

SMT 连接器用工程塑胶

本文介绍 SMT 连接器用的一些工程塑胶及其特性。SMT 连接器用工程塑胶的要求为耐温性、尺寸安定性、耐燃性及耐化学品性优良。可用来设计 SMT 连接器的工程塑胶有尼龙 46、PCT、PPS、LCP 及尼龙 6T 等，各有其特色。而在选择这些材料时应注意成本、性能、可靠性及服务等重点。

前言

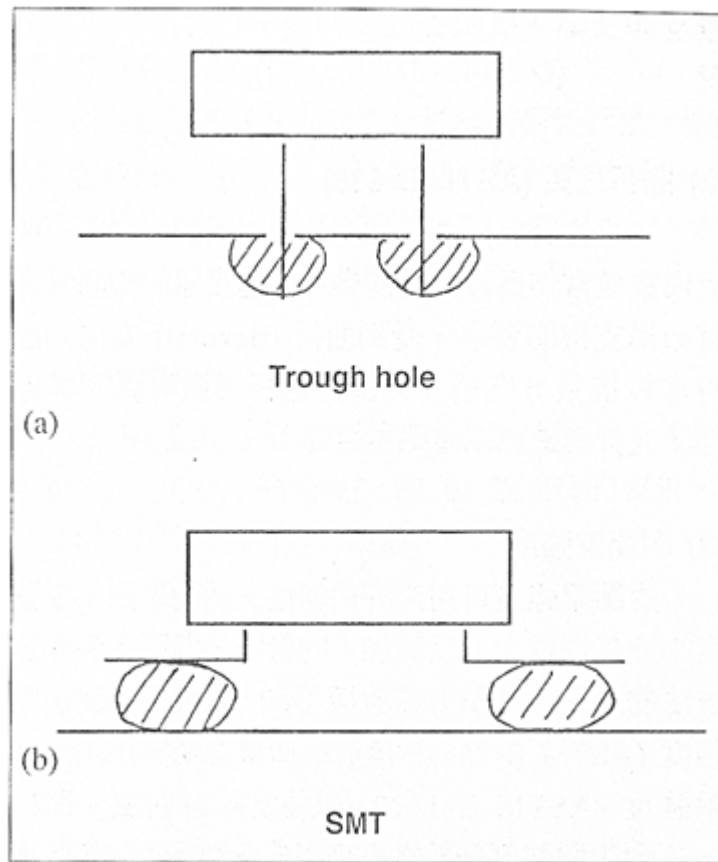
连接器(connectors)为电子连接器的简称,指的是用于电子讯号与电源上的连接元件及其附属配件。从电子构装的观点来看,连接器是互相连接的部份而可离合或替换的插接件。换言之,连接器为所有讯号间的桥梁,其品质有时可影响到电子产品的运作。因此,连接器在电子产品上亦占有重要角色。目前,全球的连接器市场规模约 250 亿美元,而台湾的市场需求亦达约 160 亿新台币,显示连接器工业的重要性。

连接器为电子电气等产品的连接用插接件,其发展趋势完全依其应用产品而定。随着电子机器高性能化及小型化的要求,连接器的走向将朝窄间距化,多芯化 SMT(表面粘装技术化),低背化(low profile)及复合化。此潮流亦改变了传统的连接器设计观念。基本上,连接器通常是由可绝缘的塑胶零件及可导电的金属接脚组件所构成。在插装(through hole)焊接且接脚数较少时,对于塑胶材料的要求并不是太高,如聚碳酸酯(即聚对苯三甲酸丁二酯(PBT)及尼龙 66 皆可使用。然而,随着接脚密度的提高及 SMT 化后,对于塑胶的要求愈来愈高,尤其是耐热性及尺寸安定性,使得设计 J 连接器上已逐渐选用耐高温工程塑胶。典型的耐高温工程塑胶如聚苯硫氧化物(PPS),尼龙 46' 液晶聚合体(LCP)及尼龙 6T 等各有其优缺点。若能对这些工程塑胶的特性有深入的了解,将有助于连接器幸的设计。本文将从 SMT 的要求,工程塑胶在连接器应用上所需的性质与评估方法作一整体性的介绍,随后再讨论各种 SMT 连接器用的耐高温工程塑胶。

表面粘装技术(SMT)

图 1 为传统的插装(through hole)与表面技术(SMT)的示意图。在传统的插装方式中令件上的接脚穿过印刷电路板的孔洞,再由熔融能锡将金属接脚与电路板上的金属部位焊接在一」焊锡施用的方式可利用烙铁或焊枪加以点焊用熔锡喷枪加上扰流焊锡喷嘴(波焊),或浸入溶砂锡炉中(浸焊)。在 SMT 中,零件的金属接脚(或无接脚零件的金属部位)与电路板的金属部位以锡膏粘在一起,再于高温下将锡膏熔化而完成焊接,将锡膏熔化的加热方式可利用烘箱,高温蒸气相(vapor phase soldering)及红外线(IR soldering)等。以红外线熔焊最为普遍。

图 1. 插装与表面黏装示意图



与传统的插装比较 SMT 有许多的优点。SMT 可适用于高接脚密度零件的焊接，例如接脚间距 (pitch) 若小到 0.5 mm 传统的插装技术已不符使用，必须使用 SMT 技术。易于自动化是 SMT 的第二个优点。随着 SMT 焊接设备的进步，自动化已是明显的趋势。由于 SMT 设备及其周边的进步，焊接的生产速率高。SMT 的第四个优点为适用于高频应用零件的组装。在高频应用上，金属间的电感应 (电感及电容) 变得不可忽略，因此金属线是愈短愈好。使用 SMT 零件可使接脚设计到最短的境界，在高频应用上是非常有利的。

连接器通常是由绝缘性塑胶及金属接脚组件所构成。在焊接时通常使用锡或锡合金来将金属接脚与电路板上的金属部位粘焊在一起。锡的熔点为 232°C 欲使其能达到粘接的目的，必须将锡加热至高于熔点。因此，连接器的塑胶零件必须能够耐高温，才能维持其结构及尺寸安定性。然而，连接器的塑胶零件的耐温性却因焊接方式的不同而有完全不同的需求。使用烙铁或焊枪来焊接时，焊接点附近的温度可能高达 350°C ，因此焊接点附件的材料必须能在 350°C 维持数秒钟。但是塑胶零件与焊接点有一段距离，此时塑胶材料的耐温性的要求不高。对于传统的插装，若使用浸焊时，电路板的底部在锡炉中与熔融焊锡接触，这时焊接点附近的材料通常必须能在 250°C 下维持数秒钟。然而，塑胶零件与焊接点仍有一段距离，如图 1 (a) 所示，因此，塑胶零件的耐温性并不需高到 250°C 。但是锡炉中的温度仍相当高，再加上过锡炉时，由熔融焊锡所传来的热量使塑胶零件仍处于相当高的温度环境下。因此，浸焊用连接器的塑胶零件的耐温性通常需要在 200 至 220°C 下维持数秒钟。在 SMT 中，金属接脚先以锡膏粘接于电路板的金属部位上，再加热将锡膏熔化。如图 1 (b) 所示，SMT 中焊接点与塑胶零件的距离较短、且加热熔化锡膏时是整体的加热，塑胶零件所受的高温环境与焊

接点附近是类似的。因此 SMT 连接器的塑胶零件必须能够耐更高的温度，典型的耐温性为在 2' 50° C 下维持 5 秒钟。换言之，SMT 连接器所用的塑胶材料必须有最佳的耐热性。

除了耐温性 (~250° C) 外，SMT 连接器用塑胶还有其他的要求。优良的尺寸安定性，耐燃性及耐化学品性便是重要的要求。以下将从性质与评估方法来说明 SMT 连接器用塑胶的一些要求。

性质与评估

1. 机械性质

机械性质在连接器的设计上是相当重要的一环。例如在设计时会考虑到材料的强度、刚性、韧性等，所指便是其机械性质。可作为设计参考的机械性质有：

(1) 抗张性质 (ASTM 0-638)

抗张性质包括抗张强度(或屈服强度)，抗张模数及伸长率。抗张强度及伸长率是常用来作参考者。

(2) 曲折性质 (ASTM 0-638)

曲折性质包括曲折强度及曲折模数。其中，曲折模数较常作为设计上的参考。连接器的塑胶零件有结构支撑的要求，受到曲折 (flexural) 方向的应力常较抗张方向为多，因此曲折模数可代表其刚性。曲折模数愈高者刚性愈高。

(3) 耐冲击强度

耐冲击强度可用来评估韧性。然而，耐冲击强度的变异性很大，受到加工的影响，甚至受到测试方法的影响。测试方法包括 Izod 及 Charpy 耐冲击强度 (ASTM D-256)，落球耐冲击强度，抗张耐冲击强度 (ASTM D-1822) 以及实际评估法。凹口 Izod 耐冲击强度是较常用来作参考的。也有的将连接器零件或已组装好的成品从高处丢下来看看是否会有破坏情形。此种实际评估法虽然颇实际，但不容易建立公认的标准。

(4) 硬度

常用的测试法有 Shore 硬度 (ASTMD-2240) 及 Rockwell 硬度 (ASTM D-785)。

2. 耐温性

耐温性是连接器，尤其是 SMT 连接器用塑胶的最重要要求之一。然而目前并无一明确指标可完整的描述塑胶的耐温性。一般来说，热变形温度 (HDT)，软化点，连续使用温度如 UL 温度指数，最高使用温度等皆可用来描述相对的耐温性。

(1) HDT (ASTM 0-648)

HDT 为在固定的负载下，于固定升温速率下试片的曲折 (flexural) 应变到达 0.2% 的温度。对于连接器用塑胶，较适用的负载为 18.6 kg/cm²。基本上，HDT 与塑胶的曲折模数对温度的关系有所关联。因此，我们发现大部份 SMT 连接器用塑胶皆含有相当比例的玻璃纤维。玻璃纤维的存在除了补强外，尚可提高 HDT。一般来说，HDT 是设计连接器塑胶零件的一个重要参考。

(2) 软化点

在球环测试中，试片置于环上，球再置于试片上，以固定的速率升高温度，在球因试片软化而掉下的温度为其软化点。

(3) UL 温度指数(UL 746B)

在 UL 温度指数的测试中，将试片置入各种不同温度的炉子中进行热劣化，之后测其性质如抗张强度、介电强度等。当性质劣化至原来的一半时便是该劣化温度所相应的寿命期。由此数据可找出相应于 40000 小时(约 4.5 年)的寿命期之劣化温度。此温度即为 UL 温度指数。UL 温度指数与材料在高温下的热安定性有关。通常热安定性较高的塑胶有相对上较高的 UL 温度指数。对于长期或更为严苛的军事用途或太空应用，UL 温度指数更能显示出材料的耐温性。

(4) 实际测试

当然，评估耐温性的最实际方法莫过于在现场直接评估。例如将所制得的 SMT 连接器零件直接上到焊装生产线，经过焊接机之后，评估零件的变化情形。如此可了解到塑胶材料的耐温性是否适用于此 SMT 连接器零件。然而，在 SMT 连接器零件的设计中，模具设计对产品功能有绝对性的影响，而不同塑胶材料的模具设计亦有所不同，以加工制造后的零件来评估塑胶材料的耐温性似乎成本太高。另一个较为简单的方法是模拟实际条件的测试法。首先了解所需的耐温性，例如 250° C 维持 20 秒钟。将油浴加热至 250° C 后放入待测的塑胶材料(可加工成型成各种形状)，经 20 秒钟后拿出评估其变化情形。这虽然不是一个标准的测试方法，不失为一个很实用的评估方法。

3. 尺寸安定性

尺寸安定性(dimension stability)对于连接器零件是相当重要的。尤其是窄间距的 SMT 连接器零件，经过一次或数次的高温循环，塑胶零件可能产生尺寸变化，或产生内应力而使得零件的可靠性可能降低。塑胶材料的下述特性与尺寸安定性有关。

(1) 线膨胀系数(ASTM 0-696)

塑胶材料的线膨胀系数常较金属材料为高。经过热胀冷缩的循环，不相匹配的膨胀系数有时会破坏尺寸安定性，甚至引起破裂。添加一些补强物可降低塑胶材料的线膨胀系数，因此，应用于 SMT 连接器的塑胶材料常是含有玻璃纤维者。

(2) 模具收缩率(ASTM 0-955)

在设计连接器零件时应特别注意塑胶材料的模具收缩率。不同材质的塑胶材料有截然不同的模收缩率，换言之，不同材质的塑胶材料所设计的模具应避免互用。一般来说，结晶性聚合体的模收缩率高，无定形聚合体的模收缩率较低，而 LCP(液晶聚合体)的模收缩率接近于 0。添加玻璃纤维补强物的聚合体的模收缩率会降低。另外，不同流动方向的模收缩率可能有所不同，在设计上，若能先考虑此种异向性将有助于提高尺寸安定性。

(3) 翘曲

塑胶零件的翘曲(warpage)有时也是一个评估尺寸安定性的方法。零件的翘曲程度愈低，通常尺寸安定性愈佳。模具设计、加工条件以及塑胶材料本身皆会影响零件的翘曲。另外，许多的塑胶零件在高温下会产生严重的翘曲，此与内应力及异向性有关，有时可利用加工条件或模具设计加以解决。另外，塑胶材料的耐温性愈高，其高温下的尺寸安定性通常愈好。在各方面条件如成本、加工要求等允许的话，使用耐温性更好的材料有时可避免高温尺寸安定性不佳的问题。

4. 阻燃性

连接器的历史最早溯至美国军方。军事用途的零件设计通常会考虑耐燃的问题。因此，连接器用材料常常要求必须有很好的耐燃性。另外，有一些电器有时会产生火花，

再加上焊接时是在高温下而使得连接器用塑胶材料必须有良好的耐燃性。至于是否必须达到最高等级 UL94V-0 级的要求则是不得而知了。通常，评估耐燃性的方法有两种：

(1) 极限氯气指数 (LOI) (ASTM 0-2863)

极限氯气指数是描述塑胶材料的耐燃性的一个很好而较科学的指标。极限氯气指数是使材料持续燃烧的最小氯气含量，其值愈高，表示耐燃性愈佳。

(2) UL 燃烧性

UL 94 燃烧性描述塑胶的相对燃烧性。不同的应用领域可能有不同等级的 UL94 燃烧性的要求。

UL94 燃烧性大致可分为四级：

*水平测试

UL94 HB

*垂直测试

UL 94 V-2

UL 94 V-1

UL94 v-0

以 UL 94 v-0 的要求而言，试片点火燃烧后，其持续燃烧的时间平均必须小于 5 秒钟，而最长的燃烧时间必须在 10 秒钟之内，且其滴下物不得使棉花着火。符合此要求，便可通过 UL94 V-0 级。必须注意的是燃烧与氧气的供应有很大的关系，比表面积愈大氧气的输送愈容易。换言之，愈薄的试片愈容易燃烧。因此，试片的厚度可能会决定能否通过所需的燃烧性等级。不同的应用领域或零件对材料的燃烧性要求可能不同。有些零件的材料仅需通过 UL 94 HB 级，而许多电脑连接器的材料要求必须通过 UL 94 V-0 级，通常是依零件的最初设计而定。

不合任何添加剂的塑胶的耐燃性与其化学结构有直接的关系。一般来说，化学结构具有较多芳香环，较多卤素，或者含有硫、磷等元素的纯塑胶真有较佳的耐燃性。塑胶材料的耐燃性可经由添加一些阻燃剂而大幅提高。典型的阻燃剂如含卤化合物、氧化铬、磷酸盐等。必须注意的是有些阻燃剂在加工时(尤其是需要很高加工温度的塑胶)可能会释出其腐蚀性物质，若如此，使用防蚀性材质的加工设备是必要的。

5. 耐化学品性

SMT 连接器用塑胶通常要求真有优良的耐化学品性。在焊接的过程中，连接器的塑胶零件可能在高温下接触许多的化学品与溶剂，因此优良的耐化学品性是必要的。大体上来说，决定塑胶的耐化学品性的好坏，主要因素为其化学结构与结晶度。由「相似的会溶解相似的」的观念可知化学结构是决定耐化学品性的最重要因素。而结晶度提高亦可改善耐化学品性。

6. 电气性质

毫无疑问的，连接器的塑胶零件之作用为绝缘，其电气特性的要求是绝对必要的。较常作为设计参考的电气性质有：

1. 体积电阻 (ASTM D-275)。

2. 介电强度 (ASTM D-149)：介电强度与试片的厚度有关。试片厚度提高，其介电强度会下降，反之，薄的试片有较高的介电强度。但必须注意的是介电强度为每单位厚

度所能承受的电压，愈薄者所能承受的电压是较小的。当 SMT 连接器的接脚间距愈窄时，在设计时应该将此观念考虑进来。

3. 耐电弧性 (ASTM D-495)。
4. 介电常数的 (ASTM D-150)。
5. 介电消散因子 (ASTM D-150)。

可应用于 SMT 连接器的工程塑胶

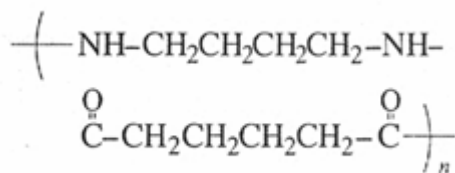
在传统的插装用连接器中，塑胶零件并没有很直接的接触焊接的热源，所以对于塑胶材料的耐温性的要求并不是太高。PBT 及尼龙 66 是较常用的材料。当然，使用可耐更高温的工程塑胶将可提高可靠性，不过要考虑到材料的成本。

因其焊接过程中的环境，用于 SMT 连接器的工程塑胶的最重要要求为耐温性。典型的耐温性要求为 250° C 可维持数秒钟。有许多的耐高温工程塑胶可达到此要求，表 1 列出一些代表性工程塑胶及其 HDT 与价格。FEP 为四氟乙稀与六氟丙稀的共聚合体。PFA 则为四氟乙稀与全氟(丙基乙基基酸)的共聚合体。FEP 与 PFA 皆有优良的耐温性及耐化学品性，但其材质较软，且价格相当高，目前尚无应用于 SMT 连接器的实例。依性质来看，PAI (聚酰胺酰亚胺)及 PEEK (聚醚)是 SMT 连接器用的良好材料，可惜是价格太高，加工较不容易，因此其在 SMT 连接器的应用例子较少。较常被提及用来设计 SMT 连接器的工程塑胶有尼龙 46, PCT (聚环己二甲醇对苯二甲酸酯)， PPS， LCP 以及尼龙 6T 等。

树脂	HDT(C)	價格(US\$/lb)
PFA	260	21-27
PEP	160	11-15
PAI	280	20-22
PEEK	300	25
Nylon 46	250	4
PCT	250	-3
PPS	250	3.1-3.3
LCP	230-300	7-11
Nylon 6T	270-300	~4

1. 尼龙 46

尼龙 46 结构如下：



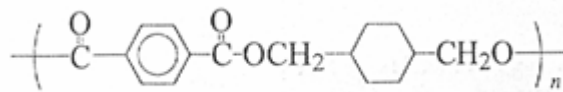
尼龙 46 有相当高的熔点， 290° C，经过玻璃纤维补强之后其 HDT 可达 250° C。其耐温性刚好适，于 SMT 连接器的应用，并且已有一些实用例子。但尼龙 46 的主要供

应商有 DSM (Polymer & Compounding), Japan Synthetic Rubber, Teijin Chemicals 及 Unitika' 以 DSM 较为著名。

尼龙 46 的主要特色为耐温性良好, 结晶度高, 韧性佳, 耐蠕变性良好, 耐化学品性良好, 流动性佳。然而, 尼龙 46 的吸水性高, 在高温下易于起泡, 且其高温下的尺寸安定性不佳。因此, 尼龙 46 仅适用于一般性的 SMT 连接器, 若要设计更高精度及更窄间距的 SMT 连接器应尽量避免选用高精度及更窄间距的 SMT 连接器应尽量避免选用尼龙 46。另外, 有些连接器有很高的耐燃性要求, 例如 UL 94 vo 级。尼龙 46 为脂族聚酰胺, 本身耐燃性不佳, 若要通过 UL 94 vo 级, 尼龙 46 必须添加许多的阻燃剂。必须注意的是阻燃剂添加太多时会影响物性及加工性。整体来说, 尼龙 46 仅勉可用于 SMT 连接器。

2. PCT

PCT 为 1, 4-环己烷二甲酸醇与对苯二甲酯的聚合物, 其结构为:

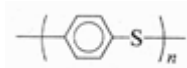


PCT 有相当高的熔点(约为 290° C), 使其具有良好的耐热性。补强后的 PCT 的 HDT 可达约 250° C, 勉强可用于 SMT 连接器。PCT 的主要供应商为 Eastman Chemical 及 Toray Industries。

PCT 除了有良好的耐温性外, 透明性及耐伽马射线是其优点, 但其耐冲击强度及韧性较低。欲使 PCT 有良好耐燃性亦必须添加阻燃剂。整体来说, 以 PCT 设计 SMT 连接器是有点困难的。

3. PPS

PPS 的结构如下:



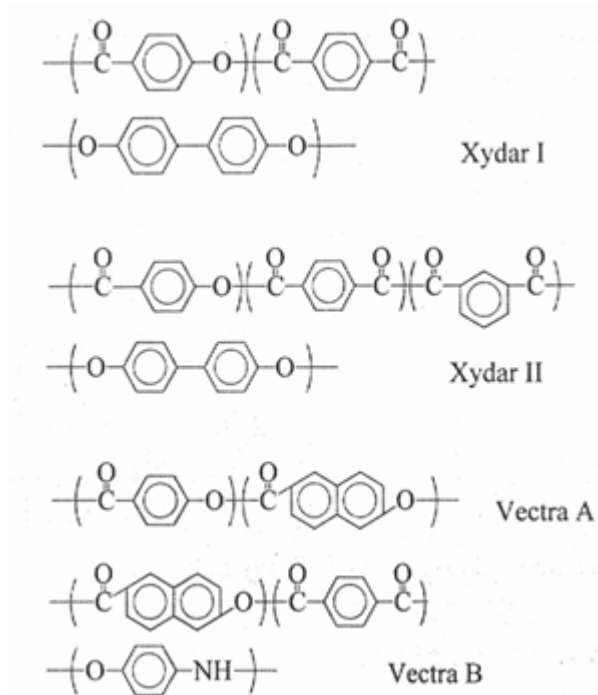
PPS 的熔点高, 约为 285° C。缓慢由熔融态冷却下来后 PPS 的结晶度可达 60-65%。高熔点及高结晶度使 PPS 具有优异的耐热性。PPS 的连续使用温度可达 220° C。补强的 PPS 的 HDT 可高达约 250° C。PPS 的高温尺寸安定性优良, 因此适合于用来设计 SMT 连接器。PPS 的熔融物具有奇特的性质。在熔融态下, PPS 会逐渐变黑、变稠, 或凝胶化。此为 PPS 在有氧气存在下在高温下会产生交连反应所造成。此种热交连反应有时可在熔点以下的温度(例如 175-280° C)进行, 如此可提高分子量, 有时可提高 HDT。因此, 此种 PPS 又称交连型 PPS。若 PPS 有足够高的分子量, 且添加一些安定剂如抗氧化剂, 使 PPS 不致于产生热交连。此种 PPS 又称为线型 PPS。由于含有硫及笨环, PPS 本身具有优异的耐燃性, 不添加阻燃剂便可通过 UL 94 vo 级。目前, 交连型 PPS 的主要供应商为 Hoechst-Celanese、Polyplastics 及 Toray Industries。

交连型 PPS 的重要特色为耐温性优良、钢性高、耐燃性及耐化学品性优异, 低吸水性, 尺寸安定性优良, 耐蠕变性佳。其缺点为韧性低 y 加工成型时易出毛边(flash)。整体来说, 若能提高韧性, 且在模具设计制作时特别注意而克服毛边形成问题, 交连型 PPS 可说是良好的 SMT 连接器材料。

线型 PPS 具有较高韧性、高刚性、优异的耐化学品性及耐燃性，低吸水率及优良尺寸安定性。但在加工成型时，线型 PPS 仍有出毛边的问题。整体来说，线型 PPS 若能解决向毛边的问题，适合于用来设计 SMT 连接器。

4. LCP

LCP 为液晶聚合体的简称。有数种组成的 LCP 已被成功的商业化。较重要的组成结构如下：



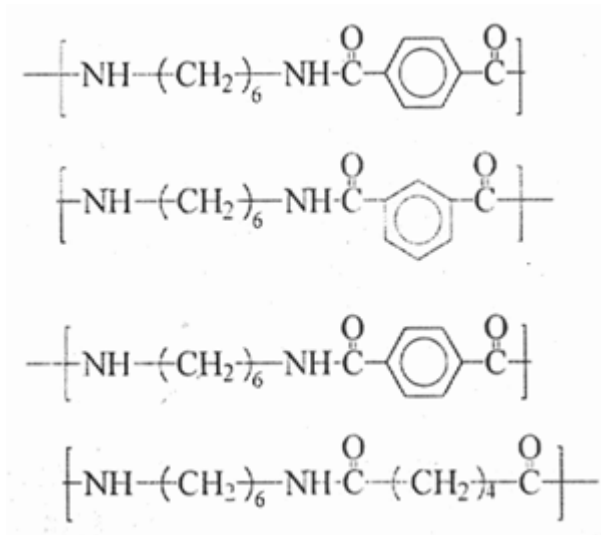
LCP 有优良的耐温性，依不同等级而定，LCP 的 HDT 可达 230- 300° C。高 HDT 的 LCP 是相当适用于 SMT 连接器。LCP 的主要供应商有 Amoco, Hoechst-Celanese, NipponPetrochemicals, Polyplas-tics, Du pont 及 Sumitomo Chemical 等。

LCP 的主要特性为低熔融粘度(因此流动性佳),易于分子定向而有高强度及高刚性,高耐温性、优异的尺寸安定性及耐化学品性,几乎为零的模收缩率及优良的耐燃性。LCP 添加玻璃纤维后即可通过 UL94 vo 级。分子定向虽然使 LCP 的抗度提高,但亦形成了异向性,亦即不同方向有不同的物性,有些地方会形成弱点(weak points),对于精密的 SMT 连接器成品是相当不利的。然而,添加玻璃纤维后,LCP 的成型异向性可降低,若在模具—设计上加以改进,可克服形成弱点的问题,另外 LCP 的熔合强度(weld strength)低,在设计模其时必须特别注意。若不考虑价格,LCP' 可说是相当优良的 SMT 连接器用的材料。

[GOTO TOP](#)

尼龙 6T(改质的)

这里所说的尼龙 6T 是属于尼龙 6T 的共聚合体。未经改质的纯尼龙 6T(己二胺与对苯二甲酸的聚合体)的熔点约为 370° C,在超过 340° C 时含脂族链的聚合体将会产生严重的降解。共聚合是降低聚合体熔点的一个有效方法。常用的共单体有间苯二甲酸及己二酸。改质的尼龙 6T 的重要组成结构如下：



改质的尼龙 6T (以下简称尼龙 6T)的熔点通常在 310- 320° C 左右。如此范围的熔点使其易于熔融加工而不致于产生降解,但仍具有优异的耐温性。有些尼龙 6T 的 HDT 可达 290-300° C,是相当适用于 SMT 连接器的。尼龙 6T 的主要供应商有 Mitsui Petrochemical Industries, Amoco, BASF 及 DuPont 等。

尼龙 6T 的主要特色为耐温性高、强度高、耐蠕变性佳、尺寸安定性优良,加工成型时不易出毛边,且可以调整组成来适应所需的性能。尼龙 6T 会吸收少许水份,吸水会影响其高温尺寸安定性,应避免浸水或接触到水。另外,尼龙 6T 本身耐燃性不佳,欲使其通过 UL94v-o 级,必须添加阻燃剂。因尼龙 6T 间加工温度高(320-330° C),有些阻燃剂会产生腐蚀性物质。因此加工设备的材质必须能够防蚀者,整体来说,若能适当的选择等级,尼龙 6T 可说是优良的 SMT 连接器用材料。

总而言之,目前可说没有一种材料是十全十美的,在 SMT 连接器的设计时应特别注意各种材料的优缺点。表 2 比较一些 SMT 连接器用塑胶材料的特性供作参考。在选择材料时随时注意四大要点:成本、性能、可靠性及服务。

表 2. 典型 SMT 连接器用的代表性树脂的特性比较。

树脂	尼龙 46	交連型 pps	線型 pps	LCP	尼龙 6T
耐温性	×	□	□	◎	○~□
焊接尺寸安定性	□	○	○	◎	○
湿氣尺寸安定性	×	◎	◎	◎	○
流動性	◎	□	□	◎	○
毛邊	○	×	×	◎	○
韌性	○	×	□	□	○~□
融合強度	○	○	○	×	○

◎: 不必要的远超出规格

○: 超出规格

□: 符合规格

×: 不符合要求