速度尽可能快。

对于焊料和温度的选择的论述同样适用于耐焊接热试验,当试验大热容量元件时,应确保温度不低于焊料液相线以上 40℃,试验方法 1 的焊槽应有足够的尺寸以确保温度能有效地保持。

试验不打算模拟或确定由焊接过程引起的偶然的机械应力的影响,试验可能使被试样品引起损伤或破坏,当确定要做气候和机械顺序试验时要记住这一点。

7 可润湿性试验

7.1 一般原则

试验目的是在受控条件下将元件引出端与焊料结合在一起,使得润湿的质量可以根据规定的标准进行判定,从根本上讲焊接时间试验是估计在焊料边界上所有点上的接触角均匀下降到一个低角度所需的时间,在一些试验中仅仅是用目测来进行评定。在另一些试验中则测量时间。完全定量的试验是测量施加于样品上的焊料表面张力随时间的变化过程。

在一定情况下,延长浸渍时间,接触角可能再次增加,焊料从样品表面收缩,这一现象就是众所周知的弱润湿,有些试验方法提供了弱润湿检验,在怀疑有弱润湿的场合,有关规范应要求包括这一试验。

7.1.1 各种试验方法及其适用范围

各种试验方法及其适用范围如表 2。

表 2

试验方法	适用范围
焊槽试验	适合于元件引出端,定性
烙铁试验	适合于不宜用其他方法试验的引出端,定性
焊球试验	适合于圆形引线,测量润湿时间
旋转浸渍试验	适合于印制板样件,测量润湿程度和弱润湿
润湿称量试验	适合于具有规则截面的引出端,测量润湿力和时间,定量
浸焊试验	适合于表面安装元器件,定性
微润湿称量试验	适合于表面安装元器件,定量

7.1.2 定型试验中的试验程序

本标准还给出了有关应用加速老化试验的原则。

规范编写者必须注意,在定型试验中的试验程序应如下安排:

- a. 在润湿性试验之前不能进行焊接,例如进行初始测量;
- b. 可能对可润湿性产生影响的老化,例如在提高温度条件下的预处理,除非元件规范有要求,否则不做;
- c. 在任何预处理过程中均不应损伤引出端表面。

因此,在任何试验顺序中,润湿性试验必须首先进行。

7.1.3 注意事项

以下注意事项适用于所有可焊性试验方法:

- a. 试验必须在无通风或防护性通风条件下进行;
- b. 为避免操作过程中污染样品,建议使用镊子;
- c. 试验前若需将引线弄直,操作时应不污染或刮伤样品。

7.2 焊槽试验

该试验有两种型式,一种适用于线状和签状引出端,另一种适用于印制电路板。焊槽的尺寸应保证在浸渍过程中焊料的温度不会引起显著下降。

方法 1 的程序是十分简单的,如果规定得太详细,它的应用范围就会受到限制,该方法可用于例如签状引出端,这种引出端由于形状关系不适宜用焊球法测试,而设计用焊槽进行焊接。

在印制电路板试验中不存在与几何形状有关的问题,因此可以规定得比较详细,印制板的浸渍深度应严格限制以确保引入金属化孔的焊料是由润湿而引起而不是由液体压力所致。

7.3 焊接烙铁试验

保留这一方法是为了对那些用焊球法或焊槽法不能测试的引出端进行可润湿性评定。可焊漆包线就是一个典型例子,对此其他方法的温度太低。一些不适合用焊槽试验的签状引出端也只能用烙铁试验。

试验对温度有一些敏感,因此试验结果与元件的热容量有关系,这些因素当然也适用于焊接生产,但在制定元件规范时应取消在焊接生产中通常使用的能大大缩短焊接时间的活性焊剂。

试验是快速的、定性的和有鉴别能力的,若希望、可以在引出端的多个点上测试其可润湿性。

7.4 焊球试验

7.4.1 用于线材和圆截面引出端的焊球试验

本试验适用于直径为 0.1~1.2 mm 的线材。

将待试样品浸上焊剂,然后水平放置并使之将熔融焊球平分,记录焊球包合试样所需的时间,焊球

的高度用焊球的重量来控制,焊球高度的控制应使得在不润湿条件下焊球在试样上方不会包合。焊球放置在一个直径为 4 mm 的纯铁圆柱上,纯铁外面由不浸润的铝包住,铝也可用来稳定纯铁圆柱体的温度。

纯铁圆柱的上表面必须保持用焊料良好润湿。当试验结束停止加热时,加热块必须与上面的焊球一起冷却,以防纯铁表面氧化或弱润湿。

在有争议情况下,应检查所用焊球重量必须在标称重量的 $\pm 10\%$ 以内。

试验过程中,纯铁表面必须保持十分清洁,容器中的焊剂必须密封以防溶剂蒸发而变稠,施加焊剂的数量不能太多以致引起焊球温度长时间下降。

每个焊球必须清洁光亮,必须选用适合引线直径的焊球,引线必须正确平分焊球,若明显偏离中心必须将结果作废。

用电子定时装置测量时间间隔是有用的,当引出端平分焊球时,它自动开始记时,记时装置既可以通过观察焊球包封引线时手动停止记时也可以通过试样上方的记时探针接触焊球时自动停止记时。

如果进行速度太慢,开始时刻就测不准,因为焊球的高度从 0.9 mm(50 mg)到 2.3 mm(200 mg)在变化(用 4 mm 铁心),当手动记时时由于操作人员反应速度不同,记出的包封时间也有误差,但在接收试验中这些误差并不重要。

7.4.2 非圆型截面的焊球试验

本试验适合于具有任何凸型截面形状的引出端,但主要用于矩形截面,用冲压法成型的引出端可能产生毛刺,若其长度超过厚度的 1/10,则会在横截面处形成凹坑。

7.5 旋转浸渍试验

见 GB 4677.10

7.6 润湿称量试验

这个试验可以提供整个润湿过程中润湿力随时间变化的函数,从而作出定量评价,元件规范可以选择规定的润湿程度作为接收水平。

7.7 表面安装元器件的可焊性,金属化层的耐溶性和耐焊接热试验

7.7.1 概述

原则上,可焊性试验希望得到定量的客观的结果,而不是定性的主观的结果,本规范是用于表面安装元器件的定性检验,作为在定量测试程序之前的一种过渡方法。

7.7.2 局限性

对于镀有纯锡引出端的样品,在 235℃ 条件下的浸渍试验得出的结果可能与装配条件下例如用低于锡熔点的气相焊接性能不一致,在 215℃ 温度的试验就用于解决这一问题。

7.7.3 严酷度选择

7.7.3.1 温度为 235℃、时间为 2 s 的浸渍和温度为 260℃、时间为 10 s 的浸渍

这些条件分别是试验可润湿性和耐焊接热的常规条件,应指出,由于润湿性是在浸渍后评价的,本方法不能测量润湿速度,然而可指明在规定的时间内是否能达到合适的润湿程度。

有关规范可以规定浸渍时间为 5 s 的较低的耐焊接热等级。

7.7.3.2 温度为 215℃、时间为 3 s 的浸渍

这个条件是在相对较低温度下进行的试验,适用于气相焊接,因为在 235℃ 条件下得到的结果与 215℃ 条件下的结果不须有任何相关性,由于在已经润湿的表面的润湿反应估计较慢,所以规定了一个较长的时间,在槽焊与汽相焊之间并不总是存在一定关系。

7.7.3.3 温度为 260℃、时间为 30 s 的浸渍

在波峰焊过程中,金属化层溶解的速度比静态浸渍中大得多,在波峰焊、回流焊或汽相焊接之后可能还要用烙铁进行修整返修,因此规定了一个在较高温度下较长时间的浸渍以试验金属化层在熔融焊料中的耐溶解性。

有关规范可以规定 10 s 或 20 s 浸渍时间的较低等级的耐溶解试验。

7.7.3.4 浸渍姿态

当试验耐焊接热时一定大小扁平样品(例如陶瓷芯片载体)若使密封面垂直状态浸渍,则将不能承受在实际焊接过程中在其厚度上产生的热梯度,在这种情况下,规范编制者应选择姿态 B(悬浮状态)。不希望对不同大小样品选用不同浸渍时间。

8 试验条件说明

8.1 分类

图 1 给出了组成试验 T 的各个部分和各种方法以及它们之间相互关系。

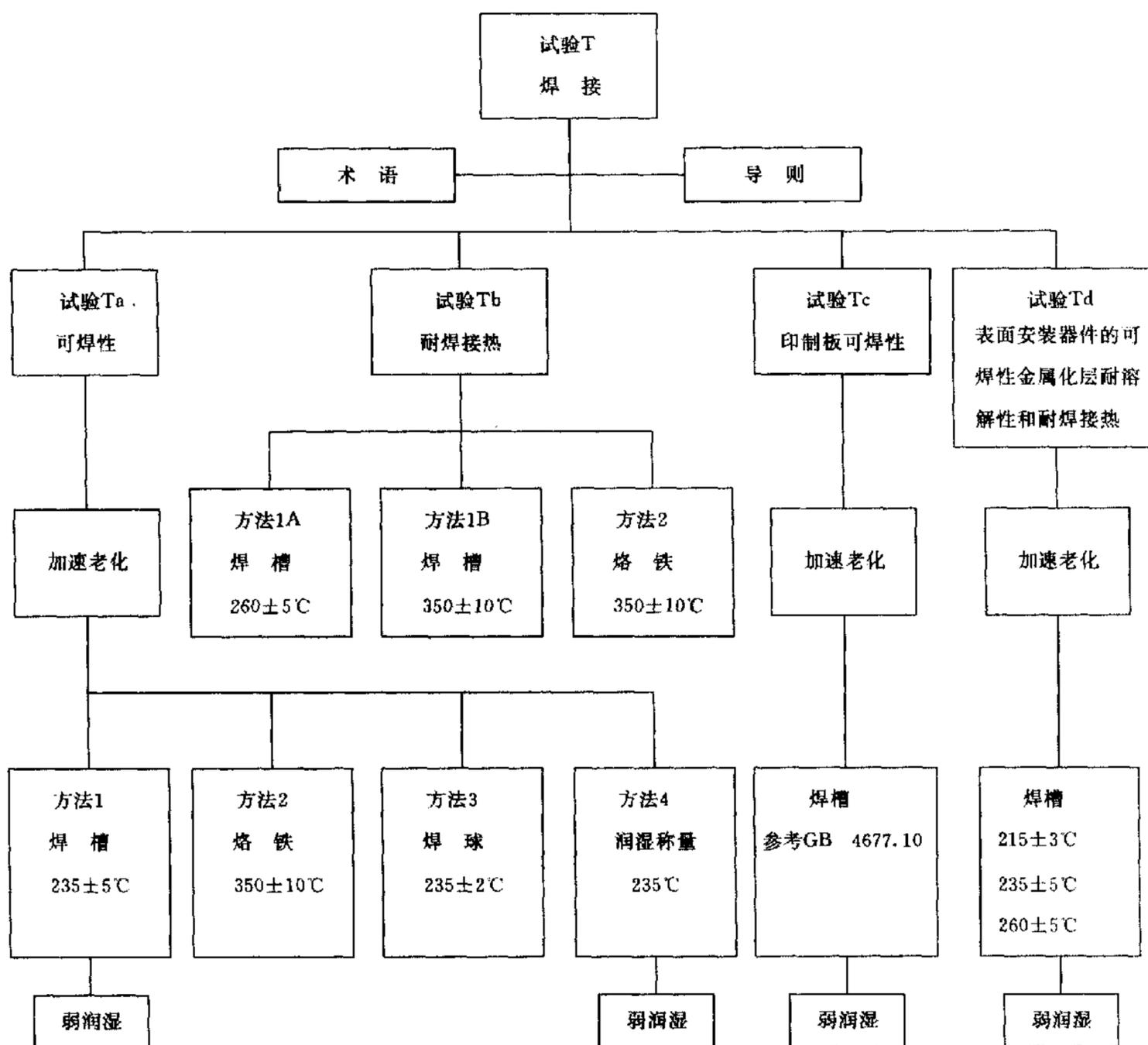


图 1

方法 1A(260℃焊槽),方法 1B(350℃焊槽)和方法 2(350℃烙铁)本身不是一种试验方法,更多地是模拟对于诸如电性能和引出端强度等试验之前的气候暴露,它们不包括焊接过程中耐机械应力的试验程序。

8.2 试验材料选择

8.2.1 焊料选择

在电子和电工设备中焊接用焊料大多采用 60%锡和 40%铅的焊料合金,所以所有试验也选用这种焊料,经验表明:杂质含量符合 GB 2423.28 附录 B 的要求时,不会影响焊料的润湿能力。

8.2.2 焊剂选择

在电子和电工设备中焊接用焊剂大多采用带有活性剂的松香焊剂(改性的或天然的)活性剂的作用是改进焊剂的润湿性或增加金属氧化层的溶解速度,活性焊剂可以产生非常短的焊接时间,它们一般是不公开配方的专利产品。为了避免为每一种活性焊剂规定焊接时间的困难并为包括最坏的情况,对焊接试验我们宁可采用非活化的松香焊剂,以使焊接持续时间易于测量,只有在不使用活性焊剂无法进行焊接的情况下,才允许使用规定的活性焊剂。

必须强调指出,可焊性规范中的活性焊剂不一定能表示产品在生产中的实用性,也不担保其残留物没有腐蚀性。

最常用的焊剂是异丙醇松香溶液或酒精松香溶液,焊球法试验表明,松香重量比在25%~40%之间变化时不影响焊接时间,考虑到试验过程中因溶剂蒸发导致浓度增加时不影响试验结果,选择按重量比为25%的浓度作为标准浓度。

8.3 加速老化方法

8.3.1 自然老化

自然老化(装上印制电路板之前的贮存)对引出端的影响主要取决于三个因素:

- a. 封装形式;
- b. 元件存放的自然环境(温度、相对湿度、大气污染等);
- c. 材料及其镀层的特性。

据此,尽管制造工艺一样,但由于自然老化方式不同,如扩散氧化、硫化、部分水化或甚至显著腐蚀均可使原本相同的镀层的润湿性发生变化。人们曾幻想能预计表面润湿性的任何精确变化,研究文献清楚地表明:尽管精心设计了一种加速老化试验,结果还是无法确切地说出用 m 天或 p 小时暴露来模拟 n 年的自然老化。

但是,由于电子元器件在制造出来后几个月甚至几年都不用,对设备制造者来说维护其表面润湿性是十分重要的,但必须避免使用在短期内也不会给出合适的防护保护层。举一个极端的例子,将无钝化的镀银层暴露于硫化气氛中,尽管最初是完全润湿的,但经几周或几天后(取决于硫化物种类及浓度)即使用很强的活化松香焊剂,其润湿性实际上变为零。尽管不可能用一种方法来精确预言老化特性,但大量研究表明可以适当解决这个问题,办法是在下述三种(事实上是四种不同方法)可选择的最佳老化试验方法中选择一种。

8.3.2 假设的程序

8.3.2.1 模拟自然老化均不应在电子元件通常遇到的条件范围之外,这些条件是温度 $0\sim 35^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $50\%\sim 95\%$,而且没有例如二氧化硫、硫化氢等存在,如果规范编写者知道这些条件不能满足,则他不能也不允许实施GB 2423.28的加速老化程序,如果在这种情况下需要老化,必须采用模拟专门气氛的专门程序。

8.3.2.2 规范编写者知道,对于规定表面的退化过程可以预计,金属间扩散或由于氧气或水气导致表面变化。对于前者最合适的老化试验是方法3(干热试验Ba 155°C ,16 h)该方法可加速金属间扩散,对于后者可选用方法2(长期湿热试验Ca,10 d)更合适。

8.3.2.3 若规范编制者无法预计其变化过程,或者有关规范没有给出镀层种类,这时宁可采用方法1(蒸汽老化),按所需严酷度选择1 h或4 h。

1 h老化适合于元件制造以后很快就用的情况,对于长时间贮存的样品应选择4 h老化。

9 要求和结果的统计特性

9.1 对编写元件规范的要求

国标GB 2423.28规定了电工和电子元件的可焊性试验。

本导则通过描述基本概念,帮助规范编写者和使用者选择一种特定的试验方法和了解所得结果的

正确意义。

但对特别重要的两点在本文中并没有讨论,必须包括在有关元件规范中,这两点是:

- a. 施加的严酷度;
- b. 通过该试验得到的质量保证水平。

规范编写者对这两件事必须明确地加以规定,而这个精度将得出各种要求和可接收极限的表述,后者是建立在可润湿性统计基础上的(见第6章)。

如果在有关规范中由于不懂或疏忽将这两点规定得不合适,则严酷度和可接收质量水平就可能达不到用户实际需要。

例如:

- a. 由于没有实际正当理由规范编制者规定的润湿时间太短(例如 0.2 s)就可能给使用者造成不必要的经济损失,规定时间太长(例如 5 s),元件提供者没有困难,但使用者则会造成大批返工。
- b. 假如一个合适的润湿时间被固定下来,然后必须确定出有缺陷产品的最大可接收比例,并且,抽样必须以一个可接受的置信水平保证不会超过这个比例。

要求做到这点而不仅是引起对这个问题的注意超出了本导则的范围,有关元件规范编写者关心的是小心地选择要求和极限以确保可焊性接收水平设定在一个满足使用者需要的数值。

9.2 编制元件详细规范的两点建议

9.2.1 在 GB 2423.28 中,对每一种试验方法都附有一个表,给出了有关规范中需要考虑的信息,规范编写者必须以清楚而正确的方式加进去,不能有含糊或差错,若有关规范为此已留出了专门章条,尽管它重复在其他章条中已经给出的信息,并指出若干点不适合,这样就更为方便。

9.2.2 抽样要求的选择与拒收在统计上相关,可焊性试验从来不是单独做的,它有一个统计特性,很显然,对于各种试验方法只产生单一的数据,例如:7.3 条的焊球法试验给出的是润湿时间,这可以用对数正态分布图进行处理评价,具体方法如下:

- a. 将测试结果按顺序从小到大排列;
- b. 每个读数给出一个纵坐标距 Y :

$$Y = 100 \frac{m - 1/2}{n}$$

式中: m ——读数顺序号;

n ——总的读数。

假设 $n=50$, Y 将是 1~99 的奇数。

——将结果描在对数正态纸上;

——画一条最切合的直线;

——读出直线在 $Y=99.99$ 处的读数 B 。

这就给出焊接时间大于 B 秒的概率是万分之一。

注意:这个程序是认为 50 个数据是来自同样的样品,样品数量越小,用这种方法确定出的数值误差越大,因此,建议这个方法不能用于样品数小于 10 的场合。

附加说明：

本标准由中华人民共和国电子工业部提出。

本标准由电子工业部标准化研究所归口。

本标准由电子工业部第五研究所负责起草。

本标准主要起草人张乐中。

本标准于1982年9月首次发布,1995年1月第一次修订。