

强大的连接

新的常压等离子密封技术，确保了在注塑成型过程中实现超紧密的复合粘接。

文/Inès A. Melamies

pt.vogel.com.cn



* 更多详情
扫码关注网站

塑料与金属之间的界面，通常被证明是在生产复合材料部件的过程中令注塑成型制造商们头痛的一个危险因素。随着使用时间的延长，特别是那些具有腐蚀性的介质可能会穿过塑料与金属之间的界面并渗入部件，引起破坏甚至分层（如图1所示）。实践经验表明，最初是紧密的注塑成型粘接，可能会随着时间的延长而变得不再紧密，丧失了结合力并最终导致部件功能的失效。在很多情况下，过早的粘接失效是吸收了含有氧的湿气而引起的，这会引发界面基底的迁移。

系统合作伙伴 Plasmatreat 和 Akro-Plastic 两家公司为他们自己设立了目标：为解决这一问题寻找一种工业化的解决方案。

经过两年的研究，作为等离子表面处理技术专业公司的 Plasmatreat 和塑料配混生产商 Akro-Plastic 成功地开发出一种名为“Plasma-SealTight”的工艺，它使得在常压下产生的一种防腐等离子聚合物镀膜与塑料配混物配方以及加工工艺参数精确匹配，从而确保了注塑成型的金属/塑料部件能够实现长期稳定的、介质紧密的粘接。

无需真空的等离子镀膜

支持这一新的密封工艺的



图1 随着使用时间的延长，腐蚀性介质可能会穿过塑料与金属之间的界面并渗入部件，引起破坏甚至分层（图片来自 Plasmatreat）

PlasmaPlus 镀膜技术，大约在10年前由 Plasmatreat 与位于德国不莱梅的 Fraunhofer 制造技术和先进材料研究所（简称“IFAM”）开发。基于 Plasmatreat 于1995年为材料表面的微细清洁和活化而开发的 Openair 等离子喷枪技术，它能够在线或者在外部大气压下（从而在完全正常的生产环境下）生成功能性薄膜涂层，因而取消了低压应用所需的单独而昂贵的真空室。这项工艺可靠且100%具有可重复性。干的、环境友好的镀膜方法取代了通常在复合材料部件注塑成型中采用的清洁和底涂步骤，它还取消了

诸如中间储存和干燥之类的工艺步骤，使得部件在镀膜后能够立即进行下一步加工。

多重功能

当在两种不同的材料之间创建一种边界层时，所面临的挑战是要确保化学特性能够在两种材料之间同时实现粘接。PlasmaPlus 是一种化学-物理工艺，能够通过常压等离子层的沉积而在不同的材料之间创建一种共价键。这种常压等离子层，以分子水平与金属粘接，并与适合的塑料配混物形成如此强大的粘接和紧密密封，从而发挥防腐镀膜的功能。

一种有机硅化合物的前体被加入到等离子中，来生成一种涂层。由于等离子体内的高能激发，这种化合物被击碎并以一种玻璃层的形式沉积到表面上。化学成分可以根据应用的不同而得到改变，以确保针对任何给定的材料而获得最佳功能。这项工艺的另一优势是其巨大的灵活性，尤其是镀膜厚度和加工速度能够与特殊级别的防腐保护精确匹配。毫无疑问，这项工艺优于其他镀膜技术的特殊优势是，镀膜层的沉积区域是可选的，也就是说，这种喷枪技术使得镀膜能够以高度的精确性沉积到精确定义的位置，即使是在非常高的加

工速度下也同样如此（如图 2 所示）。100 nm 的薄涂层，其沉积时间在毫秒之内，而采用低压等离子（真空室）通常需要花费大约 1~2 min.，而且区域选择性镀膜是无法实现的。

通过开发新的前体和广泛适应的等离子参数，Plasmatreat 已成功地在 Plasma-SealTight 工艺中有选择性地几个功能合并到一个单一的镀层中。这些功能包括对金属表面的良好粘接、增强的防腐蚀性、充当一种介质和氧化隔离层，以及通过功能性化学基团的创建而提升塑料的粘接性能。涂层中所含的硅有利于对金属和金属氧化物的粘接，氧化硅用于形成屏障效应和介质密封。涂层中的有机成分（功能基团）负责实现与聚合物的粘接。

塑料配方

在制定塑料配方时，生产商们必须考虑客户规定的后续产品的许多特性，包括机械性能、电性能、热性能和化学性能，以及塑料的防火等级及其一般性能如密度和吸湿性。每一种塑料基材都通过添加添加剂、填料和增强材料而得到改性。正是这些配方成分，将基础的塑料转变成特殊用途的塑料配混物。

为保证始终如一的产品质量以及由此而带来的后续部件的功能性，生产商们必须拥有一种极其精确的、可重复的配混工艺。Akro-Plastic 擅长于配制复杂、定制化的塑料特性。凭借自己开发的配混技术，该公司能够满足上述要求，以实现功能的完整性和国际质量标准（无论在何处生产）。因此，该公司承担了“为该项目创造一种拥有特殊性能的配混料”

的任务。开发这种化学配方必须考虑两个主要方面：一方面是塑料和金属不同的线性热膨胀系数，另一方面是采用等离子聚合物层的化学-物理粘接。

强大的粘接

在试验阶段，Akro-Plastic 以一种玻璃纤维增强型的 PA6 GF30 塑料作为基础配混料而进行了专门研究，随着试验的推进，这种

配混料得到了调整。大约有 3 500 个采用不同的金属和改性塑料配混料的试样得到了测试，在此期间，等离子镀膜在粘附性和对腐蚀性介质的防腐保护方面得到了持续优化。采用钢、不锈钢、抛光不锈钢和抛光铜，实现了所需的塑料内聚断裂，采用这些金属，还获得了高的拉伸剪切强度值（如图 3 所示）。采用铝和镀锌钢，获得了一种混合断裂。其他的组合，



图 2 具备化学-物理作用的 Plasma-SealTight 工艺，能够在毫秒内在表面沉积功能性的纳米涂层，且沉积区域是可选的，从而在不同的材料之间创建了共价键（图片来自 Plasmatreat）

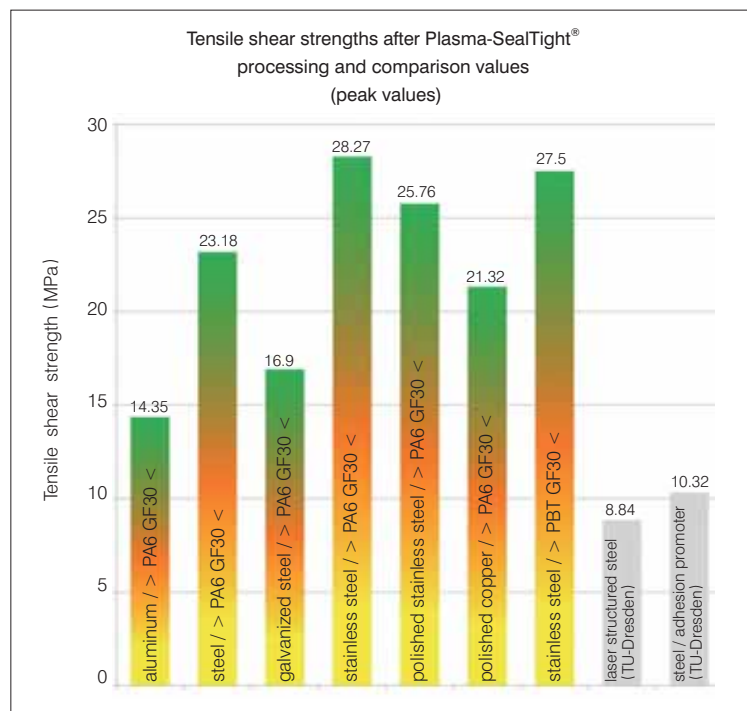


图 3 对比：Plasma-SealTight 粘接实现了最大的拉伸剪切强度，这一数值远超过涂有粘接促进剂的试样或激光刻蚀的试样所拥有的拉伸剪切强度（图片来自 Plasmatreat）

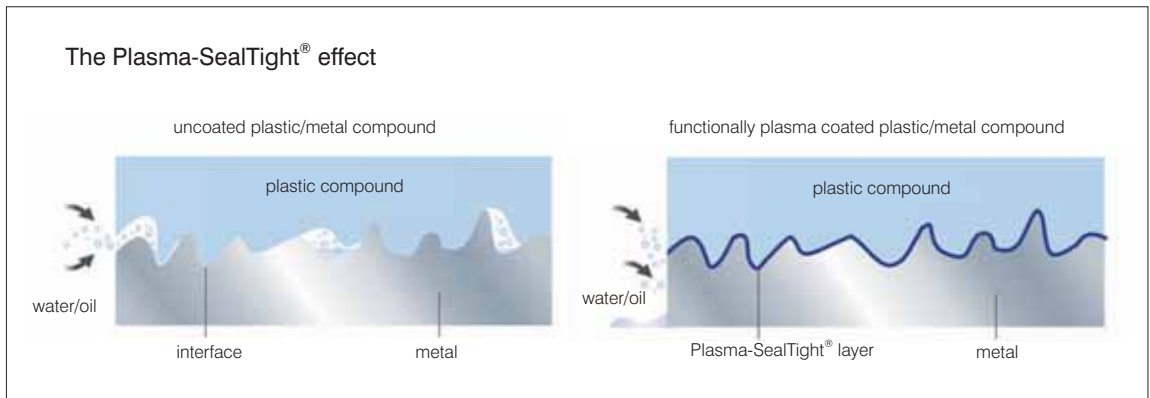


图4 如果水穿过塑料-金属粘接的边界层,可能会引起腐蚀、部件功能的失效甚至分层(左)。等离子聚合物层(右)填充每一个微腔,使水没有机会进入边界层,因此这种共价键提供了防腐保护(图片来自 Plasmatrete)



图5 该显微图片显示了有等离子镀膜、无腐蚀的金属表面与未镀膜的腐蚀区域之间有着明显的区别(图片来自 Plasmatrete)

如采用热塑性的 PA66 GF30、PA6 GF50、PA66+PA6 GF30 和 PBT GF 30 包覆成型钢和不锈钢,同样也实现了塑料的内聚断裂。人工老化试验也显示出了良好的强度水平。

介质-密封

水能够轻易地穿过边界层并在不具备化学键连接的材料界面中扩散,等离子密封能够通过填充界面上这些像薄雾一样的微腔来防止这种效应,它结合到金属

的表面并形成一种防腐屏障(如图4所示)。

介质密封性和耐腐蚀性试验的目的是发现人工老化对所需要的粘接强度的削弱程度。在等离子处理过的金属上所做的试验表明,该层形成了阻挡水、盐水和气体的屏障,并因此而阻止了这些介质向基底表面的迁移。一个不锈钢试样证明了这些发现:该试样只有一半在常压下被镀上了等离子涂层,它由 PA6 GF30 完全包覆成型,然后在腐蚀性介质中放置数周。在机械去除塑料后,对金属进行了测试,在未镀膜的、目前严重腐蚀的区域与等离子镀膜的、无腐蚀的金属表面之间有着明显的区别(如图5所示)。

对油和其他介质密封性的检测目前正在进行之中,初步测试已经显示出非常可喜的成果。例如,在首次暴露在发动机油中的试验中,一个定制测试部件(黄铜/等离子密封层/PA6 GF30)即使在1600h后也没有泄露的迹象。一个采用 PBT GF30 包覆成型的、有等离子镀膜的黄铜试样,即使暴露在发动机油中2000h后仍保持密封状态。两次试验中的测试循环,最终大大超过了规定的测

试小时数。

技术实现

在自动化的镀膜工艺中,作为等离子表面处理技术的专业公司,Plasmatrete 专注于设计一种多功能的预处理系统。该系统紧凑,且易于集成到一个连续的生产线中。随着交钥匙的、完全自动化的 PTU1200 等离子工作站(如图6所示)的开发成功,该公司



图6 交钥匙的、完全自动化的 PTU1200 等离子工作站包含了这项等离子工艺所需的一切硬件设备,能够被连接到任何传统的注塑机上(图片来自 Plasmatrete)

实现了其目标，并在 K 2016 中首次发布了这项技术。

该等离子工作站能够适应任何传统的注塑机，它使得这项加工更快速，同时允许大批量生产的塑料 / 金属部件实现连续的流水线生产。从等离子发生器、机械手、控制技术、PCU 等离子控制单元和等离子喷枪，到电缆和消耗品，该系统包含了这项加工所需的一切。其中等离子系统本身拥有两个单独的等离子喷枪。一台六轴机械手，或者采用两台小型六轴机械手或一台 XY 移动机构，引导金属嵌件首先进入 Openair 等离子束的下方，以去除其表面上任何分子水平的污物，从而恢复其原有的良好润湿性，然后立即通过第二个等离子喷枪施加功能涂



图 7 Plasmatrear 的 PST 系统拥有两个单独的等离子喷枪。首先，金属嵌件在 Openair 等离子束下以分子水平而得到清洁，然后立即通过第二个等离子喷枪施加 PST 功能镀膜 (图片来自 Plasmatrear)

层 (如图 7 所示)。

总结

这项创新的镀膜工艺，为注塑成型行业改善塑料 - 金属的粘接问题而提供了一个开拓性的解决方案。两家专业公司之间的系统

伙伴关系，为满足客户的定制化需求提供了高度的安全性。来自这两家制造商的数据表明，除了是一种可靠、可重复且具有成本效益的生产工艺外，这项新工艺还确保了更高的产品质量，而且完全是环境友好的工艺。PT