



等离子技术为滑雪板插上翅膀

——新的浸渍工艺用于比赛用滑雪板

通过采用常压等离子处理技术，一种新的浸渍工艺不仅提高了比赛用滑雪板运行表面的滑行性能和摩擦阻力，而且增加了6倍的蜡可吸附量。

文/德国Bad Honnef公司 Inès A. Melamies (本刊编译)

分秒必争！作为极速滑雪者，意大利滑雪名将西蒙·奥里冈需要在没有任何传统意义的防护措施，比如像汽车中的防护车身或精密制动系统以及其他安全技术的条件下，快速滑下雪道。当这位速度滑雪世界冠军于2015年4月5日在法国阿尔卑斯省瓦尔市创下252.632 km/h的记录时，他所依靠的只有自己以及他精心准备的滑雪板（如图1所示），而且这对于他的同行——山地速降奥运滑雪者们而言没有什么不同，虽然他们达到的最高速度只有130~160 km/h，但滑行路程却是3倍或4倍长，而且对滑雪基板浸渍提出了不小的挑战。

一个创新想法

当代的比赛用滑雪板是高科技的产物。这种多层的三明治结构包含了多种材料的组合，而且这种多材料组合根据制造商的不同而不同，并保持着严格保守的商业秘密。玻璃纤维或合成层压板、橡胶、金属嵌件或一个精心设计的木制核心——每一层材料都对特定的性能特征负责。

2013年，意大利滑雪服务技师协会 Skiman 的总经理 Dino Palmi 联系了位于意大利都灵的科技中心 Environment Park 公司（如图2所示）的内部研究部门 Plasma Nano-Tech，他询问等离子技术研究人员 Domenico D' Angelo 博士和 Elisa Aimo Boot：等离子是

否可以改变滑雪板基板的特性从而增加蜡的吸附量。Palmi 被认为是其行业领域中的一名专家，他不仅在滑雪准备方面，而且在比赛用滑雪板的烧结超高分子量聚乙烯运行表面的制造工艺上都拥有广泛的经验。他认为，烧结过程中在分子基础结构中产生的塑料残留物，对蜡的吸附具有负面影响。因此，Palmi 希望这种残留物能够通过采用常压等离子体的精细清洁而被清除。

一个专家团队

就在大约一年前，Plasmatreat 意大利分公司的总经理 Giovanni Zambon 介绍了 Plasmatreat 的两项等离子处理工

艺 Openair 和 PlasmaPlus (如图 3 所示), 因此这些意大利的科学家们现在决定, PlasmaSki 研究项目应该以这些技术为基础, 其目标是, 通过施加纳米涂层, 最大程度地增加蜡的吸附量, 加固聚乙烯滑雪基板的物理结构, 以此来延迟由极端压力而引起的基板结构的摩擦损坏和热损坏。

滑雪专家 Palmi 对该团队解释说, 为实现高速所需的蜡很快就被摩擦掉, 而且滑雪基板常常被磨损到底层, 这将引起滑雪基板微观结构的破坏 (如图 4 所示)。当问题出现时, 滑雪板就不能再上蜡, 然后基板表面必须得到机械磨削, 直到塑料中的气孔再次打开并能够吸附新蜡。然而, 超高分子量聚乙烯表面结构只能吸附一定量的蜡, 其部分原因在于生产工艺, 部分原因在于准备过程。

比赛用的滑雪板是采用不同的蜡层进行准备的。通常, 首先是采用一种热工艺来施加炔蜡, 它可深入到表面气孔中以形成一个基础层; 然后施加第二层用于提高速度的碳氟蜡。在比赛过程中, 根据滑道的摩擦情况, 外层蜡通常在运行 200~300 m 后就磨掉。一旦发生这种情况, 基础层的蜡就会发挥用来保持尽可能长的性能, 并延迟超高分子量聚乙烯三维蜂窝结构中微孔的塌陷, 这一蜡层最终也会完全磨损掉。

因此, 专家们必须解决的问题是, 在不改变已确定的热蜡工艺本身的情况下, 如何增加蜡的吸附量以及延迟这些基础微孔结构的塌陷。

内部的不规则表面

在雪中的滑动特性和表现

行为以及因此而导致的滑雪速度, 是由滑雪板的运行表面或基板决定的。目前, 高性能的滑雪板的基板是由烧结的超高分子量聚乙烯制成, 这种塑料集强大的耐磨性与抗水性于一体。这种非极性的、疏水性超高分子量聚乙烯, 具有高分子密度的特征, 能与特殊添加剂如黑色石墨相组合。石墨是一种良好的导体, 它能防止基板带电从而吸附污垢颗粒。

在烧结过程中, 这种超高分子量聚乙烯粉末与添加剂在一副

圆筒形模具中得到捏合、加热熔融, 然后在高压下得到压制。冷却后, 通过切割设备, 从超高分子量聚乙烯柱体上切下一片, 将其成型为滑雪板运行表面的最终形状。

对一个超高分子量聚乙烯滑雪基板的显微镜分析显示了一种三维的蜂窝结构, 这是由微气泡的形成创造的。这种构造使得基板表面可以吸收蜡。然而, 单个的蜂窝结构的壁却拥有不规则的几何形状, 其尖端结构的堆积、扭曲等特性会大大妨碍蜡的吸



图 2 位于意大利都灵的 Environment Park 科技中心 (图片来自 Environment Park)



图 3 Openair 等离子处理技术只需一步即可完成对材料表面的精细清洁与活化 (图片来自 Plasmatreteat 公司)



图4 在三维蜂窝结构中的微孔已经塌陷：此时，不再可能进行上蜡（图片来自 Scuola Skiman）



图5 得到处理前的滑雪基板的烧结超高分子量聚乙烯结构，其微孔中已经堆积了堵塞物和灰尘（图片来自 Scuola Skiman）

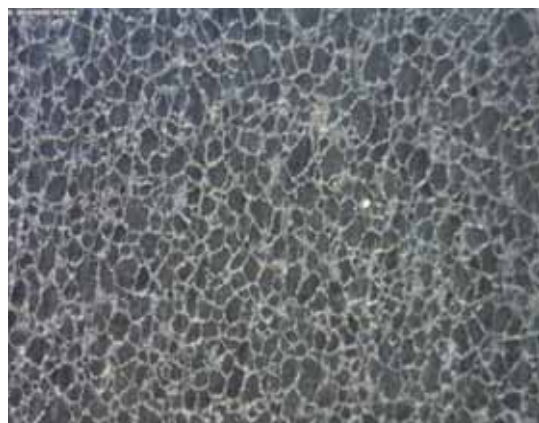


图6 等离子处理后的基板结构：微孔得到了清洁和扩张（图片来自 Scuola Skiman）

附。由于具有热敏性，这些微观的尖端结构在加热上蜡的过程中倾向于阻塞微孔，使蜡的吸收量下降。限制蜡被气孔吸附的更主要因素来自于烧结过程中残留在气孔中的聚合物粉尘量，这些粉



图7 Openair 和 PlasmaPlus 等离子处理技术使得比赛滑雪板的超高分子量聚乙烯基板得到了改变和功能化，从而使可吸附的蜡量增加了6倍（图片来自 Environment Park）

尘足以对气孔形成部分的堵塞（如图5所示）。所以，目标是去除这些堵塞物和残留物——常压等离子处理工艺完美地胜任这项任务，它只需几秒钟就能够在塑料表面完成对深层孔隙的干燥而微细的清洁。

在项目经理 D' Angelo 向参与人员详细介绍了这种结构特征复杂的化学 - 物理交互作用后，随即于 2013 年 9 月展开了一系列的试验。

两个阶段的试验期

这些试验对研究人员提出了一大挑战。不仅像喷嘴类型以及等离子喷枪的扫描间隙、扫描速度和序列等系统参数必须要设定好，而且正确的气体组合、等离子能量的构成以及接触时间也必须要创建好。此外，功能化的可操作的流程细节也必须要得到测试并建立起来。

研究的第一阶段只是集中在清洁方面，效果是显而易见的：光学显微镜分析显示，在等离子清洁处理后，超高分子量聚乙烯蜂窝结构中的孔隙不仅得到了清洁，而且还得到了扩张，或者说，它们的总容量增加了（如图6所示）。

试验第二阶段的目的是，创

建一种纳米保护涂层，以加固这种三维蜂窝结构，并减小壁的摩擦系数。PlasmaPlus 等离子处理技术为实现这些要求提供了所有的条件（如图7所示）。第一步是为涂层确定准确的化学和物理特性组合，必须找到适合的聚合前体，而且必须重新确定用于涂层沉积工艺的等离子参数，特别是涂层的厚度必须得到定义，使其既不会堵塞三维结构，也不会对蜡与基板之间的静电相互作用（范德华力）带来不利影响。

准备申请专利

仅经过 9 个月、40 次的实验室试验后，由研究人员 D' Angelo 和 Aimo Boot（如图8所示）实现的最终成果就出来了，而且一项针对 PlasmaSki 工艺的专利申请已被提交。“感谢专为满足我们的需求而开发的微细等离子清洁和等离子涂层技术，并在 Plasmatreat 公司的技术的帮助下得到应用，这使我们相比传统工艺能够实现的结果增加了 6 倍的蜡吸附量，而且是在采用了同样的蜡浸渍方法的前提下。” D' Angelo 介绍到。滑行试验表明，上蜡后，不仅滑行特性得到了极

（转 P33）



图 8 仅经历 9 个月的研究，**Domenico D' Angelo** 博士与 **Elisa Aimo Boot** 就使 PlasmaSki 项目进入到专利阶段（图片来自 Environment Park）

大的提高，而且蜡对滑雪基板表面的摩擦阻力和附着力也得到明显改善。

然而，PlasmaSki 还必须证明其在真实的滑雪条件下所具备的品质。一个专业的山地速降滑雪运动员在意大利的阿尔卑斯山，按不同的坡度、在改变滑雪条件的情况下试验了这一滑雪板。这次滑雪试验结果不只证实了实验室的结果，而且超越了实验室的结果，针对该创新工艺的专利也于 2015 年 3 月得到授予。PT