

低表面能表面粘接创新

介绍

当需要制造一种基于塑料的零件时，将零件连接在一起的方式有比以往更多的选择。在过去，低表面能 (LSE) 塑料，如热塑性聚烯烃 (TPO)、聚丙烯 (PP) 和聚乙烯 (如HDPE)，必须通过机械连接或溶剂焊接进行连接，因为当时的胶粘剂对这些材料不起作用。机械零件 (例如夹子、螺钉等) 几乎可以用于任何表面，但它们需要额外的步骤来为零件建模或设计其特殊用途，可能会导致应力集中，从而可能导致塑料开裂和过早失效，并且这种机械零件通常会导致材料表面不美观。而溶剂焊接的缺点是依赖于使用危险和有毒的溶剂。

在过去的十年里，新的胶粘剂和粘合带已经被设计出来，可以对许多低表面能塑料进行粘合，并且非常牢固。这使制造商能够利用使用胶粘剂和粘合带的好处，包括设计灵活性、应力分布、粘合不同的材料、使用更轻/更薄的材料，以及粘接完成后具有干净的粘合外观。

粘接基本原理——为什么LSE表面难以粘接？

金属、油漆和塑料的胶粘剂粘合已普遍存在多年，有多种胶粘剂技术可供选择，包括结构胶 (环氧树脂、丙烯酸、聚氨酯)、非结构胶 (热熔胶、接触胶) 和压敏胶 (剥离和粘贴粘合带) 等。但直到最近，由于其表面特性，这些胶粘剂还没有用于更难粘合的热塑性材料，包括TPO、聚丙烯和聚乙烯。

要使胶粘剂有用，它必须实现与基材表面的粘合。粘接力在很大程度上取决于材料表面情况——胶粘剂必须流出并与待连接部件的表面能够产生适当相互作用。胶粘剂必须能够与基材的表面进行紧密接触。这种紧密接触被称为“润湿”表面，指的是胶粘剂在表面上的扩散能力。虽然胶粘剂使用不同的机制来流动和实现接触——结构胶在固化前是低粘度液体，热熔胶粘剂在应用时被加热到可流动的粘度，而压敏胶粘剂利用其独特的粘弹性来流动——但在所有情况下，胶粘剂润湿表面的能力都很重要。除了表面的化学成分之外，质地、孔隙率以及覆盖基材表面的任何污染物或障碍物 (如脱模剂、表面起霜的工艺添加剂或处理过程中产生的污染物) 都可能影响胶粘剂的流动能力并影响紧密接触的能力。

即使清除了这些障碍物和污染物，一些表面如TPO、PP和PE仍可能无法被胶粘剂润湿。这是由一种被称为表面能的现象导致的。表面能是存在于固体表面 (相对与本体) 的多余能量；这种多余的能量之所以存在，是因为表面的分子不能像本体中的分子那样与尽可能多的相邻材料相互作用；因此，它们具有多余的相互作用能。

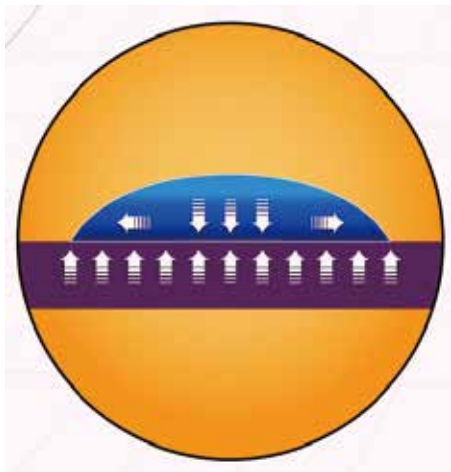
如下表所示，固体的表面能随其化学成分的变化而变化。值得注意的是，金属和玻璃的表面能高，更容易结合；而塑料的表面能较低，更难粘合。最难的是表中前几行的低表面能塑料。

实芯表面	临界表面张力 (mN/m)
聚四氟乙烯 (PTFE)	18.5
硅酮	24
聚(偏二氟乙烯)	25
聚乙烯 (PE)	31
聚丙烯 (PP)	31
聚苯乙烯	33
聚(氯乙烯) (PVC)	39
尼龙-6,6	43
聚(对苯二甲酸乙二醇酯) (PET; 聚酯)	43
铝质	~500
玻璃	~1000
铁氧化物	~1350

常见物质的表面能

表格改编自: *Adhesion and Adhesives: Science and Technology*; Anthony J. Kinloch, New York: Chapman and Hall (1987).

一个相关的概念是液体的表面能(或表面张力),它是液体表面的多余能量。存在表面张力是因为大量液体中的分子处于比表面低的能量状态。当液体放在固体表面上时,会发生什么取决于液体的相对表面能与固体的表面能的比较。如果液体的表面能高于液体和固体表面之间的吸引力,则液体将倾向于保持其球形。因为水的表面能高于蜡的表面能,所以新打蜡的汽车上会出现雨滴。当这种现象发生在胶粘剂和基材之间时,胶粘剂不会扩散并与要粘合的表面紧密接触;相反,液体分子将倾向于保持自身的形状而不是和要粘合的表面接触。其结果是降低粘合强度。相反,如果胶粘剂的表面能小于基材的表面能,则胶粘剂将展开并润湿基材,从而形成良好粘合,并达到所必需的紧密接触。



固体表面有很高的表面能；液体会扩散或“润湿”表面。

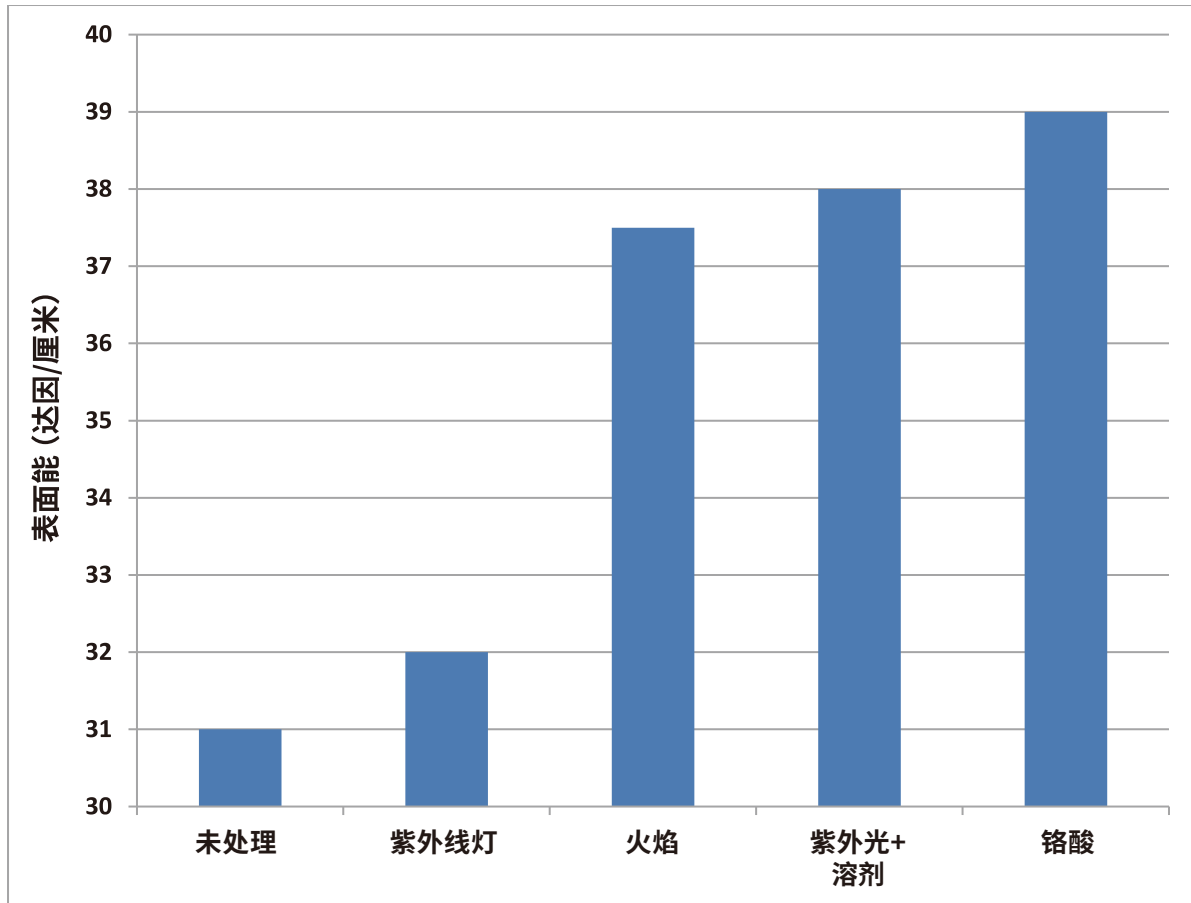


固体具有低的表面能；胶粘剂会在表面形成球状珠子。

因此，高表面能（HSE）材料，如金属和玻璃，可以很容易地用各种胶粘剂粘合，这些胶粘剂将被强烈地吸引到固体上。中等表面能（MSE）的材料，如聚酯和PVC，可以用许多胶粘剂粘合，但低表面能（LSE）的材料则很难使用胶粘剂粘合。除非表面经过修饰，否则“润湿”将成为一个挑战，因为未修饰的表面具有非常低的表面能。液体胶粘剂的表面能可能高于固体的表面能。

虽然一些胶粘剂可用于粘合LSE材料，但另一种常用策略则是使用表面改性技术，该技术可以改变表面的化学成分以增加表面能，并允许考虑使用更多类型的胶粘剂。这些技术包括火焰、电晕或等离子处理、酸蚀刻或使用含有较高表面能的树脂溶剂型粘合促进剂，当溶剂使表面膨胀时，这些树脂会与低表面能基材缠结在一起。一旦表面被改性，胶粘剂就很容易在处理过的表面上流出或润湿，并形成合适的粘合表面。虽然在某些情况下可能需要表面改性，但通常会增加成本和复杂性，还可能带来环境或安全问题。

表面处理对聚乙烯的影响



几种常见表面处理方法后聚乙烯的表面能增加。

图表改编自: *Rauhut, H.W. Adhesives Age 13(1), p. 34 (1970)*。

粘合低表面能塑料的新方法

技术已经发展到可以使用无需表面处理即可粘合低表面能基材 (如TPO、PP和PE) 的高性能胶粘剂。易于使用的粘合促进剂也可作为某些胶粘剂产品类型的配套产品, 以增加强度并扩大可选择范围。

结构胶:

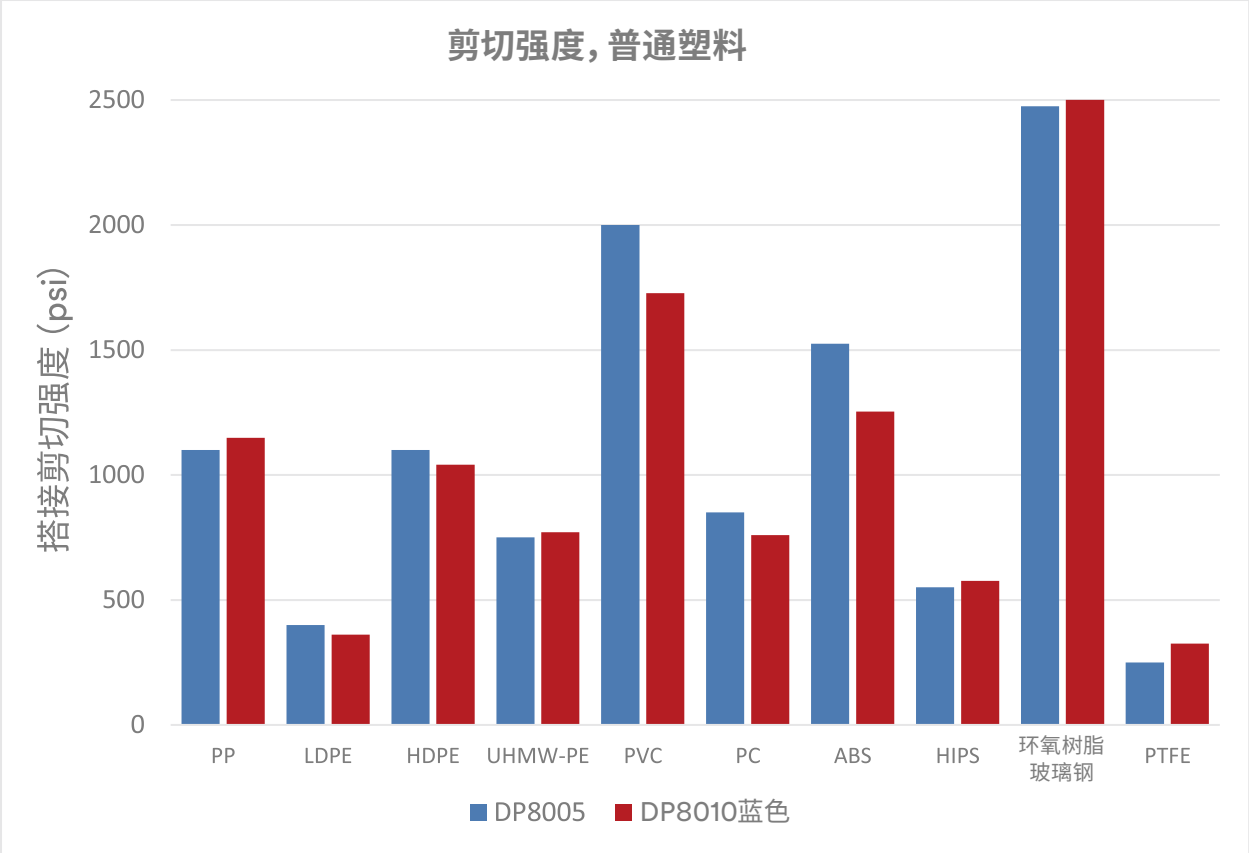
3M™ Scotch-Weld™ DP8005结构塑料粘接胶和3M™ Scotch-Weld™ DP8010结构塑料粘接胶, 它们具有独特的配方, 可用于低表面能塑料 (以及高表面能塑料和金属) 的粘合。这些是双组分、无溶剂、室温固化的胶粘剂, 以方便的双包装形式提供, 或者对于大型应用, 则主要以散装形式提供。可以抵抗多种化学品、水, 防潮且耐腐蚀。一般来说, 表面处理仅限于使用溶剂进行清洗 (以去除表面污染物)。有时, 轻度打磨或在粘合表面进行哑光处理也可以增加粘合强度。



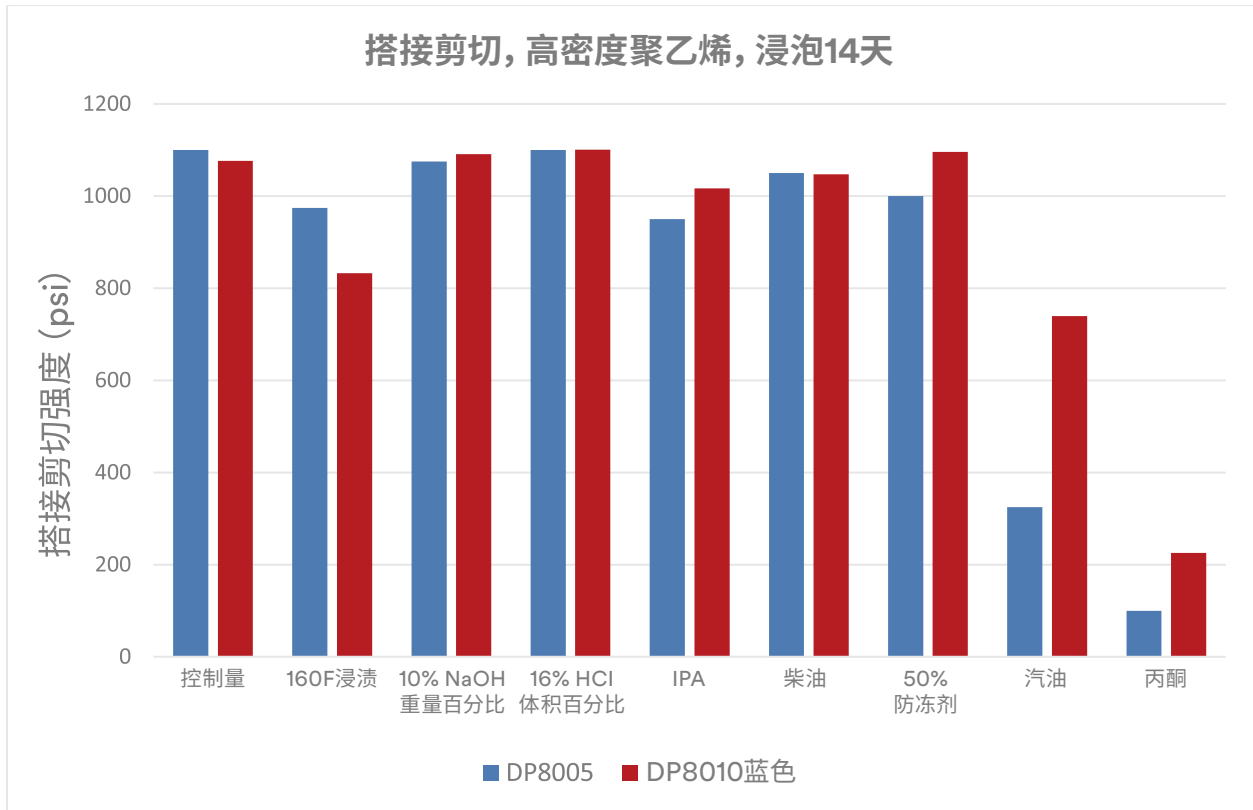
3M™ Scotch-Weld™ DP8005结构塑料粘接胶使用双包装形式打包，带有一次性静态混合嘴，主要用于塑料部件粘合。

结构胶如DP8005和DP8010蓝色的粘附强度通常使用搭接剪切试验来进行测试。基材以受控的重叠方式叠放在一起，并使用胶粘剂固化。固化后，在剪切模式下以恒定速率拉动胶粘剂，以测量断裂的峰值力。按照惯例，如果胶粘剂在搭接剪切试验中能够达到大于1000 psi的断裂强度，则该胶粘剂被认为是结构性的。为了达到这一水平的断裂强度，胶粘剂必须对基材有较高的粘附强度。

DP8005和DP8010蓝色无需预处理即可与低表面能塑料产生结构性（大于1000psi的搭接剪切强度）粘合。以下是DP8005和DP8010蓝色在普通塑料基材（包括低表面能塑料）上的一些代表性搭接剪切粘合强度数据。请注意，对几种基材进行测试时，基材本身的强度不足以支撑1000 psi的负载，并且基材在胶粘剂与基材粘合之前就已经失效了。



3M™ Scotch-Weld™ DP8005结构塑料粘接胶和3M™ Scotch-Weld™ DP8010结构塑料粘接胶在聚乙烯上经过各种环境挑战条件后的粘合强度。



3M™ Scotch-Weld™结构塑料粘接胶DP8005和3M™ Scotch-Weld™ DP8010结构塑料粘接胶在一些常见塑料上的粘合强度。

由于DP8005和DP8010蓝色对未处理的聚烯烃具有较高的粘合强度, 易于使用 (在带有静态混合喷嘴的双包装滤芯中), 并具有良好的环境特性, 因此它已在各种粘合低表面能塑料的应用中取得巨大成功。典型应用包括粘合内外饰板、液体容器、装饰面板、电器和体育用品装饰和配件、保护设备和电子元件、电线灌封和外壳的模制或热成型部件等。

热熔胶粘剂:

热熔胶粘剂也可用于粘合轻质热塑性塑料件。这些胶粘剂的优点是提供快速粘性和具有较高的处理强度, 从而能够加快生产速度。这些胶粘剂结合了高耐热性、相对高的强度和低蠕变等性能。这些产品可以为制造商带来利益, 他们可以用重型粘合来换取更快的生产速度, 其应用包括: POP展示; 样品板和桌面展示; 参展商展台; 携带箱的泡棉插入物; 织物或镶板与泡棉的连接; 以及家具和汽车内饰的织物或楣板的模制强化塑料。

压敏胶粘剂:

压敏胶粘剂是一种独特的胶粘剂类别, 因为它们在应用时不会固化或发生化学反应。压敏胶粘剂是同时表现出粘性 (流动) 和弹性 (阻力) 特性的粘弹性材料。

当胶粘剂通常以胶带形式放置在基材上并施加压力时，胶粘剂会立即具有一定的初始粘性，但会继续在表面上流动，随着时间的推移，接触面积会逐渐增加并达到更高水平的强度。压敏粘合胶带的一大优点是可以立即粘合，因此没有夹紧或固化时间。它们的独特之处在于，您不必同时将胶粘剂粘合到两个基材上。胶带可以在一天内贴到第一层基材上，并在同一天、第二天或几周后再贴到第二层基材上。这带来了更多的便利，包括对装配线工艺在内的许多应用带来更多的便利。

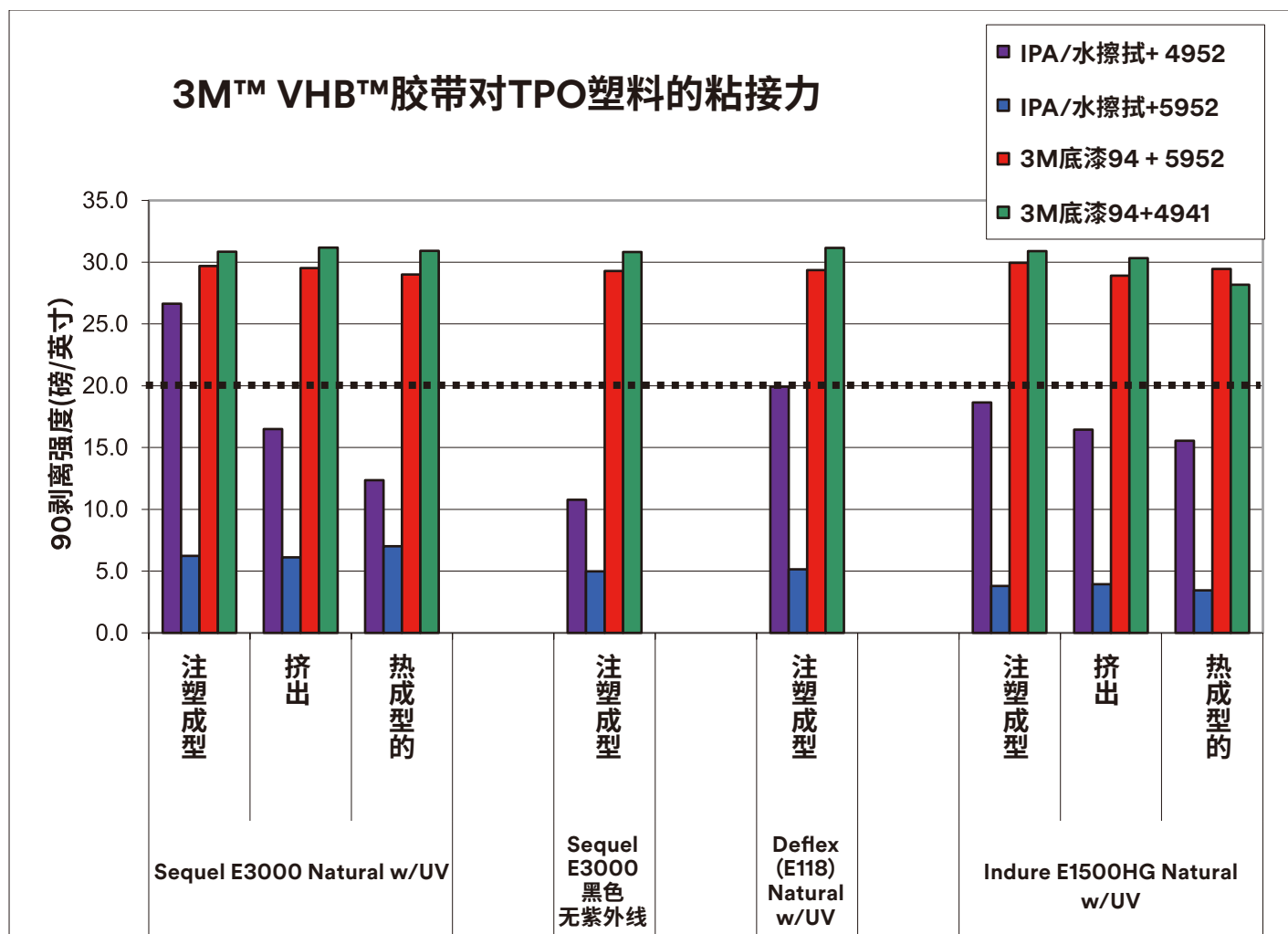
丙烯酸压敏胶粘剂通常为许多应用提供最佳的粘合力 and 性能平衡，包括已开发用于粘合低表面能塑料的300LSE型压敏胶粘剂系列产品。3M™高强度丙烯酸胶粘剂300LSE是一种薄型PSA，专门设计用于粘合困难的LSE基材，如聚丙烯、TPO和其他各种塑料，同时还能够提供出色的耐高温、耐化学性以及更高剥离强度。它还可以很好地粘合到金属和其他更友好的基材上，从而为耐用图形粘合、异种材料粘合、泡棉和橡胶粘合、塑料组装等应用提供PSA粘合解决方案。

可以使用非常高强度的胶带，并用于以前保留给机械紧固件或结构胶各种应用中。这些胶带具有丙烯酸泡棉结构，并在整个产品中具有粘弹性特性。泡棉吸收能量以提供高强度并释放应力以保护粘合。胶带是允许而不阻止零件之间的相互运动。泡棉需要高性能的胶带与基材粘合，以允许部件相对运动，而不会在胶带与基材的界面处脱粘。

3M VHB™胶带LSE系列胶带设计用于粘附在PP、TPO、TPE和复合基材上，无需使用底漆。其他丙烯酸泡棉胶带在不进行额外表面改性的情况下，对LSE塑料的粘合强度不高。易于使用的刷涂底漆（例如3M™ Primer 94）有利于在某些LSE塑料上形成胶带与基材非常高的附着力。对于表面能量更低的塑料，如PE，建议在粘合前进行火焰、电晕或等离子处理。

压敏胶带的强度通常是通过剥离强度测试来确定的。下面是各种3M™ VHB™胶带在四种等级的TPO上采用不同表面处理技术的90度剥离强度数据。尽管所需的粘合强度因应用而异，但对于大多数一般应用而言，该测试中通常需要20磅/英寸或更高的粘合水平。

高强度粘合胶带通常用于粘合面板和框架、粘合加强筋和面板、粘合装饰性覆盖物和摩擦条。



概要

当使用这些通用且流行的塑料制造各种产品时，使用与LSE塑料粘合的新胶带和胶粘剂新技术可提高制造的效率、降低成本并提高设计灵活性。例如将热成型保险杠粘合到金属上；汽车座椅、顶盖和配件；分装条；建筑面板；塑料木材；标牌；运输箱；防护装备等等。

技术信息： 本文包含的技术信息、建议和其他声明均基于3M认为可靠的测试或经验，但3M不确保这些信息的准确性和完整性。

产品用途： 许多超出3M控制范围，以及属于用户所了解与控制范围内的因素，都会影响3M产品在某一用途中的使用和性能。考虑到存在影响3M产品的使用和性能的各种因素，用户应自行负责评估3M产品，并决定其是否适用于某一特定用途以及是否适合用户的应用方法。

保修、有限补救和免责声明: 除非在适用的3M产品包装或产品手册中另有明确表述的额外保修条款, 3M仅保证每件3M产品在发货时满足适用的3M产品规格。3M不作其他明示或暗示的保证或条件, 包括但不限于对产品适销性或适用特定用途作出的任何暗示性保证或条件, 或是因交易过程、商业习惯或惯例而产生的任何暗示的保证或条件规定。若3M产品无法满足该保修条款, 则唯一的补偿是由3M决定, 更换该3M产品或返还该3M产品的花费。

赔偿责任的限制: 除非法律禁止, 否则3M公司不承担因使用3M产品而造成的任何直接、间接、特别、偶然或必然性损失或损害责任, 无论法理如何定性, 包括担保、合同、疏忽或严格责任。

3M

3M中国有限公司

总办事处

上海市上海市虹桥开发区兴义路8号万都中心38楼

邮编: 200336 电话: 86-21-62753535

传真: 86-21-62752343

网址: www.3M.com.cn

3M, Scotch-Weld和VHB是3M公司的商标。

© 3M 2021