

# Underfill 技术概论

---

## Contents

摘要.....	2
1 underfill 的概念 .....	2
1.1 什么叫 underfill .....	2
1.2 Underfill 的应用原理.....	2
1.3 Underfill 的填充物的流动现象.....	2
1.4 Underfill 技术的发展历史.....	2
2 underfill 的应用范围及其与 overfill 的关系.....	3
3 underfill 填充材料介绍 .....	3
3.1 材料构成.....	3
3.2 材料的主要应用参数.....	3
3.3 化学安全性及处理措施.....	3
4 underfill 设备介绍 .....	3
4.1 设备分类.....	3
4.2 设备的工作原理.....	4
5 underfill 工艺 .....	4
5.1 环境要求.....	4
5.2 喷胶方式.....	4
5.3 工艺步骤.....	5
5.4 返修工艺.....	6
6 Underfill 材料的验证款项及验证方法.....	6
6.1 underfill 的验证款项 .....	6
6.2 underfill 的验证方法简介 .....	6
7 underfill 的发展趋势探讨 .....	7
8 参考 .....	7

## 摘要

Underfill 工艺是伴随着 SMT 封装工艺而产生的附加工艺，在电子行业应用较为广泛，笔者从多年的 underfill 技术工作中总结出 underfill 工艺涉及的方方面面，从 underfill 的材料和设备及 underfill 技术发展史谈起，再谈到 underfill 具体的实施和验证环节，最后提及 underfill 技术的发展趋势，整体上来说，是一部有意义有价值的参考文献。

## 1 underfill 的概念

### 1.1 什么叫 underfill

Underfill 简单来说就是底部填充之义。

常规定义是一种用化学胶水（主要成份是环氧树脂）对 BGA 封装模式的芯片进行底部填充，利用加热的固化形式，将 BGA 底部空隙大面积（一般覆盖 80%以上）填满从而达到加固的目的，增强 BGA 封装模式的芯片和 PBA 之间的抗跌落性能。

Underfill 还有一些非常规用法，是利用一些瞬干胶或常温固化形式胶水在 BGA 封装模式芯片的四周或者部分角落部分填满，从而达到加固目的。

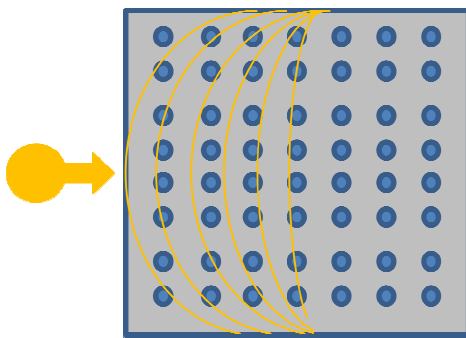
### 1.2 Underfill 的应用原理

Underfill 的应用原理是利用毛细作用使得胶水迅速流过 BGA 芯片底部，其毛细流动的最小空间是 10um。

这也符合了焊接工艺中焊盘和焊锡球之间的最低电气特性要求是 4um 的基本要求，因为胶水是不会流过低于 4um 的间隙，所以保障了焊接工艺的电气安全特性。

### 1.3 Underfill 的填充物的流动现象

Underfill 的流动现象是反波纹形式，见下图，黄色点为 underfill 的起点位置，黄色箭头为胶水流动方向，黄色线条即为 underfill 胶水在 BGA 芯片底部的流动现象，于是通常 underfill 在生产流水线上检查其填充效果，只需要观察 underfill 点胶点的对面位置是否能看到胶水痕迹即可判定。



### 1.4 Underfill 技术的发展历史

Underfill 经历了：

手工——喷涂技术——喷射技术三大阶段，目前应用最多的是喷涂技术，但喷射技术以为精度高，节约胶水而将成为未来的主流应用，但前提是解决其设备高昂的问题，但随着应用的普及和设备的大批量生产，设备价格也会随之下调。

## 2 underfill 的应用范围及其与 overfill 的关系

underfill 的应用范围总体上来说不局限于 BGA 封装，对于大元件插件安装等也有加固效果，总体来说，在电子元件封装领域，大凡遇到跌落实验通不过的情况，均可以尝试 underfill，也有应用采用 overfill 来解决加工问题，但是因为 overfill 返修情况不是很好，所以采用 overfill 方案基本上满足两个要求：一是基于保密性要求，二是小的贴片元件，如电阻电容等，解决其电磁干扰问题。

## 3 underfill 填充材料介绍

### 3.1 材料构成

材料主要由环氧树脂，卤素（对固化有影响，可选），Fillers 构成。

### 3.2 材料的主要应用参数

有效期，颜色，存储温度，回温时间，最佳流速温度，固化温度，玻璃化温度，粘稠度。

### 3.3 化学安全性及处理措施

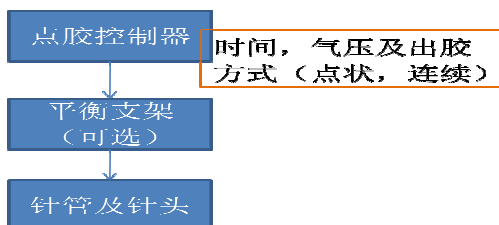
需要注意的有：A 皮肤过敏现象；B 不能进入眼睛；C：不能吞食  
对于 A 现象需要增加操作人员防护措施，避免和胶水的直接接触。  
对于 B 现象，发生时要用大量清水冲洗。  
对于 C 现象，发生时要及时就医。

## 4 underfill 设备介绍

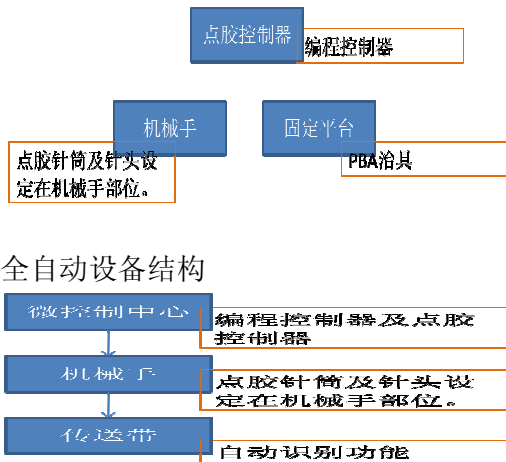
### 4.1 设备分类

总体上来说，设备可以分为手动，半自动和全自动。

手动设备结构：



半自动设备结构：



## 4.2 设备的工作原理

手动设备：由人工控制点胶控制器及点胶位置，从而实施 underfill 操作。点胶控制器主要由时间，气压及喷胶方式三个主要参数构成。

半自动设备：在受程序支配的机械手移动到平台治具上时，点胶控制器也在程序的支配下进行点胶动作。PBA 由操作人员放置在平台治具上。

全自动设备：由微控制中心自动识别 PBA 及确定点胶位置，然后由程序对机械手和点胶控制器同时控制，操作人员需要将 PBA 放置在传输带上，通常也需要配合普通治具作为载体。较高级的全自动设备还具有检验的功能。

## 5 underfill 工艺

### 5.1 环境要求

Underfill 工艺本身对环境要求不是很高，但因为涉及到 PBA 封装，所以对环境也有了一定的限制，通常情况下：

温度：20~30 摄氏度；

湿度：40%~60%；

清洁度：ISO 9 以上；

ESD 要求：表明触摸阻抗在  $10^6 \sim 10^8$  欧姆之间；

### 5.2 喷胶方式

A 点状

B 划线

C jet 形式

其中 A 和 B 均属于喷涂方式，而 C 属于喷射方式。

其中手动操作可以完成的工艺为打点，但划线和喷射需要结合设备来完成。虽然手动也可以划线，但因为滑动速度等不均匀，使得工艺可控制程度不高。

### 5.3 工艺步骤

工艺步骤：烘烤——预热——点胶——固化——检验。

烘烤环节，笔者不做详细的工艺参数规定，建议各个厂家在实施时可以通过下列方法来确定参数：建议在 120—130° C 之间，温度过高会直接影响到焊锡球的质量。取样并通过不同时间段进行称量 PCBA 的重量变化，直到重量丝毫不变为止。为什么要做烘烤这一步骤呢？通常填充物为聚酯类化合物，与水是不相溶的，如果在实施 Under fill 之前不保证主板的干燥，容易在填充后有小气泡产生，在最后的固化环节，气泡就会发生爆炸，从而影响焊盘与 PCB 之间的粘结性，也有可能导导致焊锡球与焊盘的脱落，所以说如果有气泡的话，其效果比没有实施 Under fill 效果还要差。烘烤流程中还要注意一个“保质期”的问题，即烘烤后多长时间内必须消耗库存，笔者在这里也给出试验方法，通常将烘烤合格后的 PCBA 放在厂房环境里裸露，通过不同时间段进行称量，通常到其重量变化为止。在烘烤工艺中，参数制定的依据 PCBA 重量的变化，重量单位通常为  $10^{-6}$  g。

预热环节：这一环节不是必要环节，取决于所用填充物的特性。其目的主要是加热使得填充物流动加速。因为当今的组装行业大都是流水线作业，线平衡成为考量流水线体质量的重要指标，既不能让 Under fill 成为流水线中的浪费，更不能让它成为瓶颈。反复的加热势必会使得 PCBA 质量受到些许影响，所以建议这个环节建议温度不宜过高，建议控制在 70° C 一下，具体参数确定方法为：在不同温度下对典型 SMA 元件实施 under fill，测量其完全流过去所需要的时间，根据线体平衡来确定所需要的温度，同时也建议参考填充物供货商的最佳流动所需要的温度做为参数。

填充环节：通常实施方法有操作人员的手动填充和机器的自动填充。无论是手动和自动，一定需要借助于胶水喷涂控制器，其两大参数为喷涂气压和喷涂时间设定。不同的产品，不同的 PCBA 的布局，所用的这两个参数不同，使用者可以根据具体产品来具体确定，因为填充物的流动性，笔者这里给出两个原则：1 尽量避免不需要填充的元件被填充；2 绝对禁止填充物对扣屏蔽罩有影响。依据这两个原则可以确定喷涂位置。

检验环节：在流水线作业中，我们只能借助于放大镜对填充后的效果进行检查。通常稳定的填充工艺参数可以保障内部填充效果，所以应用于量产前，我们需要对填充环节中的效果须要做切割研磨试验。此试验为破坏性试验，目的是看内部填充效果，当然 100% 的填充效果是不可能的，原因有二：1 填充物的流动是根据毛细作用而流动，所以内部焊盘分布和 PCB 基面都会对流动造成一定影响；2 填充物与焊盘的兼容性不是 100% 的，所以填充物不能完全包住焊盘。覆盖率的确定需要参考下列两个标准：1 跌落实验结果合格，这是 Under fill 在加强 PCBA 可靠性方面最为重要的一个方面；2 企业的质量要求，如果要求覆盖率太高，势必造成报废率的提高，所以通常填充物的覆盖率是在满足跌落实验的基础上，又不会造成报废的基础上给出一个合适的参数。业内大部分的标准是 75% 左右。计算覆盖率的公式是：填充物覆盖面积/元件面积 × 100%，填充物的覆盖面积需要在放大镜下进行估算。在经过切割研磨试验得到验证后，用稳定的参数在流水线上，直接用放大镜观察效果即可，通常观察位置在实施 under fill 位置的对面，所以不建议采用“U”型作业，通常用“一”型和“L”型，因为采用“U”型作业，通过表面观察的，有可能会形成元件底部中间大范围内空洞。

固化环节：固化条件往往需要根据填充物的特性来制定 profile 曲线，这也是选取填充物的一个重要条件。温度过高，仍然会造成对焊锡球的影响，甚至影响到很多其他元器件特性。通常建议采用 160° C 以下的条件去实施。对于固化效果的判定，有基于经验的，也有较为专业的手法。经验类的手法就是直接打开底部填充后的元器件，用尖头镊子进行感觉测试，如果固化后仍然呈软态，则固化效果堪忧。另外有一个专业手法鉴定，鉴定方法为“差热分析法”这需要到专业实验室进行鉴定。

## 5.4 返修工艺

Underfill 的返修取决于胶水的返修性能和操作人员的技术手法。

返修步骤：芯片周围胶水铲除—摘件—产胶。

芯片周围的胶水铲除方式和底部胶水铲胶方式类似，通常采用下加热，上产胶方式。铲除胶水的条件是在表面温度达到 120 摄氏度时候，用棉签沾丙酮反复擦去固化后的环氧树脂胶水。

摘件需要用热风枪对着芯片背部吹，逐步用镊子去松动芯片，直至整个芯片脱落与 PBA，通常温度设定为 300~420 度（根据芯片大小及焊盘大小而定），芯片表面实际温度达到 200~300 之间。

## 6 Underfill 材料的验证款项及验证方法

### 6.1 underfill 的验证款项

通常很多企业会对一些胶水材料进行验证，那么如何验证呢？需要注意哪些环节，笔者结合经验给出一些建议，按照验证事项的重要等级进行排列：A>B>C>D；

- A：安全规则：需要满足 RoHS Compliance 规则；
- B：可靠性：Drop Test；Bend Test；Thermal Cycling；
- C：工艺性：检验时可观察性；焊锡与胶材料的兼容性；可返修性；预热条件，固化条件，流动性（最好常温流速能达到需求），均匀性（和点胶机配合出胶是否均匀，通常和胶材料的均匀度有关系）
- D：使用性：存储条件；运输条件；回温条件；玻璃化温度（和返修关系较大）

### 6.2 underfill 的验证方法简介

本章节的验证标准需要结合各个企业的研发设定的验证条款而有区别，笔者只是列举一些常规的应用标准：

- A：安全规则：  
RoHS Compliance 规则是国际统一规则，需要由专业的检测机构完成；参考如下标准：  
铅、镉、汞、六价铬、多溴联苯(PBB)、多溴二苯醚(PBDE)等六种有害物质需要满足标准 SJ/T 11363-2006、SJ/T 11364-2006、SJ/T 11365-2006、GB 18455-2001 之规定。
- B：可靠性：Drop Test；Bend Test；Thermal Cycling；  
Drop test：通常结合产品和 PBA 一起做跌落实验，常规有垂直跌落和混合跌落。

**垂直跌落:** 设定一定高度做自由跌落, 通常高度为 1.5 米, 反复跌落 6 次。注: 这些参数需要根据研发产品而定。

**混合跌落:** 放置在一个类似与滚筒洗衣机的设备里进行滚动, 滚动次数也要结合成型产品而定。

**Bend Test:** 通常对 PBA 做弯曲实验, 弯曲程度由研发根据产品不同而设定。

**Thermal Cycling:** 冷热冲击实验, 通常是将产品迅速上升至 80~200 度之间的某个温度, 再将产品常温恒温保持一段时间, 再迅速降至零下 40 度, 反复做 500~1000 次。参数也要结合具体产品。

- **C: 工艺性:**

检验时可观察性: 根据毛细现象, 在实施点胶部位对面进行检验;

焊锡与胶材料的兼容性: 混合程度;

可返修性: 在返修台实际操作, 根据胶水厂家给出的温度标准进行操作;

预热条件: 加热至不同温度, 对胶水流动速度进行计时, 观察最佳效果;

固化条件: 需要采用差热分析法, 根据能量损失来计算书固化百分比;

流动性: 最好是常温流速达到需求, 如果达不到, 需要结合预热条件来计算出流动速度, 总的目标是满足生产产能需求;

均匀性: 称量重量方法是最精确的, 采用网格塑料观察法也可以达到基本需求。

- **D: 使用性:**

存储条件: 见供应商的 MSDS;

运输条件: 见供应商的 MSDS;

回温条件: 见供应商的 MSDS;

玻璃化温度: 见供应商的 MSDS; 这点需要强调一下, 玻璃化温度和固化温度是一对不可调和的参数, 如何达到平衡, 是材料厂家需要研究的问题, 通常玻璃化温度高, 固化温度会低, 但是返修成功率却会降低。

## 7 underfill 的发展趋势探讨

Underfill 的应用可以拓展至模块封装领域, 这样可以完成贴片和焊线工艺的融合, 但需要配合研发将圆晶芯片的电路设计和模块载体的设计重新打破传统模式进行设计。ACP (同向异性导电胶水) 技术和 jet (非接触式喷射技术) 技术为实现这一构想提供了基础;

underfill 工艺也可以正式列入 SMA 工艺, 完成组件粘贴工作, 这一领域的拓展, 需要结合导电胶技术的发展。

而技术拓展的基础是精度的发达, 从精度控制上来说, jet 非接触式技术的出现, 为这些应用的拓展开辟了新的领域。

## 8 参考

N/A