



行业发展引领并带动新的 电镀技术不断演进

作者：TE Connectivity 公司研究高级经理 Frank Schabert 和 Erika Crandall

RoHS 规则激发了创新的电镀压合解决方案，可以消除端子电镀和电路板安装过程中的锡和铅。

新的电镀技术

必要性激发了创新。2003 年欧盟采用铅减少有害物质 (RoHS) 法规时，连接器行业需要找到新的方法来提供可持续满足客户要求的产品和解决方案。其中一个主要问题是采用无铅材料会导致须增加锡。这些来自电子接触引脚的微观碎片 (splinters) 带来了电子短路风险增加的



铋

实际问题。这对汽车行业来说是一个特殊的挑战。随着汽车和卡车制造商将更多的电子产品和传感器以更高的密度放入车辆中，单锡须可能会带来在无系统中导电的真正风险，并且很容易导致昂贵而破坏性产品故障或召回。

一种解决方案：电镀压接式引脚。压接式引脚可提供无焊（即无铅）端子至 PCB 的连接性，足以应对恶劣环境下的汽车应用，并可用于端子和单引脚解决方案。关键连接器公司的冶金学家还设计了采用无铅材料涂覆这些引脚的新技术，而不是传统的锡铅 (SnPb) 或 100% 锡 (Sn) 电镀材料。在 TE Connectivity 公司，现在使用无锡铋 (Bi) 化合物来电镀引脚。这种新工艺被称为 LITESURF 电镀，它可将晶须风险降低 1600 多倍，是汽车应用的理想产品，包括：安全气囊控制单元、防抱死制动系统、电子稳定控制系统、传感器系统和发动机管理系统包括快速发展的电动和混合动力电动管理系统，以及日益复杂和复杂的控制架构。

消除端子工艺中的焊料具有许多优点。在系统连接到电路之前，它显着降低了连接器的热应力，减少了有害物质的整体使用，为客户提供了更好的工艺控制，并消除了过去几年经常出现的焊接错误，如焊剂残留物和冷焊点，这些都造成了质量控制问题。TE Connectivity 的质量控制系统记录每个 PCB 插入情况，从而在整个车辆使用寿命期间为下游提供更多的信息优势。经过多年的调查和测试，TE 发现焊接连接失败的可能性是压接连接的 10 倍。

由于压接引脚可提供多种电镀和底板选择，锡须仍然是许多材料和电镀工艺的挑战。Bi 基电镀提供的材料沉积与锡相似，但几乎没有晶须风险，并且是一种经济实惠

的无毒金属，这对其被电子系统的长期接受和应用至关重要。TE 的 Bi 基电镀工艺也不需要镍 (Ni) 底层或贵金属添加剂，这进一步减少了材料成本和生产时间。

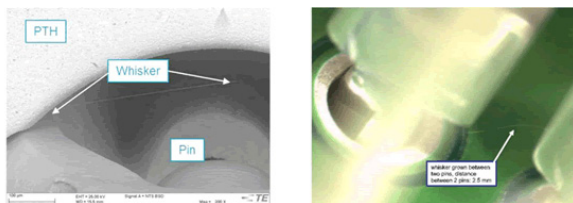


图 1: 锡须从镀锡通孔中的顺应引脚伸出的两个例子。左侧是多弹簧引脚的扫描电子显微照片 (SEM) 图像。右侧是锡须跨越相邻引脚的立体显微镜图像。

基于 Bi 的 LITESURF 电镀技术的沉积工艺遵循典型的电镀生产线步骤，并且可以在没有额外工艺改变的情况下实施。多弹簧信号引脚是采用全自动室内生产线在铜合金基材 (CuSn6) 上进行卷对卷电镀。目测检查后，将引脚插入 PCB 中，然后再进行后续测试。浸渍锡 (iSn)、浸金 (iAg) 和有机可焊性防腐剂 (OSP) 表面处理的 PCB 都经过测试以确认 Bi 镀层的有效应用和兼容性。极限最小和最大镀通孔 (PTH) 直径也进行了测试，以证明该 Bi 镀层的高可靠性。

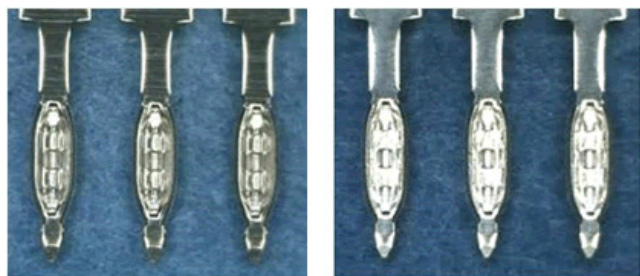


图 2: 具有 Bi 镀层 (左) 和镀 Sn (右) 的多弹簧引脚。

对于每个测试的 PCB / PTH 组合，在储存 6 周和 12 周后，在室温和平均湿度条件下，至少要调查 200 个引脚的晶须生长情况。对于 iSn 电镀的 PCB，由于 PTH 产生锡须的可能性增加，因此要研究 300 个引脚。还要记录压入 / 拉出力，检查压入引脚的微小部分是否有 PCB 变形。

其他测试包括一系列极端的环境暴露，如热冲击、气候变化、干热储存和在不同的 PCB 中混合气体，这次为每个 PCB / PTH 组合测试了 40 个压入引脚。使用四点法在压入之后首先在每个引脚上测量接触电阻，然后在每个顺序老化测试之后连续地测量。在进行接触电阻测量后直接将 PCB 转移至下一个老化环境。记录每次单独老化测试后接触电阻的变化。经过所有环境测试后，再次检查 PCB 的晶须生长情况。

所有外观检查、微观部分、压入 / 拉出和接触电阻测量均按照 IEC 60352-5 无焊连接标准执行。然而，环境老化测试超出了这个标准，因为考虑到全球汽车应用需要坚固耐用、高可靠性的系统，以承受强烈的机械和环境条件。所有的晶须成像和长度测量均根据 JEDEC 标准号 22-A121A 进行，并且在光学系统中发现的具有晶须状物体的任何引脚都使用扫描电子显微镜 (SEM) 进行研究以确认有效性。

所有晶须生长调查分别在 TE 和外部公司之间进行，以确保结果的真实性。

由于 LITESURF 电镀是针对压接引脚应用而设计的，因此确认良好电气接触的最重要特性之一是稳定可靠的接触电阻。在气候变化环境之后，测试中记录的最高记录电阻增加量为 $0.23\text{m}\Omega$ ，小于 IEC 60352-5 中规定的最大可接受电阻增量 ($0.5\text{m}\Omega$) 的一半，这有效证明了电镀的高可靠性。

在进行了从射线照相检测 (RT) 到一系列极端环境暴露的所有各种孵育测试之后，再次研究了晶须生长。无论 PCB / PTH 组合如何，超过 2500 个镀 Bi 引脚的研究都没有产生超过 $100\ \mu\text{m}$ 的单个晶须或类似晶须的物体，而研究了 300 个薄 (即较低晶须风险) Sn 镀层引脚只发现了 12 个长度超过 $100\ \mu\text{m}$ 的晶须。

因此，很显然，这种新开发的 Bi 镀层技术实现了非常可靠的沉积，在压接引脚上具有出色的性能，并具有通用 PCB 兼容性，并可靠地减轻晶须引发故障的风险。虽然它不是 100% 无须晶须的技术，但与 Sn 电镀相比，它减少了晶须风险的显著新水平，与锡电镀相比，减少了几个数量级的晶须引起故障的可能性。

汽车技术的演变需要新的连接器技术

在这个电动动力总成、自动驾驶和车载连接时代，随着越来越多的计算机和传感器驱动系统被添加到车辆中，需要新一代技术解决方案来实现持续创新，并满足日益严格的法规要求和可持续性标准。LITESURF 电镀代表了 TE 可持续发展承诺的新高标，为汽车设计工程师提供了一种用于无铅电子产品安全、全新、高性能解决方案。■