

电子产品可焊性 及焊接技术



SOLDERING IN ELECTRONICS

中国南京无线电公司
南京电子学会

前 言

《电子产品可焊性及焊接技术》是一本系统介绍可焊性及焊接技术的专著。全书四十万字，共分十二章，插图230幅，照片131张。其主要内容有：焊接润湿理论的详尽论述、印制板上分布各种元器件的热力学设计、焊料焊剂中各种成份的物理化学性能及其对焊接效果的影响和如何正确选择、介绍各种评价可焊性的技术与检查焊点质量的方法、波峰焊中各波峰形式的设计方法、探讨如何从印制板线路设计上来保证良好的焊接效果等。另外，还专列一章介绍最新的无引线元件及微型电路的焊接技术。

1985年6月，我公司在电子部科技司直接组织下赴英国专题考察电子元器件的可焊性。在考察期间，从事可焊性技术研究三十多年的专家、国际电工委员会环境试验第三工作组主席B·M艾伦先生作为最珍贵的礼物赠送我考察组《Soldering in Electronics》一书。回国后根据部科技司的意见，我公司立即组织南京电子学会的有关专家进行翻译，并经多次译校，现奉献给读者。由于水平所限，敬请批评指正。

参加本书翻译的有：王志强、关汝晖、黄翠华、黄徐明、涂有瑞等同志。

南京无线电公司付总工程师、付博士徐乃贤同志对全书进行了译审。

南京无线电公司付总工程师、高级工程师、赴英考察组组长管谨孚同志负责本书终校及技术总审。考察组成员李国钧工程师对本书部分章节进行了阅校。

南京电子学会理事长、李鸿安总工程师对本书进行了最后审定。

本书由许金龙、李相彬、周汉有、吴赠槐同志负责编辑。张文炳、王锡伍、周林峰、段以庆、卫太华、徐杨等同志参加了本书的校对。

一九八七年十一月

作者序言

本书研究的课题是相当专门的。由于电子线路焊接中的许多问题在其它焊接应用领域里是没有碰到过的，所以要想把本书的材料处理得适当是相当困难的。

本书的主要对象是在电子工业领域与焊接技术相关的工程技术人员，如：设计工程师、工艺工程师、制造工程师、质量管理工程师、金属学家和化学家等。在和这些专家长期接触中，使我了解到，他们既需要基础知识，又需要深入的技术信息。因此，在编写本书时，我尽量让这两方面达到某种合理的平衡。在编写中，不仅讨论了已经成熟的技术诀窍，而且还对一些至今仍有争议的问题提出了个人看法。这些个人意见的根据就是我作为一名研究人员、一名在焊接开发活动中的同行、一名公司内外各种咨询机构和标准化委员会成员的经验。

本书有几章内容是将“焊接信息快报”重新改写的，该快报最初是我和几个同事合写的，在公司内部出版过。另几章则带有更广泛深入讨论的性质。

本人很高兴地借此机会向我所有的同事表示感谢，感谢他们对我的关心、劝告和支持，特别是：Messer J. A. 特恩、邓易斯，J. H. J. 冯·德杰克，H. M. J. 海尔曼斯，M. 李纳尔特斯，G. 舒特恩以及 F. G. M. 窝尔特尔斯。E. E. 德·克鲁桑纳尔先生十分友好地阅读了全部手稿，并提出了许多改进意见。我还要衷心感谢 B. M. 爱伦先生的帮助，他对整个手稿在正确使用英文方面进行检查，并对许多问题提出了建议；更使我赞赏的是，他给我提供了重要的焊接方面的文献目录。

最后，我要对电化学出版公司的 W. 高尔梯先生在将我的手稿付印出版方面所给予的有成效的愉快的合作，表示感谢。

R. J. 克莱因·瓦辛克
荷兰飞利浦生产技术中心

1984.1.

目 录

前 言

作者序言

第一章 电子线路的焊接.....	(1)
第一节 焊接的地位.....	(1)
第二节 焊接工艺的基本问题.....	(8)
第二章 表面润湿.....	(11)
第一节 表面张力.....	(12)
第二节 液态焊料表面外形.....	(17)
第三节 润湿程度.....	(27)
第二章 附 录.....	(40)
第一节 理想球冠的计算.....	(40)
第二节 液态焊料表面的计算.....	(43)
第三章 焊接的热力特性.....	(46)
第一节 焊接和加热.....	(46)
第二节 支撑板的加热.....	(49)
第三节 元件的加热.....	(55)
第四节 热匹配.....	(66)
第四章 焊料合金.....	(71)
第一节 锡——铅焊料.....	(71)
第二节 锡——铅合金的金相学.....	(75)
第三节 锡——铅合金的物理性质.....	(86)
第四节 锡——铅焊料中的杂质.....	(90)
第五节 液态锡——铅焊料的氧化.....	(93)
第六节 基体金属的溶解.....	(97)
第七节 软焊料的强度特性.....	(101)
第八节 低熔点合金 (易熔合金)	(106)

第四章 附 录	(109)
第一节 与焊接有关的一些相图	(109)
第五章 焊剂	(114)
第一节 焊剂的效力	(114)
第二节 焊剂的腐蚀性	(117)
第三节 表面沾污物质	(123)
第四节 焊剂的化学作用	(125)
第五节 焊剂可溶于有机液	(130)
第六节 水溶性焊剂	(137)
第七节 焊接产品的清洗	(140)
第八节 焊剂对环境的影响问题	(145)
第九节 焊剂的标准化	(146)
第十节 附录	(147)
第六章 可焊材料	(150)
第一节 无涂(镀)覆的材料	(150)
第二节 涂覆材料	(154)
第三节 电镀锌及锡-铅合金	(155)
第四节 焊料的熔化或热浸涂覆	(161)
第五节 贵金属和镍的镀覆	(165)
第六节 保持印制板可润湿性的保护涂覆	(169)
第七节 锡的晶须	(170)
第七章 可焊性的评定	(176)
第一节 焊接及可焊性	(176)
第二节 可焊性测试方法	(177)
第三节 热力要求	(207)
第四节 耐焊浸热能力	(209)
第五节 测量的统计评价	(211)
第六节 加速老化处理	(214)
第七节 实际中的试验	(217)
第八章 印制板上的接点	(228)
第一节 印制板	(229)
第二节 元件	(237)
第三节 印刷图形的设计	(244)

第四节 焊接点的机械性能.....	(263)
-------------------	-------

第九章 印制板的机器焊接..... (271)

第一节 机器焊接.....	(271)
第二节 焊接机中焊剂的施加.....	(277)
第三节 浸渍焊.....	(283)
第四节 拖焊.....	(285)
第五节 波峰焊.....	(286)
第六节 焊接机.....	(300)

第十章 再流焊..... (312)

第一节 焊料与焊剂的应用.....	(312)
第二节 从下方的一般加热方式.....	(318)
第三节 从上方的一般加热法.....	(321)
第四节 从上方局部加热.....	(324)
第五节 从全方位加热.....	(330)

第十一章 手工焊接..... (336)

第一节 带焊剂芯的焊丝.....	(336)
第二节 烙铁头的温度.....	(336)
第三节 烙铁的使用.....	(340)
第四节 脱焊.....	(341)

第十二章 焊接点的质量..... (343)

第一节 焊接点的检验.....	(343)
第二节 良好的焊接点.....	(344)
第三节 印制板上的焊接缺陷.....	(347)
第四节 印制板上焊接点的评价.....	(355)
第五节 手工焊接点的评价.....	(361)
第六节 表面安装器件焊接点的评价.....	(362)
第七节 焊接点的返修.....	(368)

第一章 电子线路的焊接

焊接 (Soldering)*在电子产品装配方面是一项重要的技术。诸如电子产品设计师、工艺工程师以及生产工程师等,在制造过程的每个阶段都得处理各种各样的焊接问题。他们的各种决定都会影响下一阶段的焊接结果。

由于焊接技术涉及到机械、化工、冶金等各学科,因而在实践中使许多不同学科的人卷入讨论这一门技术是完全可以理解的。

电子线路的焊接和其它工业部门的焊接是有很多不同的。虽然所有焊接(包括铜焊)过程的物理原理是一样的,但电子线路的焊接又有它本身的许多特点。因此,可以说,电子线路的焊接本身就是一门学科。本书讨论的就是电子线路焊接工艺,这里不仅给出焊接现象的基本知识和综述,而且将阐明这些知识在电子产品实际制造中的系统应用。

第一节 焊接的地位

电子设备的效能取决于电子元件正确的相互作用。这些元件的互连大都是依赖于焊接。即使当前有许多连接技术,但焊接仍保持着主导地位。

在电子产品的大量生产过程中,每天都要形成上亿个焊点。一台标准的收音机大约有500个焊点,一台黑白电视机大约有1000个,一台彩色电视机大约有2000个焊点。大型电脑和电话系统有10⁵个以上的焊点。依靠正确的焊点设计和良好的加工工艺,可得到可靠的焊点,这种焊点接触电阻可被忽略并具有合格的机械强度。可靠性的含意是:焊点不仅在产品刚出产具有所要求的性质,而且在电子设备整个使用寿命中,应当保证工作无误。

焊接是一种简单的操作。它包含:要连接的零件相对位置的确定,用熔化了焊料润湿表面,焊料冷却直到固化等步骤。对电子线路的焊接而言,最常使用的是熔点为185℃左右的锡—铅合金。借助烙铁进行手工焊接是一种很早就有的技术,现在虽然为了大量生产的目的而发明了若干机械化方法,但烙铁焊接在电子线路焊接中至今仍被采用。在第九章和第十章两章将讨论机器焊接法,在第十一章将讨论手工焊接技术。

采用机械化焊接比之于手工焊接在两方面有了促进:一是对效率的考虑;另一是达到了更为严格的质量控制的愿望。机器焊接对质量有好处,因为机器不像人绝不会思想不集中。可是,机器同时也有所失,即它不可能适应极端的情况。没有一种机器能够妥善处理某些意外事件,例如,元件引线可焊性差,焊接过程有缺陷等。

焊接比起那些与它相竞争的连接技术,像烙焊或用导电粘接剂固定等,具有某些显而易见的优点:

*注:本书中对Soldering一词都是指的软钎焊,在我国电子工业工厂中习惯用焊接这一词汇,因此我们在翻译本书时对软钎焊一词,都用焊接代替——译者注。

(i) 焊点自身的形成是靠润湿过程这一性质,即使加热热量和焊料不是很精确地正对着要焊接的地方,也能形成焊点。由于焊料不沾绝缘材料,所以在大多数情况下,可以过量使用焊料(参见导电粘接剂)。因为焊接温度是相对的低,因此无需局部加热(参见熔焊)。

(ii) 焊接在焊点大小方面允许有很大的自由度,因此,即使在同样的焊接产品上使用的元件种类很多,也都可以得到良好的结果。

(iii) 焊接连接在必要时可以被断开,这说明它便于修理。

(iv) 无论手工焊接或者机器焊接所用设备都比较简单。

(v) 焊接过程的易于自动化,这为焊接机和其它机器在一起排成生产线提供了可能性。

焊接和熔焊的基本区别是:在熔焊中,金属的连接由其本身的熔化来连接;而在焊接中被连接金属本身并不发生熔化,而只是依靠焊料合金的润湿,因此焊料必须具有比被焊接另件低的熔点。一般来说,熔焊的强度比焊接大,而且熔焊在中等机械载荷下不会蠕变。

焊接和熔焊之间的实际差别是:熔焊无疑要逐点顺序进行,相反焊接的接头可以在一次操作下同时完成。由于这一因素使焊接成为一种廉价的连接方法。

一、焊接是一个系统工程

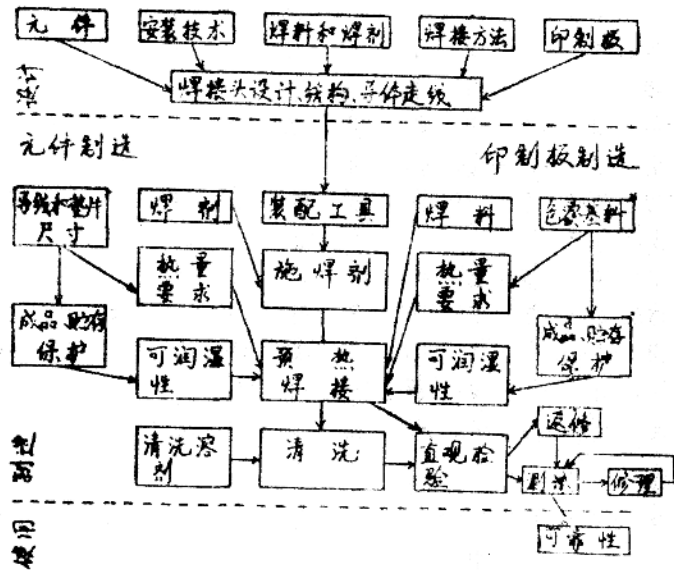
很多因素都影响焊接操作的结果,这不仅和被连接的元件或部件有关,也和所有的焊接工艺有关。

(一) 焊接参数

为把元件焊接到印制板上去,在主要变量的相互关系方面,可以分成三个阶段(图1·1),即:设计、制造、使用。

在使用中反映出来的成品质量,决定于电子产品设计和制造阶段所采取的措施。这些措施涉及图1·1中给出的整套焊接变量。“焊接是一个系统工程”表示的是这样一层意思:即

图1.1 主要焊接变量相互关系的图示



这些措施必须彼此相互适应,以便形成一个协调的系统,获得最优的综合结果。

在制造阶段元件对机器焊接的适应性问题,早在设计阶段就打下了基础。设计工作主要涉及到被焊元件在印制板上的排列、元件的形状和导线的布置,另外还有元件引线要经过如电镀等表面处理,以保证焊接的瞬间有满意的润湿性。

被焊接的元件引线可以由多种材料制成。因此要求在一次焊接操作中将搪锡的铜丝、镀锡—铅或镀金的镍—铁丝和可伐丝等全部焊到一块印制板上。

元件还有热效应的不同,热容量有的大,有的小,元件和印制板对焊接操作引起的温升很敏感,甚至引起热损伤,因此在设计阶段就要正确计算材料和受热的效应。

应牢记对安装方法、焊接方法、使用材料和加工条件的选择,应对电子功能元件的元件特性和导体模式的设计给予充份理解。反过来说,导体的设计一定要适应所采用的工艺的可能性和极限情况。

在制造阶段,选择好工艺条件后,将给定的元件一起送入焊接机。在焊接时,各个被连接部件的可焊性(润湿性和热量要求)应与焊料合金、焊剂和热负荷的特性相匹配。图1·1所示为装配、上焊剂、预热和焊接各工序间的相互作用关系。

元件和印制板制造日期与焊接日期之间的时间间隔是值得重视的。因此在焊接前,必须考虑到因贮存而伴随产生的老化程度。

图1·2所示为印制板组装的生产过程。总的生产流通时间很容易超过一年,因为在各工序之间有长时间的贮存和等待时间。这使得在早期就对疵病提出反馈和进行在线改正几乎总是不可能的。另外一种方法就是规定产品在每个加工步骤上规范化,让后面的每一步能够顺利地地完成。这就是用前道的规范化代替后道的修正。

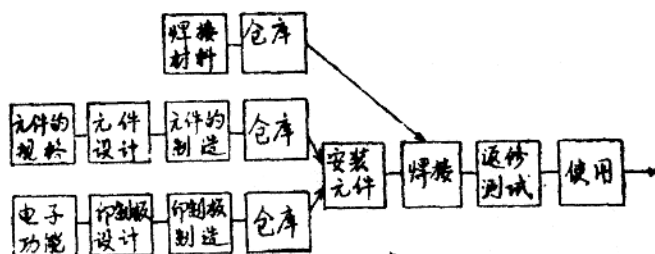


图1.2 焊接印制板在制造生产过程中的各个步骤

从焊接的观点看,某些导致内在缺陷的印制板,在焊接过程中仍会产生或多或少的非偶然误差。当生产部门碰到有这种缺陷的印制板时,总想采用改变焊接机的加工条件来满足产品质量的要求。但是,即使问题可以用这种方法去解决,即使在最佳状态也只能获得次一等的效果。如果这样的情形持续下去,那么得到的焊接质量只能是次一等的,最终产品也是次一等的。采用了准确而先进的规范,就不需要这种改变了。

从统计上已经证明,印制板和元件的设计参数是控制焊接质量的主要因素,但人们常常不注重印制板和元件的设计参数,而过分强调工艺参数的重要性。所以,工程师的主要精力应该用在被焊接零件的正确设计上。这样,可以把生产效率放在坚实的基础上,即从一开始

就可以剔除可疑（或者会产生问题）的元件和印制板。

（二）焊接系统

只有在许多工艺和材料变量经综合考虑并最优化以后，才有可能得到好的、质量符合可靠性要求的焊点。这就意味着，在设计和制造中，要有系统地控制一系列有关的措施。很明显，在整个生产周期中以有组织有计划的工作为根据，那么最后可以容许这种生产周期超过一年（图1·2）。

只要把知识、信息、合作、规范化和评价组合起来就能成功地建立起一个完整的、协调的焊接系统。

知 识

知识不仅包括基础知识，而且包括设计可能性和生产方法的知识。知识方面存在的空白正由焊接方面实验工作的结果来填补。虽然，有关一些具体细节的研究和开发有待于完成，但是，焊接结果差的主要原因，目前还不是缺乏知识。

信 息

把有用的知识以可处理的信息的形式送到有关人员手中，这是个不简单的任务。

合 作

焊接系统取决于各参予工作的部门和公司之间的富有成效的合作，这种合作只有在需要的信息得到充分地交流以后，才能取得成功。

规范化

焊接变量和加工步骤的规范化将有助于焊接系统的合理组织。采用规范化、标准化，可在早期阶段避免焊接中问题，并将节省一系列附加的和无谓的成本。规范化还可使人们对发出去的材料和元件是否达到预想质量要求的评价成为可能。

评 价

评价的含义是：来料检验、材料试验和成品检验。可焊性是个要考查的重要性质，因为它不是恒定的而是随时间而下降。可焊性及其衰退的敏感性和焊接部份的电镀层厚度有密切的关系。然而，镀层厚度的完整条件不足以保证可焊性，因为电镀工艺本身也对可焊性有影响。因此，对可焊性的试验不能省略。

执行了技术要求和标准，供方将会产生正确的响应，使供方不断扩大原始的测试业务。过了一定时间之后，供方也随之建立了正确的工艺，有了正确的工艺以后将有可能减少整个工艺过程的试验工作。为改进质量的额外费用将得到很大程度的弥补。

从原则上讲，对建立完整的焊接系统的问题有多种方案，然而，特种方案的选择本身比之一整套措施的实施并不重要。孤立地看每一个措施其意义是有限的。只有当各个环节服务于这一工作的措施和其它相关措施组合在一起，这个最终的完整的焊接系统将成为推进可靠的焊接质量的有力手段。

如果企图用那些达不到技术要求或标准要求的产品，例如可焊性差的便宜元件，来取得些微的价格降低，则焊接系统将逐渐被彻底破坏。也可以这样说，仅仅为了一些元件而使焊接工艺条件脱离了常用的操作范围。

二、焊接系统参数

在焊接系统中,为保证产品满足所需要的可靠性水平,本节给出以下必须考虑的项目。

(一) 设计

元 件

- (i) 尺寸和形状 (有引线, 无引线);
- (ii) 热量要求 (热适应性);
- (iii) 对焊接的抗热性;
- (iv) 对静电的敏感性;
- (v) 印制板上元件的密度 (垂直、水平安装);
- (vi) 元件的包装 (编带式, 散装)。

印制板

- (i) 印制板上元件的结构;
- (ii) 印制板的厚度 (刚性);
- (iii) 单面、双面、多层印制板;
- (iv) 印制导线的图形 (电气设计);
- (v) 热需求量和热适应性;
- (vi) 孔金属化和镀层厚度;
- (vii) 孔的焊盘。

(二) 材 料

元 件

- (i) 引线的基体材料;
- (ii) 可焊的镀层 (锡, 焊料, 贵金属);
- (iii) 电镀, 热搪锡;
- (iv) 贮存;
- (v) 可润湿性 (要求, 试验方法);
- (vi) 晶须。

印制板

- (i) 覆铜箔板的选择;
- (ii) 印制导线的涂覆 (弱腐蚀, 热熔锡, 整平);
- (iii) 引出头的电镀;
- (iv) 阻焊剂;
- (v) 表面电阻率;
- (vi) 贮存 (保护涂层);
- (v ii) 焊接后的敷形涂覆。

焊料合金

- (i) 成份 (熔点、熔化温度范围) ;
- (ii) 杂质;
- (iii) 电镀材料的溶解作用;
- (iv) 形状 (固态, 焊剂芯焊丝, 膏状, 预成形) 。

焊 剂

- (i) 焊剂的种类 (松香型, 可水洗型) ;
- (ii) 密度和密度控制;
- (iii) 抗腐蚀效能;
- (iv) 腐蚀试验;
- (v) 清洁度试验。

溶 剂

- (i) 洗涤溶剂;
- (ii) 环境的影响;
- (iii) 元件的相互影响。

(三) 工艺

元 件

- (i) 元件的加工;
- (ii) 引线预弯曲;
- (iii) 引线敲平 (插入型) ;
- (iv) 引线端预搪锡。

印制板

- (i) 带电镀孔双面印制板的干燥;
- (ii) 焊接夹具和辅助工具;
- (iii) 印制板上装加强筋。

焊 接

- (i) 方法和设备 (波峰焊, 拖焊, 再流焊等) ;
- (ii) 传送装置和生产线布局;
- (iii) 工艺条件 (时间, 温度) ;
- (iv) 加焊剂方法和预加热方法;
- (v) 焊剂清除方法 (如果有的话) ;
- (vi) 再流焊中焊料的涂敷;
- (vii) 氧化皮的形成, 加防氧化油;
- (viii) 维修。

(四) 检查和返修

- (I) 返修标准;
- (II) 返修设备;
- (III) 最终检验的标准;
- (IV) 成品测试。

三、标准化

为了焊接系统所有另件达到可控状态,标准是必不可少的。许多公司在焊接的各个方面制定了自己的标准。如果坚持遵守这种方法,把标准合在一起能够包罗整个焊接系统。如果要把所有焊接方法都包括进去,这当然是过于宽了,因此应该把这样的标准只限于特定的系统,例如把有引线的元件焊接到带孔的覆铜箔印制板上去。其项目包括在如图1·1这样一组标准中,它们可能包括:

- (I) 印制导线的排列和接点的设计指南;
- (II) 被焊接元件的可焊性要求,热量要求及润湿性要求;
- (III) 工艺用材料(如焊料合金、焊剂和清洗液体);
- (IV) 焊接方法和焊接参数;
- (V) 检验标准。

除公司标准以外,还起草了一些国家和国际标准,但是这只是针对焊接技术的个别领域。目前情况仍然十分混乱,因为在各个国家标准之间有很多情况有着本质上的差别。

国际电子学组织还无法涉足于焊接技术的较宽领域。世界上还没有建立焊接技术所要求的唯一的权威机构。譬如,IEC(国际电工委员会,总部在瑞士日内瓦)从各自的方向分成各个技术委员会,这些委员会在各自领域内进行工作,而各个委员会之间只有松散的联系。在焊接方面有下列委员会和分委员会最值得注意:无源元件的TC40,半导体的TC47,电机另件的TC48,包括可焊性的环境试验方法SC50C,以及印制板的TC52。每个这样的委员会都推荐它指定的一组元件,包括元件的可焊性要求和对焊接热的抗热性,但对这些不同元件并没有将其全部建议通过系统协调而成为一套最佳的连接技术。

CECC(Cenelec电子元件委员会,总秘书处设在德国法兰克福),作为CENELEC(欧洲电子技术标准委员会)的一部分,通过协调电子元件的各种技术要求和质量认定程序,以达到促进国际贸易的目的。CECC曾经采用IEC发布的68作为环境试验程序,所以对可焊性,就用IEC发布的68—2—20。

IIW(国际熔焊协会,总局设在法国巴黎)虽然也涉及锡铅焊料的焊接,但比起电子产品大量生产采用的焊接,范围要宽得多。

目前,ISO标准还只是草案,但至今这些草案只包括电子技术中的一部分。1980年,IIW开始着手协调焊接的各个方面,并推动有关的ISO标准。

在国家级水平上,很多国家的标准是可用的,其中突出的是美国军用标准,其中某些部份

在下列各章中将提到。

ITRI(国际锡研究所,伦敦,英国)、IPC(互连和封装电子电路协会,伊凡斯登、美国)等协会也都对各个项目贡献了有价值的文件。

最后,必须特别强调绝不允许规范化和标准化造成技术上不必要的僵化。

四、焊接的可靠性

在焊接方面,可靠性这个词表示两种意义:

(I) 焊点的可靠性叫做焊接和返修产品的“概率寿命”。第八章部分内容要谈到焊点设计,这里就关系到焊点强度及概率寿命。

(II) 焊接工艺的可靠性。在产品经过实际焊接加工以后,对其不合格部份必须通过返修达到技术要求,焊接工艺的可靠性与这种返修量的大小有关。关于检验和返修方面的问题在第12章中作讨论。

两种可靠性是相关联的,因为生产中的返修量和最终达到的质量水平之间存在相反的关系。改进焊接工艺就带来产品质量的提高。毫无疑问,预防花的钱比治疗花的钱节省。

第二节 焊接工艺的基本问题

各式各样的大批量焊接工艺都有它们本身固有的特性。它们的差别在于对被焊接部件施加焊料、焊剂和焊料合金的方法以及加热的方式不同。除这些差别之外,为生产出好的焊

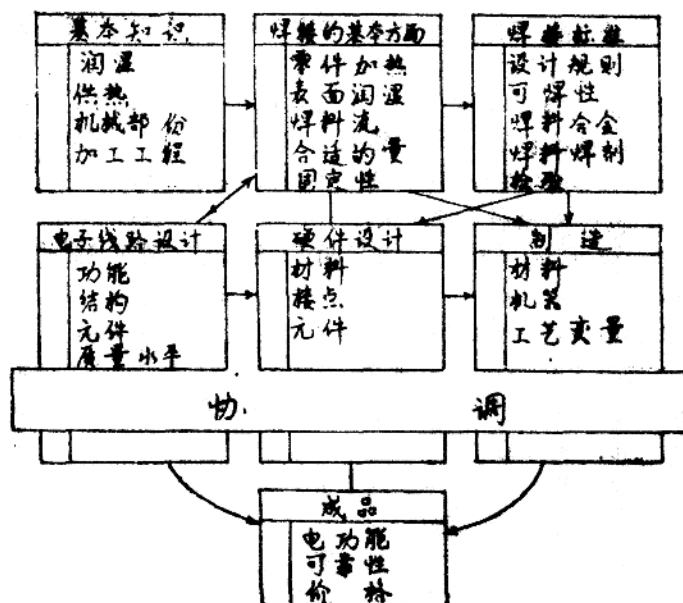


图1.3 表示焊接工艺基本问题和设计及制造相互关系的图示

点,每种焊接工艺必须满足许多基本的先决条件,其基本方面在图1·3的各个中心位置有说明。这些基本方面从有关焊接的基本知识推导而得,同时它们对被焊接产品的设计和制造具有肯定的推断。在很多情况下,这些基本方面成了设计、制造必须遵守的技术要求和标准。

电子线路的设计、硬件设计和制造工艺三者一起决定了成品。为了取得成功,贯穿设计和制造全过程的协调是不可少的。

第一章第二节一到五条将简要地讨论焊接工艺的基本方面,下一章再作更深入的讨论。

一、加 热

按照热学观点,焊接工艺必须满足两个互相矛盾的要求:

- (I) 焊接表面必须足够地热以便焊料润湿;
- (II) 被焊接元件不能热到使它们损坏的温度。

有很多焊接的实例,乍看起来,其表面润湿不充分,但仔细分析,发现是热学条件不妥。

热学设计应该使焊料流到被焊接的区域以前不要冷却,免得焊料对接点起作用之前产生焊料流的断裂。这是可焊性热学方面称之为“热量要求”部分,该部分在第七章中讨论。更进一步的讨论,对于某特定的焊接工艺,对其操作区域的加热条件,其加热时间和焊接温度应在什么范围等各种热学问题,将在第三章中进行充分讨论。

二、表面润湿

要焊接的金属表面必须有良好的可润湿性。它们一定要很清洁,使被焊接部份的焊料和金属之间可以建立起金属性的连接,将在第二章中讨论到。可润湿性最差的元件决定了所用焊剂的活性,这种焊剂对整个工艺具有强烈的作用,由于它有腐蚀的危险,所以在焊接后需要采取清洗等措施,具体采用什么措施与焊剂的活性有密切关系(见第五章)。

如果润湿性不充分,焊接工程师势必要提高焊剂的活性和焊接温度,而不顾已知的危险。从技术上来说这是不必要的。为了获得在正常焊接温度下,只需使用弱活性焊剂就可被焊料很快润湿的金属表面,有着几种大家熟悉的方法。用于这种目的的易焊金属涂层在第六章中讨论。

很多另件的可润湿性在近十年中得到很大改善,致使今天在焊接中,润湿这一点已无需当作主要问题来讨论。因此,可以把更多的注意力转向焊接的其它方面,尤其是和焊点设计有关的那些方面。选择合适的金属,易焊的涂层,以及使用良好的材料处理工艺对保持高水平的可润湿性是很重要的。可润湿程度是靠建有试验规程的合适的试验来证实。可润湿性是可焊性的一个方面,对元件和印制板有关的可焊性评价将在第七章中详细讨论。

保证可焊性是元件制造厂家的任务,同时这一点几乎对所有要焊接的另件肯定都是要求达到的。因此,如果电路制造厂家想避免被迫使用强活性的(有腐蚀性的)焊剂的话,必须在元件生产过程的早期就要解决好可润湿性。

如图1·1所示,可润湿性是整个可焊性系统的基本参数,是不能放任不管的。

三、焊料流

焊料(Solder)*必须实现被焊接的两个金属面的接触,而且必须要能让焊料流进焊点。

这里某些极端情况往往会出现。在波峰焊中,焊点的焊料来自一个比焊点体积大 10^7 倍的体积,当在再流焊中,在焊接点形成的地方或附近,只加体积预先确定的少量焊料。

在第一种情况下,焊料流受焊接机器特有的流体动力学性质影响,第九章将对这个问题进一步讨论。一旦液态焊料接触到清洁表面,那末,只要在形成过程中对焊料流不出现即使是轻微的障碍(如变形的印制板、焊剂蒸汽垫、焊料氧化皮等),任何毛细管缝隙都会由于毛细管作用而被焊料自动填满。所以焊点的连接是自然形成的。在再流焊中,焊料只流过一小段距离,它只受焊接另件局部结构、温度和温度分布的影响。再流焊接法在第十章讨论,讨论的重点是被连接另件的加热。

四、适当的焊料用量

焊接点一定要保留正确的焊料量。在再流焊接工艺中,焊料的量要选择得如此正确并占据在各个接点内。在波峰焊那样的工艺中,情况要复杂得多。一方面必须要形成这样大小的焊料点,它把元件引线和焊盘之间搭起桥来,另一方面,需要分开的导体一定得保持分开而不能搭桥。这一点大部分决定于焊盘的形状和印刷板上印制线的图案,而少部分决定于焊接时工艺条件。在给定了孔和焊盘的尺寸之后,焊点的形状和体积,就是表面张力和重力的交叉相互作用的结果。这将在第二章中进行讨论。

对于有金属化孔的印制板,元件引线和孔壁之间的毛细管升高现象大大促进了理想的焊点的形成。而未电镀的孔只有很短的毛细管空间,因此不容易得到有足够体积的接点。

五、焊料固化期间另件的固定性

虽然固化是个快速的现象,但在实际焊接时,它持续的时间仍不能忽视。固化期间,液态和固态焊料同时存在。流动性由于固化不断发展而显著下降。因此,固化期间传递给焊点的任何运动都容易引起小块焊料的裂纹。焊料一旦有了裂纹就不会再有焊料来填满,从而造成一个不可靠的接点。

液态焊料的举升力是浮力和表面张力的合力,但后者往往比前者大若干倍,元件引线所承受的总举升力在其未润湿时大约等于 10^{-3} 牛顿。每个引线受 10^{-3} 牛顿的力正好能抬起一个0.3克的晶体管(微微抬起)。一旦引线润湿了,表面张力又会把元件拉下来。

*注:本书中Solder一词是指低温焊料。但为符合电子工业工厂中的习惯用语,一律译为焊料。——译者注

第二章 表面润湿

润湿是对焊接的一个基本的必不可少的条件，因此将从各种观点，分好几章对其进行讨论。润湿（成为湿的）在这里表示液态焊料和被焊接零件固本表面之间发生了特殊的相互作用。当把一片固态金属浸入液态焊料槽时，当然金属片和液态焊料之间就产生接触，但这并未自动地润湿，因为有可能存在着阻挡层。这一点只有把小片金属从焊料中抽出才能看出：焊料是完全流掉了或者还没有流掉？

润湿是只有在焊料能够和固态金属元件的金属表面紧密接触时才有可能，那时才能保证足够的吸引力。要是被焊接的表面上有任何附着牢固的污染，例如氧化层，都会成为金属的连续性阻挡层，从而妨碍润湿。在被污染的表面上，一滴焊料的表现和在沾了油脂的平板上一滴孤立水滴的表现是一样的。（图2.1）

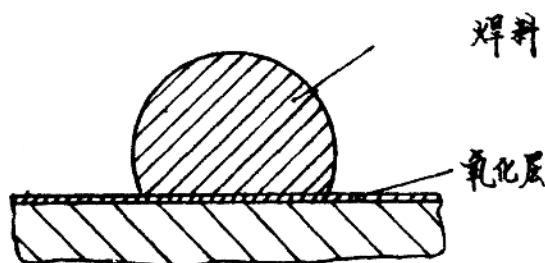


图2.1 在氧化了的平板上的焊料液滴无法润湿

如果焊接温度过低，就会得到在基体金属和焊料之间仍然有氧化层存在的接点，这叫做冷接点。这种接点的导电性相当差，因为电流需要通过或多或少绝缘的氧化膜。附着力也差了，因此固化之后当承受机械负荷时，焊料滴很容易松开。

如果表面是清洁的，那么它们的金属原子的位置就紧靠着界面，于是发生润湿，焊料会

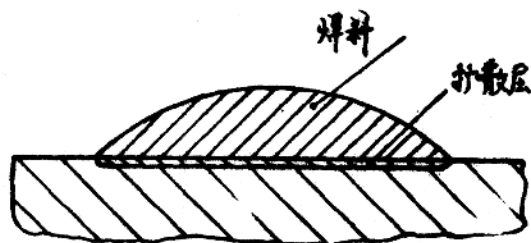


图2.2 清洁平板上的液滴，焊料铺开，同时在界面上生长出扩散层