

电子产品中结构件的失效模式与可靠性分析

张玉欢

河北远东通信系统工程有限公司 河北 石家庄 050000

摘要: 随着电子技术的飞速发展,电子产品日益趋向于小型化、规模化、集成化,其使用环境也日益复杂多变。结构件作为电子产品的重要组成部分,其可靠性直接影响到整机的性能和寿命。本文旨在探讨电子产品中结构件的失效模式,分析失效机理,并提出相应的可靠性提升策略,以期为电子产品设计、制造和使用提供理论依据和技术支持。

关键词: 电子产品; 结构件; 失效模式; 可靠性

引言

电子产品广泛应用于各个领域,其性能稳定性和使用寿命是用户关注的核心问题。结构件作为电子产品的基础支撑部分,其失效往往导致整机功能丧失或性能下降。因此,深入研究结构件的失效模式与可靠性,对于提高电子产品的整体质量具有重要意义。本文首先概述电子产品中结构件的主要失效模式,随后分析各失效模式的机理,最后提出结构件可靠性的提升策略。研究目标是通过理论分析和综合评估,为电子产品结构件的设计、制造和维护提供科学依据。

1 电子产品中结构件的主要失效模式

1.1 开路与短路

开路失效在电子产品中是一个常见的失效模式,主要表现为电路中的电流无法按照预定路径流通,导致电路功能中断。这种失效通常由多种因素引起,包括焊接过程中的不良接触、焊接点老化导致的连接断开,以及导线因机械应力或环境因素(如腐蚀、疲劳)而断裂。此外,接触不良也是开路失效的一个重要原因,可能由于接触表面的污染、松动或设计不当导致^[1]。短路失效则是另一种严重的电路失效模式,表现为电流未经预定的电路路径,而是直接通过低阻抗的路径流通。这通常会导致电路中的电流异常增大,可能引发电路元件的损坏甚至火灾。短路失效的原因多种多样,包括绝缘层的破损、导线之间的意外接触、以及电路板上导电物质的污染等。

1.2 断裂与变形

断裂是电子产品结构件在受到外力作用时,由于应力超过其材料强度极限而发生的破坏现象。这种失效模式可能由多种因素引起,包括设计上的应力集中、材料内部的缺陷、以及外部冲击或振动等。断裂可能表现为脆性断裂或韧性断裂,具体形式取决于材料的性质和应

力状态。变形则是结构件在受到外力作用后,其形状发生改变的现象。这包括弹性变形,即外力去除后结构件能完全恢复原始形状,以及塑性变形,即外力去除后结构件留下永久形状改变。长期疲劳累积和过载是导致结构件发生断裂与变形的主要原因。疲劳是由于结构件在重复或交变应力作用下,材料性能逐渐劣化而导致的失效。过载则是结构件在短时间内承受超过其设计极限的应力,导致突然的破坏或形状改变。

1.3 磨损与腐蚀

磨损是电子产品结构件表面材料在使用过程中逐渐损失的过程。它常见于结构件的摩擦接触部位,如轴承、齿轮和滑动部件等。磨损可能由多种因素引起,包括接触表面的相对运动、润滑不良、以及外部颗粒或污染物的侵入。磨损会导致结构件的尺寸和形状发生变化,进而影响其功能和性能。腐蚀则是由于环境介质与结构件材料发生化学反应,导致材料性能劣化的现象。常见的环境介质包括水分、氧气、酸碱等。腐蚀可能表现为均匀的全面腐蚀或局部的点蚀、缝隙腐蚀等。腐蚀会导致结构件的壁厚减薄、强度降低,甚至引发断裂等严重失效。因此,在电子产品结构件的设计和制造过程中,需要充分考虑磨损和腐蚀的影响,并采取相应的防护措施。

1.4 热应力失效

电子产品在工作过程中,由于电流通过和电子元件的能耗,会产生大量的热量。若散热设计不良或散热系统失效,将导致结构件内部产生显著的热应力。这种热应力是由于温度梯度引起的材料内部不同部分的热胀冷缩不匹配而产生的。热应力失效包括多种形式,其中之一是热膨胀不匹配。当结构件由不同材料组成或与其他部件连接时,由于各材料的热膨胀系数不同,可能在连接处产生应力集中,导致裂纹或断裂。另一种热应力失

效是热疲劳。这是由于结构件在温度变化下反复热胀冷缩,导致材料逐渐疲劳并可能引发裂纹或断裂。热疲劳失效在电子产品中尤为常见,因为电子产品经常经历开关机、工作负载变化等温度波动较大的工况。

2 失效机理分析

2.1 材料性能劣化

材料性能劣化是导致电子产品结构件失效的根本原因之一。环境因素,如温度、湿度以及腐蚀介质的存在,与机械应力共同作用,使得结构件材料逐渐失去其原有的性能。具体而言,高温环境可能导致材料的强度降低和蠕变现象,而湿度和腐蚀介质则可能引发材料的腐蚀反应,导致材料表面的粗糙度增加、厚度减薄以及力学性能的下降。此外,长期的机械应力作用也会使材料发生疲劳,表现为韧性下降、裂纹萌生和扩展等。这些因素的综合作用最终导致结构件的性能劣化,无法满足预定的使用要求,从而引发失效。因此,在电子产品结构件的设计和选材过程中,需要充分考虑环境因素和机械应力的影响,以确保材料的长期稳定性和可靠性。

2.2 设计缺陷

设计不合理是导致电子产品结构件失效的另一个重要原因。在实际设计中,若结构设计过于复杂,不仅增加了制造难度,还可能导致应力分布不均,进而在局部区域产生过高的应力集中。这种应力集中会加速材料的疲劳过程,增加结构件失效的风险。此外,若对应力集中部位的处理不当,如未进行圆滑过渡或加强设计,也会进一步加剧这一问题。材料选择不当同样是一个常见的设计缺陷。若选用的材料无法满足结构件在实际工作环境中的性能要求,如强度、韧性、耐腐蚀性不足,那么结构件在长期使用过程中就容易发生失效^[2]。因此,在电子产品结构件的设计阶段,需要充分考虑结构的合理性、应力分布以及材料的选择,以降低失效风险。

2.3 制造工艺问题

制造工艺缺陷是导致电子产品结构件失效的另一个重要因素。在制造过程中,焊接不良是一个常见的问题,它可能导致焊接接头的强度降低,产生裂纹或气孔,从而影响结构件的整体性能。此外,表面处理不当也可能导致结构件失效。例如,若表面涂层不均匀或存在缺陷,就会降低结构件的耐腐蚀性,使其更容易受到环境因素的损害。装配精度不足同样是一个不容忽视的问题。若装配过程中存在偏差或配合不良,就可能导致结构件在工作时产生额外的应力,从而加速其失效过程。因此,在电子产品结构件的制造过程中,需要严格控制制造工艺,确保焊接质量、表面处理效果和装配精

度,以降低失效风险。

3 电子产品中结构件可靠性提升策略

3.1 优化材料选择与设计

为了提升电子产品中结构件的可靠性,优化材料选择与设计是至关重要的策略。首先,在材料选择方面,应优先考虑高性能、耐腐蚀性好的材料。这意味着需要选择那些具有高强度、高韧性以及良好耐腐蚀性的材料,以确保结构件在各种恶劣环境下都能保持稳定的性能。例如,对于需要承受高温环境的结构件,可以选择具有高热稳定性和抗氧化性的材料;对于需要抵抗腐蚀的结构件,可以选择具有优异耐腐蚀性的不锈钢或钛合金等材料。其次,在结构设计方面,也需要进行优化以减少应力集中,并提高结构件的承载能力和抗疲劳性能。这可以通过采用更为合理的结构设计来实现,如避免过于复杂的结构形状,减少不必要的凸起和凹陷,以及采用圆滑过渡等。此外,还可以利用现代设计方法和分析工具,如有限元分析(FEA),来预测和优化结构件的应力分布,从而进一步减少应力集中的风险。另外,为了提高结构件的承载能力,可以采用加强筋、增厚壁厚等设计措施来增加其强度和刚度。同时,还可以考虑在结构件中添加减震元件或采用柔性连接等方式来降低其受到的动态应力,从而提高其抗疲劳性能。

3.2 改进制造工艺

为了进一步提升电子产品中结构件的可靠性,改进制造工艺是另一个至关重要的策略。加强制造过程的质量控制是首要任务,这意味着需要对整个制造流程进行严格的监控和管理,确保每一个环节都符合预定的质量标准。这包括原材料的检验、加工过程的控制、成品的检测等,任何一个环节的疏漏都可能导致最终产品的质量问题的。为了实现这一目标,采用先进的制造工艺和设备是必不可少的。例如,在焊接环节,可以采用自动化焊接技术来替代传统的手工焊接,以提高焊接的精度和一致性。同时,使用高性能的焊接设备和材料也可以显著减少焊接缺陷,如裂纹、气孔等,从而提高焊接接头的强度和重量^[3]。在表面处理方面,同样需要采用先进的工艺和设备来确保处理效果。例如,可以采用电镀、喷涂等工艺来提高结构件的耐腐蚀性,而这些工艺的参数控制(如镀层厚度、喷涂均匀度等)对于最终的处理效果至关重要。因此,需要使用高精度的设备和工艺参数控制技术来确保表面处理的质量。装配环节也是制造工艺中不可忽视的一部分。提高装配精度不仅可以减少结构件在工作时产生的额外应力,还可以提高其整体性能和稳定性。为了实现这一目标,可以采用精密的装配设

备和工艺,如自动化装配线、高精度测量设备等,来确保装配过程的精度和可靠性。

3.3 强化环境适应性设计

针对电子产品使用环境的复杂性,强化环境适应性设计是提升结构件可靠性的又一重要策略。电子产品在使用过程中,往往会面临各种恶劣的环境条件,如高温、潮湿、尘埃、腐蚀等,这些因素都可能对结构件的性能产生不利影响。因此,在设计时就需要充分考虑这些因素,并采取相应的措施来减少它们对结构件性能的影响。提高散热效率是环境适应性设计中的一个重要方面。电子产品在工作时会产生大量的热量,如果散热不良,就会导致结构件内部温度升高,进而引发热应力失效。因此,可以采用高效的散热材料和散热结构,如散热片、散热风扇等,来提高电子产品的散热效率,确保结构件能够在适宜的温度范围内工作。增加防水防尘措施也是环境适应性设计中的重要一环。电子产品在使用过程中,往往会接触到水、尘埃等杂质,这些杂质可能渗入结构件内部,导致其性能下降或失效。因此,可以在结构件的关键部位设置防水防尘圈、防水透气膜等,来阻止杂质进入结构件内部,保证其性能的稳定。此外,还可以采用耐腐蚀材料、表面涂层等措施来提高结构件的耐腐蚀性,以应对潮湿、腐蚀等恶劣环境。同时,在结构设计时,也可以考虑采用模块化设计、易拆卸结构等,以便于对结构件进行维护和更换,降低其在使用过程中的失效风险。

3.4 实施可靠性测试与评估

为了确保电子产品中结构件的可靠性,实施可靠性测试与评估是至关重要的。这一策略包括进行一系列严格的可靠性测试,如高低温试验、振动试验、冲击试验等,以模拟结构件在实际使用过程中可能遇到的各种环境条件,从而全面评估其性能和稳定性。高低温试验是为了验证结构件在高温和低温环境下的性能表现。通过将这些结构件置于极端温度环境中,可以评估其耐热性和耐寒性,以及在这些条件下材料性能的变化。振动试验则是为了模拟电子产品在运输或使用过程中可能遇到的振动环境。这种测试可以帮助发现结构件在振动条件

下的弱点,如松动、疲劳或损坏,从而确保其在实际使用中能够保持稳定。冲击试验则是为了评估结构件在受到突然冲击时的承受能力。这种测试可以模拟电子产品在意外掉落或碰撞时的情况,以确保结构件在这些极端条件下不会失效。除了可靠性测试外,失效分析也是提高产品整体可靠性的重要手段。通过对结构件进行破坏性物理分析,如拉伸测试、弯曲测试等,可以深入了解其材料性能和结构强度^[4]。而显微分析等技术则可以用于观察结构件的微观结构,从而发现可能导致失效的潜在缺陷。实施可靠性测试与评估是提升电子产品中结构件可靠性的关键策略。通过进行高低温试验、振动试验、冲击试验等一系列严格的可靠性测试,可以模拟结构件在实际使用过程中可能遇到的各种环境条件,全面评估其性能和稳定性。同时,通过失效分析技术,可以及时发现并解决结构件设计中存在的问题,进一步提高产品的整体可靠性。这一策略的实施需要专业的测试设备和技术支持,以确保测试结果的准确性和有效性。

结语

电子产品中结构件的失效模式多种多样,其失效机理复杂多变。通过优化材料选择与设计、改进制造工艺、强化环境适应性设计以及实施可靠性测试与评估等措施,可以有效提升结构件的可靠性,进而保障电子产品的整体性能和寿命。未来,随着电子技术的不断发展,对结构件可靠性的研究将更加深入和广泛,为电子产品的高质量发展提供有力支撑。

参考文献

- [1]杨喜存,惠好鹏.电子元器件可靠性与产品故障关系研究[J].环境技术,2020,(S1):42-44+55.
- [2]李旭珍,刘丙金,马安良,等.基于电子产品装联可靠性的电子元器件选型要求[J].电脑编程技巧与维护,2023,(03):35-37+115.
- [3]罗雨薇,江佳,刘倩,等.电子元器件失效分析技术探讨与展望[J].环境技术,2024,42(04):185-189.
- [4]曾北辰,张清芳,崔梦晨.电子元器件失效分析及技术发展探究[J].产品可靠性报告,2024,(02):55-57.