

# 装配

2014年9月

www.assemblymag.com

普拉特-惠特尼  
公司重新思考  
发动机装配问题

pg 24

创新索引器

28

指定气缸

32

粘合塑料、金属

40

装配展示

44

# 将塑料与金属连接的新技术

轻量化趋势促使工程师寻求连接不同材料的新方式。

适合滚动、漂浮或弹跳，重量轻总是好的。只要问问那些参加过 Pinewood Derby 比赛的人就知道了。

飞机、火车、汽车、卡车和拖拉机的制造商都渴望得到能够提高能量使用效率和减轻重量的新材料。工程塑料和碳纤维复合材料是流行的选择，但当它们必须与不同的材料，如铝、镁、不锈钢或钛连接时，则会带来各种挑战。



由于采用了轻质金属，如铝、镁、热塑性塑料和碳纤维复合材料，该车实现了车身和底盘的大量减重。照片由捷豹路虎提供

有关如何获得本文转载信息，请通过 [william-sc@bnpmedia.com](mailto:william-sc@bnpmedia.com) 或 610-436-4220 分机联系 Cindy Williams。8516。

工程师们有很多连接方式可以选择，可以将塑料件连接到塑料件上，或将金属部件连接到金属件上。然而，当把塑料部件连接到金属部件时，它们可以选择的方式则很少。现在，减少车辆重量的努力激发了旨在改进混合材料组件的新研究浪潮。

轻量化是当今汽车行业的首要话题，因为原始设备制造商会争相降低排放和提高燃油经济性。

“[汽车制造商]正在竞相开发安全、有趣且价格合理的汽车，这些汽车的燃油效率更高，排放量更少。”杜邦高性能聚合物总裁 Pal Lindner 说。“[但是]，距离到2025年达到每加仑54.5英里（企业平均燃油经济性标准的要求）的目标，我们还有很长的路要走。这是一场马拉松，而不是一场短跑”。

福特汽车公司和麦格纳国际公司的工程师正在试验各种轻质材料，以提高性能和燃油效率，同时减少二氧化碳排放。

他们最近推出了一款轻量化概念车，整个车身、底盘、内饰和动力传动系统都采用铝、碳纤维复合材料、镁、超高强度钢和先进的轻质塑料。

这款概念车将2013年Fusion轿车的重量减至Fiesta超小型轿车的重量，从而使得其重量减少了近25%。

“我们的目标是研究如何设计和制造一种混合材料的轻型车辆，该车辆有可能实现大批量生产，同时提供与我们今天在路上行驶的车辆相同水平的安全性、耐用性和韧性。”福特全球材料和制造研究的技术负责人 Matt Zaluzcc 说。“没有一个放之四海皆准的轻量级方法”。

在过去六年中，由于越来越多地使用塑料和其他轻质材料，车辆整体重量下降了20%。到2020年，工程塑料和基于聚合物的部件将平均占到整个汽车重量的18%。

“塑料对工程师来说是非常理想的。”汉高公司的高级市场应用工程师 Darryl Small 说。它们能够呈现丰富的色彩，被塑造成轮廓，并且设计得很时尚，这意味着它们可以提高产品设计的整体美感。实际上，它们永远不会被腐蚀，所以它们自然能满足某些工程上面临的挑战，如轻量化和美学。

“然而，塑料并不完美。” Small警告说。“这些材料不像金属那样坚韧和耐用。虽然有时，它们很轻，但也正因为此，它们很不牢固。如果耐用性和强度对模具设计的重要性不亚于风格和美感，那么工程师就需要谨慎选择塑料制品”。

### 典型应用环境

EWI的工程师与各行各业的制造商合作。“我们观察到工程师对塑料与金属连接的兴趣正在增加，”

专门从事超声波焊接的应用工程师 Miranda Marcus说：“这一趋势背后有几个因素，包括降低制造成本、减小包装尺寸和制造重量更轻的组件。”

在许多应用中，塑料和金属部件被粘合起来。例如：

■ 尼龙和不锈钢粘合，在户外应用，大面积的粘合区域会受到持续的振动、冲击、温度变化，以及暴露在水、灰尘和碎片中。

■ 聚丙烯和铝粘合，应用于汽车面板。

■ 氨基甲酸酯和钢粘合，适用于偶尔受到冲击，沉重的静态负载和环境暴露的户外应用。

■ 聚碳酸酯和铝粘合，用于需要耐热和耐湿、耐剧烈温度变化、高剥离强度和冲击强度的电池外壳应用。

“胶粘剂和压敏胶带在组装[高尔夫]球杆时将复合杆头粘合到钛合金杆面上，”3M工业胶带及胶粘剂产品部高级技术服务专家Tony Kremer说，“[它们还被用来]将柔性塑料LED条固定在灯具的涂层铝框上；将塑料或复合材料表皮固定在进门的钢框或木框上；以及将玻璃纤维板粘接在货运轨道和特种拖车的铝框上。”



这个原型刹车踏板是用塑料和金属零件组装的。照片由朗盛公司提供。

“胶粘剂和压敏胶带粘附在塑料上的能力在很大程度上取决于其表面能量，”Kremer指出，“复合材料，如刚性纤维增强塑料，在与金属部件的装配中通常粘合得很好。因此，在战斗头盔和休闲车等[应用]中，它们经常被用作金属零件的轻型替代品。”

长期以来，汽车行业一直是混合材料装配的领导者。塑料和金属粘合的汽车应用包括前端模块、踏板箱、制动踏板、驾驶员安全气囊外壳、座椅底板、备胎舱、歧管盖和汽车横梁等。



减少车辆重量的动力激发了旨在改进混合材料组件的新研究浪潮。图片由汉高公司提供。

“[使用的塑料类型]取决于应用和材料必须执行的条件，”塑料制造商朗盛公司的高级工程师Vasant Pednekar说，“例如，尼龙通常用于温度较高的地方，并要求或需要更高的耐用性[例如引擎盖下的应用]。”

当塑料与金属在汽车行业的应用很流行时，两种材料之间的粘接方式也用于组装电器、消费品、电子产品、医疗设备和风力涡轮机等应用中。

电子制造商将塑料和金属部件连接，如智能手机和其他便携式设备中使用的内部和外部外壳。“通常情况下，内部支撑结构是薄的不锈钢或铝，然后连接到一块较厚的塑料上，”PcnnEngineering微型PEM紧固件全球业务经理Jay McKenna说。

船只只是另一种采用混合材料组装的产品。几十年来，船舶制造商一直将复合材料用于船体、发动机舱、桅杆、船舵和其他部件，这些组件必须非常坚固，而且它们往往必须在盐水环境中能够保持稳定。

“金属部件总是需要为复合材料部件承担点状载荷，并为复合材料结构提供机械紧固点、支点或分散载荷，”专门研究汽车碳纤维复合材料的Element6咨询公司总裁Andrew Rich指出。

### 粘接方法

塑料或复合材料部件通常用胶粘剂或紧固件连接到金属板或结构部件上。

将塑料连接到金属上通常涉及使用机械紧固件，例如铆钉或螺栓。然而，这需要打孔，这可能会提高成本。复合材料和金属的厚度必须整体增加，以适应孔和紧固件点载荷的应力集中，因此失掉了重量优势。一些紧固件还会造成模具生锈和腐蚀的风险。

螺纹嵌入是使用螺纹紧固件将金属零件连接到塑料零件的一种方式。“最常见的应用是通过热加工或超声波加工将黄铜或钢嵌件压入塑料部件中，”EWI的Marcus声称。“这是通过将聚合物熔化成金属部件上的滚花来实现的，一旦塑料冷却，该滚花就会起到机械接头的作用。”

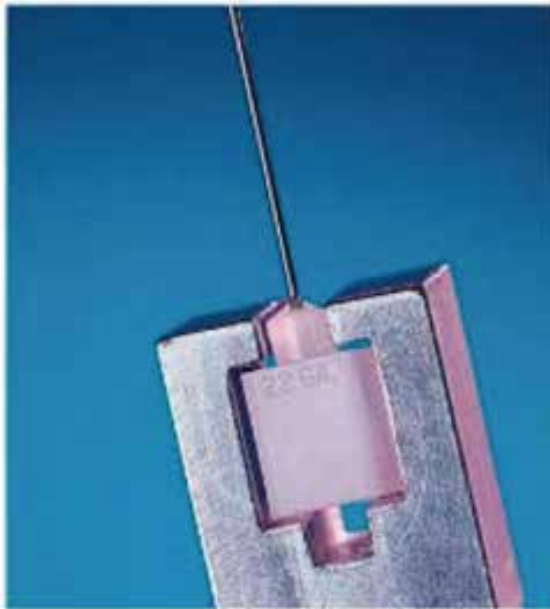
另一个用于混合材料装配的螺纹紧固件选择是自锁式紧固件。为了应对模具越来越多地使用附着在金属上塑料的情况，PennEngineering最近也开发了几种新产品。

“我们的大多数紧固件都设计成咬合金属的情况，通常会将两个面板固定在一起，”麦肯纳指出。“我们发现，紧固件穿过薄金属板，然后拉到较厚的塑料板上，效果最佳。”

“拉削作用将其切入非传导性塑料，并将两片模具固定在一起，”麦肯纳解释说，“这通常是在组件的顶部和底部表面齐平的解决方案”

胶粘剂粘合克服了很多与使用螺纹紧固件连接混合材料组件有关的问题。整个粘合的接触面都参与了负载控制。此外，模具胶粘剂和底漆的组合将一个表面与另一个表面隔离开来，从而减少了电化学作用的问题。

胶粘剂粘合可以提供更有效的负载控制，因此可以减少两种材料的厚度和重量。而且，不用打孔，无需对齐或密封。



胶粘剂几乎可以将任何塑料粘合到任何金属上。  
照片由汉高公司提供。

然而，胶粘剂不像机械紧固件那样是即时的。根据技术的不同，胶粘剂需要几秒钟、几分钟甚至偶尔几个小时来固定并最终固化。但是，制造商必须等待固定完成后才能移动部件。

可控性也是另一个因素。粘合过程中，必须仔细控制胶粘剂的分配量、胶粘剂使用的精确位置以及施加到装配件上的夹紧力，否则会影响粘合效果。

虽然胶粘剂几乎可以将任何塑料粘合到任何金属上，但有些材料比其他材料效果更好。“尼龙和ABS通常是最容易与金属结合的塑料，”汉高的Small说，“当您使用极其光滑的塑料材料（如聚丙烯）或难以粘合的塑料（如聚乙烯）时，与塑料的粘合强度并不总是理想的。但是底漆可以大大提高与塑料的粘合强度。”

“几乎所有的胶粘剂技术都可以用来将塑料粘合到金属上。”Small补充说，

“氰基丙烯酸酯、丙烯酸、环氧树脂、聚氨酯、弹性体和硅酮都能很好地将塑料粘合到金属上。”

一种称为混合结构快干胶的新技术（汉高于今年秋季推出）将增强塑料与金属的粘合应用。它结合了快速固化的氰基丙烯酸胶粘剂和传统的结构技术，如环氧树脂或甲基丙烯酸甲酯。

“这些是使用双滤芯分配器的双组分、室温固化的胶粘剂。”Small说，“它们能够提供氰基丙烯酸酯的快速固化速度和结构技术的耐用性。”

“混合结构快干胶可以将大多数塑料产品粘合到金属基材上，包括难以粘合的塑料，”Small说。“关键是他们使用更加快捷。固定速度将混合型胶粘剂技术与纯结构胶技术区分开来。混合型胶粘剂在不到三分钟的时间内完成了固定。”

尽管目前不可能将塑料焊接到金属上，但几个新的研发项目还是具有一定潜力。

俄亥俄州立大学材料科学与工程副教授Avraham Benatar开发了一种使用加热工具将热塑性塑料连接到金属的方法。金属基材上有精细的滚花图案，并通过将其压在保持高温的热工具上，加热到预设的时间。然后，热板被收回，将冷却的热塑性片材压在热金属表面上，达到预设的时间。

热金属熔化热塑性塑料表面，形成流动状态并润湿。熔化的塑料流入滚花，在塑料冷却和固化时形成机械互锁接头。增加凝固时间通常会增加接头的强度，并且能够达到最佳状态。

据Benatar说，他用这种技术创造的高密度聚乙烯（HDPE）-钢接头比HDPE-铝接头的强度和一致性略高。对于固定的加热时间，聚碳酸酯-HDPE-钢接头比聚丙烯-丙烯酸-钢接头更坚固。

日本大阪连接焊接研究所的工程师，已经开发了一种称为摩擦搭接焊的新工艺。他们最近进行了一项测试，能够成功地将铝和尼龙锅连接在一起，在广泛的焊接参数范围内获得了具有高剪切强度的搭接接头。