

免焊接解决方案以及在 Pin&Holder 中的应用

在 IGBT 系列模块中，如需将管脚垂直引出，我们会采用 pin&holder 方案或者其他等效的解决方法。其中，pin&holder 的工艺灵活性和可扩展性极高，以应对各种复杂的设计需求。随着越来越多免焊接方案的车规级模块推向市场，如何提供可靠的免焊接解决方案显得尤为关键。本次我们将重点讨论车规级的 Press-Fit 技术及其在 pin&holder 方案中的应用，从而展示其在实现管脚垂直引出过程中的重要性和优势。

作者：杭州中好蔚来电子有限公司 赵军

Holder 与直 Pin 或免焊接端子 (Press-Fit Pin) 结合成一体，形成了一个紧密耦合的单元，可以将模块中的小电流端直接垂直引出。在 Pin 与 PCB 的连接工艺方面，直 pin 采用的是锡焊方式，而免焊接端子则通过压接方式实现与 PCB 的牢固组装。由于 Press-Fit 兼具高连接可靠性、无铅环保要求、便捷的替换维修等诸多优势，其在未来的应用领域将得到更广泛的推广和采纳。

本文将从以下三个关键问题点探讨该方案：

- 1、免焊接端子 (Press-Fit Pin) 技术介绍
- 2、免焊接端子 (Press-Fit Pin) 和传统焊接 pin 相比的优劣势
- 3、免焊接端子 (Press-Fit Pin) 在 Holder&Pin 的应用

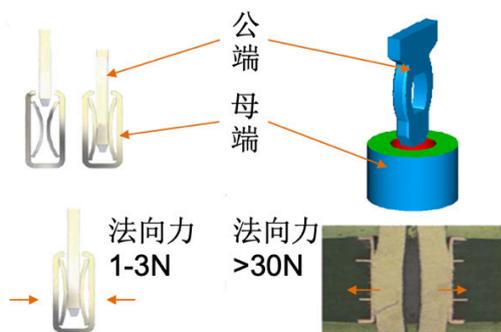


图 1：传统的插拔结构和 Press-Fit 的结构对比

免焊接端子 (Press-Fit Pin) 技术介绍

Press-Fit 技术是一种特殊的连接方式，通过将特制的冲压端子插入到印刷电路板 (PCB) 的电镀通孔 (PTH) 中，利用端子 Press-Fit 区域的持续弹性形变对 PCB 电镀通孔 (PTH) 产生持

久的法向力，从而在无需焊接的情况下，实现在整个生命周期中都可保持的电气和机械连接的稳定性。此技术的出现，为复杂使用环境下的稳定性和可靠性需求提供了有效的解决方案。它目前已被广泛应用于汽车传感器、电子控制单元 (ECU)、防抱死制动系统 / 电子稳定程序 (ABS/ESC) 等关键设备中。

常见的 Press-Fit 结构有大概如下四种：

- 1、鹰眼结构；
- 2、刺破针；
- 3、“C”形针；
- 4、“H”或其他挤压针

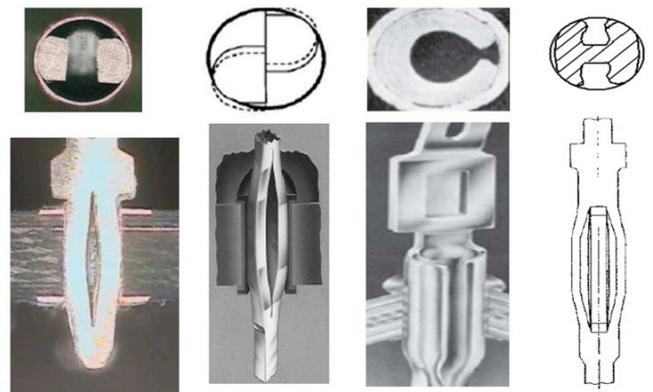


图 2：常见的几种 Press-Fit 结构

并非所有的 Press-Fit 设计都能够汽车行业中安全可靠地应用，这就要求设计和测试必须满足汽车电子领域的各项要求，符合国际标准如 IEC、EIA 和 SAE 等。

相较于实心插针（刺破针、挤压针），弹性压入的鹰眼针在汽车行业中更为常见。这是因为弹性鹰眼针能够显著降低对电镀通孔（PTH）施加的应力，从而提高了连接的可靠性。因此，实心鹰眼针在汽车行业中的应用实例相对很少见。



图 3：刺破针或挤压针

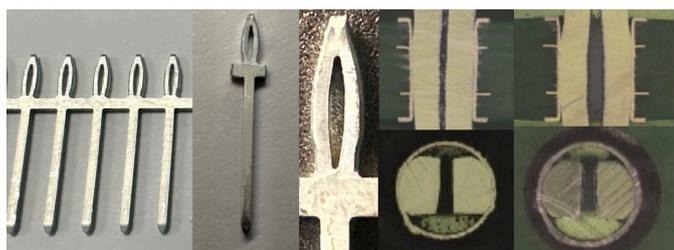


图 4：弹性鹰眼针

根据功能区划分，可以将鹰眼针大致分为 5 个区域。下表详细列出了各个功能区的位置、名称以及功能：

Press-fit结构	功能区	区域功能说明
	端子补强区	提供端子本身强度，防止插入时弯曲或异常
	过渡区	连接插入区和保持力区，使插入平稳
	保持力区	产生插入力(第二波峰)及保持力
	插入区	产生插入力(第一波峰)
	预插区	将press-fit部分导入到PCB

图 5：弹性鹰眼针功能区

Range of frequency	10 Hz to 55 Hz	10 Hz to 500 Hz	10 Hz to 2 000 Hz
Full duration	2 h	6 h	6 h
Displacement amplitude below the cross-over frequency	0,35 mm	0,35 mm	1,5 mm
Acceleration amplitude above the cross-over frequency	-	50 m/s ²	200 m/s ²
Directions	Three axes	Three axes	Three axes
Number of sweep cycles per direction	8	10	8

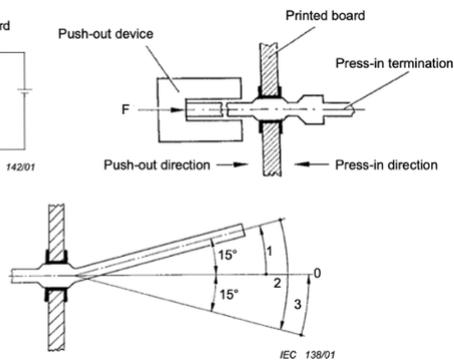
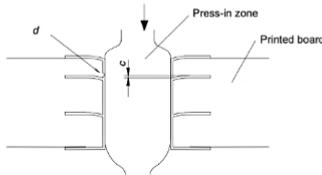
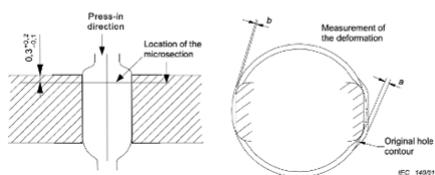


图 6：IEC60352-5 中个别测试项

在将 Press-Fit 技术应用于汽车行业时，研发阶段需要进行大量的测试以满足一系列标准，例如 IEC60352-5 等。这些测试包括但不限于外观检查（晶相检查）、锡须检测、弯曲实验、插拔力实验、接触电阻、温度循环、振动测试等。在模具设计和加工环节，需要建立企业内部标准，以确保模具的一致性。而在生产过程中，需要进行一致的过程管控，以符合企业内部标准并监控可实施的群组测试。这些措施都旨在确保 Press-Fit 技术在汽车行业的可靠应用。

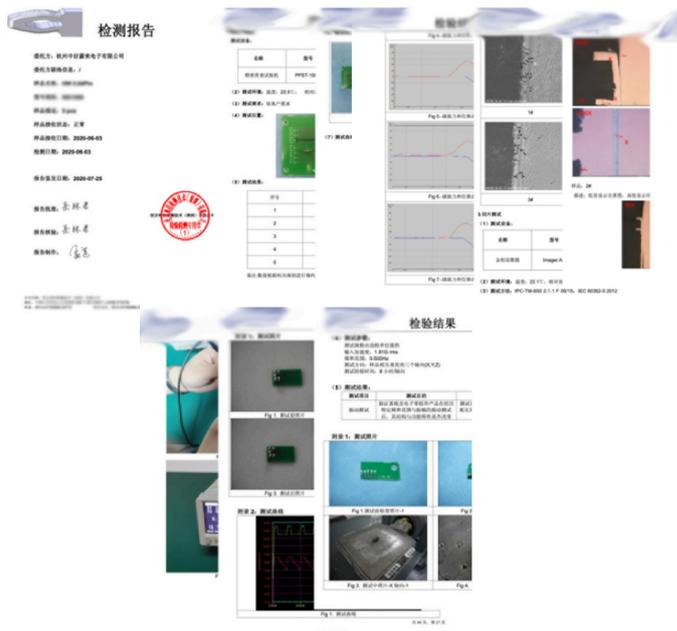


图 7：中好蔚来 Press-Fit 第三方群组测试报告

免焊接端子 (Press-Fit Pin) 和传统焊接 Pin 相比的优劣势

在工艺方面：

传统的 PCB 板焊接存在一些固有问题，例如：

- 1、焊接过程会释放大量热量，可能导致电子元器件损坏并降低其寿命；

Bodo's 功率系统 Bodo's Power Systems®

《Bodo's 功率系统》杂志是一本面向全国及海外的专业科技期刊，全面覆盖嵌入式电源、设计测量、电池、便携式电源、数字电源、设计与模拟、大功率开关、高压变换器、IGBT、热能管理等科技发展与产品应用。

为了满足广大读者的需求，为行业用户提供实用的应用案例，本刊特向业内的广大专家、教授、学者、工程技术人员诚证稿件。感谢您能在百忙之中将您的观点、应用经验与大家分享。

所投稿件内容应有较高学术水平，语言流畅、逻辑关系明确。

投稿作者需提供详细的作者联系信息，如工作单位名称、电话、通讯地址、邮箱等，以方便联系。

投稿邮箱 BPSC@i2i-m.com.cn,

投稿时，请在邮件主题栏注明“投稿”字样！

- 2、漏焊、虚焊、冷点、空洞、飞溅和裂缝等焊接质量缺陷不易察觉；
- 3、在震动、高温高湿等极端条件下，焊接容易开裂甚至脱落；

相比之下，Press-Fit 工艺具有以下优点：

- 1、组装过程简单；
- 2、可以轻松更换损坏的 Pin 针进行维修；
- 3、不涉及传统焊接的质量问题，无需加热，不会损坏元器件；
- 4、提供高强度连接，能够抵消使用过程中的轻微震动。

在可靠性方面：

Press-Fit 技术已经成熟应用于市场，与传统手工焊接及其他连接方式相比，Press-Fit 的可靠性是传统手工锡焊的 100 倍。

工艺技术	导体直径 (mm ²)	故障率 λ 1)	说明： 标准/指南
焊接手动	-	0.5	IPC 6102), 2 类
自动	-	0.03	
All/Au 引线键合	-	0.1 0.1	28 μm /模型焊 25 μm / 球焊
卷绕	0.05 - 0.5	0.002	DIN EN 60352 - 1 / IEC 60352 - 1 CORR1
卷边手动	0.05 - 300	0.25	DIN EN 60352 - 2 / IEC 60352 - 2 A 1+2
自动	-	-	-
夹子	0.1 - 0.5	0.02	DIN 41611 - 4
PressFIT	0.3 - 2	0.005	IEC 60352 - 5
绝缘穿刺线夹	0.05 - 1	0.25	IEC 60352 - 3 / IEC 60352 - 4
螺丝	0.5 - 16	0.5	DIN EN 60999 - 1
端子 (弹力)	0.5 - 16	0.5	DIN EN 60999 - 1

1) 1 FIT = 1 x 10⁻⁹ 1/h; (每 109 部件小时一个故障)
2) PCB 的验收条件

图 8：西门子企业标准 SN 29500-5 /2004-06 版第 5 部分显示不同连接技术的故障率

免焊接端子 (Press-Fit Pin) 在 Holder&Pin 的应用

在特定使用环境下，IGBT 功率模块需要采用垂直引出的方案。目前行业内主要有两种垂直引出方案：

1、一体化端子 (例如钉子、一体化 Press-Fit 和 S 形 Pin)：这种方案将端子与底座一体化设计，端子另一端直接插入印刷电路板中的电镀通孔，形成稳固的连接。

2、分体化端子 (例如 Holder+Pin)：这种方案由 Holder 和 Pin 两部分组成。Holder 是一个承载结构，用于固定和支撑 Pin 针，而 Pin 针则用于插入电镀通孔。

在非车规级应用环境或出于成本考虑，图 9 左 1 和左 2 的方案具有一定的意义。这两种方案的缺点在于它们无法扩展为 Press-Fit 方案。图 9 左 2 的方案可以在应用过程中缓冲细微震动，但夹取和一致性方面可能存在难点，以及其他应用方面的风险。其余三种方案同样存在固定治具和夹取方面的难点。



图 9: 蔚莱在制一体针示意图



图 10: 蔚莱在制分体针示意图

图 10 所示的分体方案是主流方案。该方案具有工艺灵活度高和拓展性强的优点。底座焊接方案可以选择锡焊、超声波焊接等不同方式。而插针方案可以选择方针、鹰眼针等不同类型的针脚。电镀方案也可以根据具体情况进行选择。

然而，分体方案中实心针的 Press-Fit 连接（图 10 左 1）几乎不再在汽车行业中使用。在车规级应用中，更多的考虑是使用已经广泛应用于汽车行业的弹性鹰眼 Press-Fit 结构（图 10 右 1）。这两种方案的成本差异微乎其微。



图 11: 蔚莱在制的弹性鹰眼针在汽车零部件的应用

蔚莱在弹性鹰眼针方面拥有多年的应用、设计和生产经验，并制定了自己的企业标准，其产品已被国内外知名汽车制造商广泛应用于汽车零部件。希望以后在 IGBT 垂直引出方面与大家分享更多的经验。

<http://www.zhweilai.com>

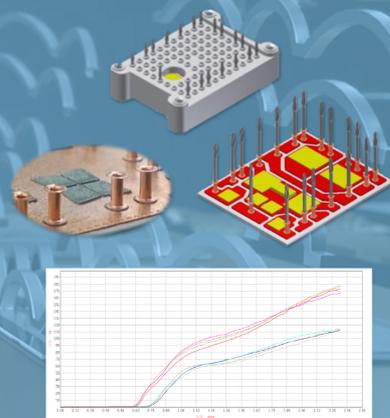
专业 Terminal holder 制造厂家



专利号：
202030071480.7



专利号：
CN109300872A



杭州中好蔚莱电子有限公司
地址：浙江省杭州市钱塘区16号大街11号 网址：<http://www.zhweilai.com>
E-mail: Jason.Zhao@zhweilai.com 电话：+86 17767053550 (赵军)

