

面对垂直的峭壁，攀岩者依赖他们的本能、经验，更重要的是装备。根据岩石和路线的不同，他们会携带登山铁锁、凸轮、头盔和专用攀岩靴。有些攀岩靴十分坚硬，有些则有很好的柔性，这都需要根据不同的岩石形貌和攀岩技巧来选择。这些选择依赖于不同人的喜好。对于北加州攀岩爱好者 C.J.Howard 来说，有一只定制化的假脚才是最重要的，因为他是一名截肢运动员。他和他的攀岩伙伴同时又是航天工程师的 Mandy Ott 一起设计了他的假脚。

Howard 曾经是一名运动员，在被诊断患有骨肉瘤之后不得不截去左腿膝盖以下的肢体，但是他仍旧坚持跑步并在多项运动中打破了残疾运动的记录。有一天，他遇到了 Mandy Ott，随后一起开始了攀岩运动。刚开始，他使用标准的人造假肢穿上攀岩靴去攀岩，但是他发现他的假肢并不能和专业攀岩靴很好的配合在一起，他的朋友开始考虑如何让 Howard 爬的更快更好。

他们在电脑里面设计出一个新的假肢模型并配有很前卫的攀岩靴，靴的头部有个向下的趾头。但是怎样才能生产出来呢？Ott 立刻想到了增材制造的方法：直接金属激光烧结技术（DMLS）。“我从没有考虑使用传统机加工工艺，因为传统工艺会在假肢中产生缝隙，或者会有螺钉螺栓凸出来使它不能很好的满足攀岩的需要。” Ott 解释说。

他联系了 Morris Technologies 公司，这家公司专长于增材制造并在他以前的一个项目中作为供应商一起合作过。这家公司首先将新设计出来的假肢的 CAD 的数据上传到 EOS 的设备上，EOS 的设备会将 3D 的数据转换为 2D 的切层，然后分层

增材制造技术

设计一个新的脚

美国 Morris 公司使用 EOS 的直接金属激光烧结技术（DMLS）显示了如何让定制化产品适合于极限运动。

文 | EOS



攀岩所需要的工具，其中包括使用直接金属激光烧结技术（DMLS）制造出来的定制化的假肢

制造出来。在设备中使用了钛合金的金属粉末作为原材料，逐层沉积在设备中的成型平台上。激光聚焦在假肢的第一层 2D 切层中，由于高温作用，金属粉末熔化并快速凝固，完全复制出这层 2D 的数据模型。然后，在此基础上再次添加金属粉末，激光再次根据 2D 数据熔化金属粉末，并将其与第一层的金属完全烧熔在一起。之后重复进行铺粉，选择性熔融，快速凝固的过程，每次假肢会增加 20 μ m 的厚度。当逐层熔敷的过程自动完成后，去除多余的粉末，将假肢进行热处理去除残余应力，以保证材料的力学性能。制造 6in $\times$ 3in $\times$ 2in (1in=25.4mm) 的假肢需要约 40h。最终完成的 5lb (1lb=0.454kg) 重的假肢是一次完成

的中空零件，没有缝隙也没有任何固定件。选择供应商使用橡胶材料做鞋底封套在假肢的底部。中间使用一根钛合金棒将假靴和 Howard 的大腿链接起来。

Morris 公司选择的是商用级别的钛合金材料：Ti64。这种材料就有优异的力学性能和较轻的重量，有着广泛的应用。因为这件产品是 Morris 公司生产的第一个假肢产品，该公司的市场和销售副总 Tim Warden 认为 EOS 的技术可以非常理想的应用于假肢这个行业。“假肢必须为病患提供定制化的产品。” Warden 说，“经过多次尝试，如果发现有些地方不合适或者没有发挥功能，我们在 CAD 数据中略做调整，重新生长这个产品，在关键地方略微加点材料，就完成了。”

当橡胶材料和金属假肢结合在一起的时候出现了一些问题，如橡胶最初不能很好地粘接在钛合金表面上。Tim Warden 指出，我们需要专业的设计软件可以设计出特定表面结构能更容易让橡胶材料粘接在钛合金表面上。同时，可以设计出内部的网格结构使假肢更轻。Mandy Ott 说：“使用直接金属激光烧结技术（DMLS）没有任何局限，每个工程师都应该尝试它。” [1]