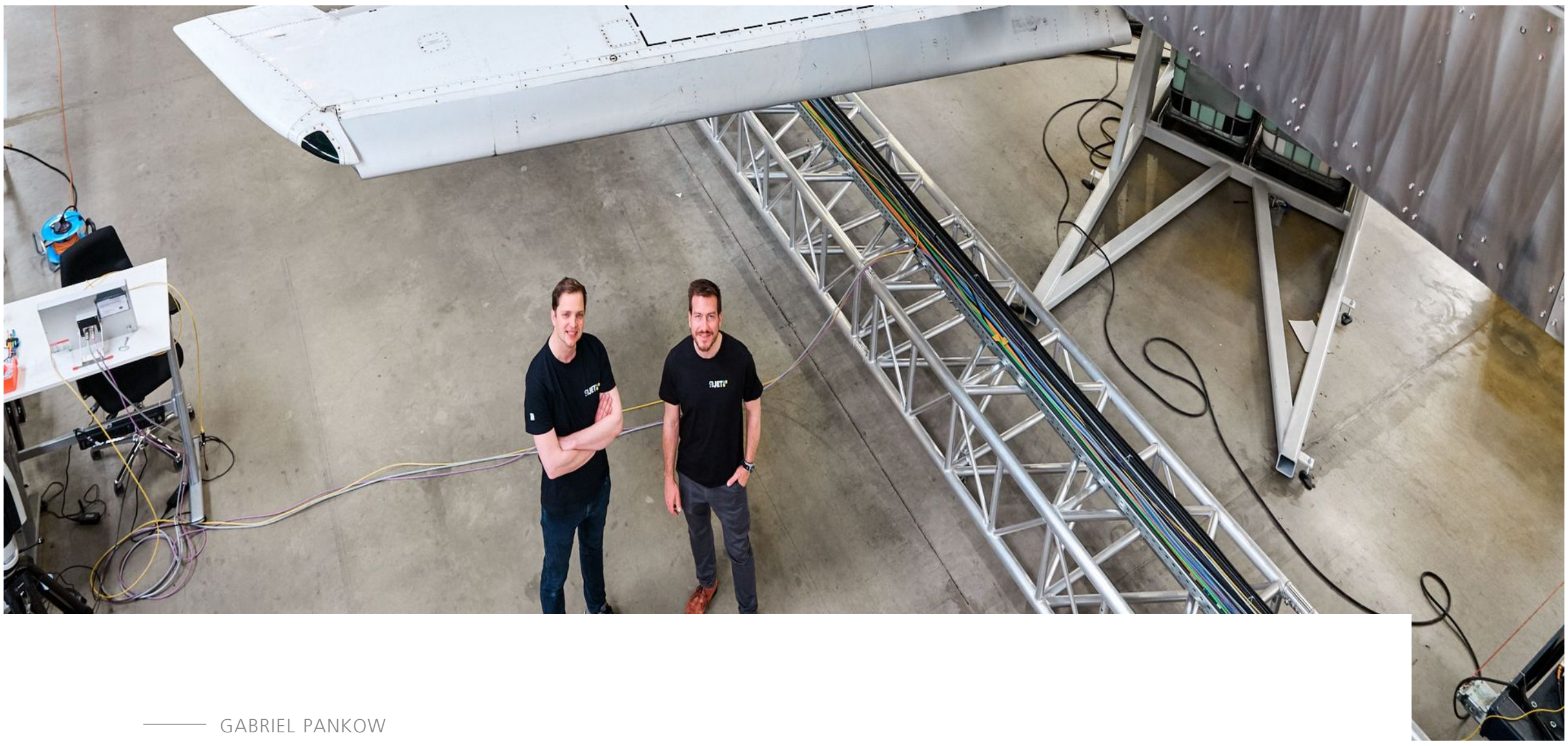



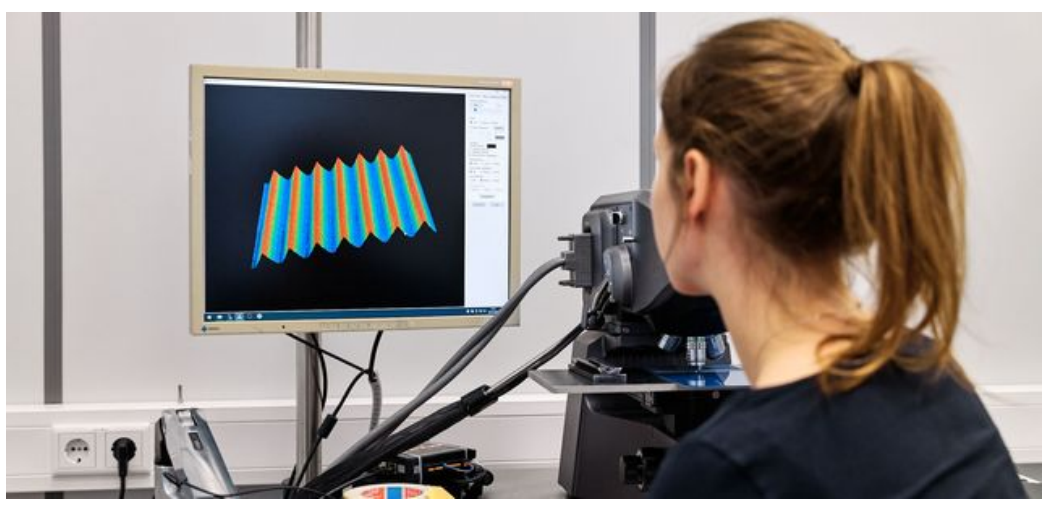

GABRIEL PANKOW

灵感源自鲨鱼，激光打造而成

4Jet □司□鲨鱼皮的原理应用于飞机机翼□利用激光在漆层中加工出□观结构，从而减少二氧□碳排放和航空燃油消耗。

□过鲨鱼吗？它的皮肤摸起□十分粗糙。这是因为鲨鱼身披由带有特殊沟槽的微□鳞□组成的“亮片外衣”□这身“外衣”□必光鲜亮丽，却能为□鱼□来显著的流体动力学优势□鳞片上的沟槽在鲨鱼体表形成微观结构，可显著减少沿身体产□的耗能水涡。这种结构使□鱼能够以每小□ 70 公里以上的速度在水中疾驰：阻力更小、□耗□低、速度更快□

□接□□到□层□

Michiel Top □人从来没有触摸过鲨鱼皮。但他希望不久后能把这种□构□用到飞机部件上。作为激光设备制造□ 4Jet □产品开发人员，他与另外九名同事共同参与了名为 LEAF □项目。目标是将飞机蒙皮变□“鲨鱼□”。□为在水中行之有效的原理□在空气中也同样适用。□观□构也能降低飞机的能□**消耗**———□就是航空燃油消耗。因□，**一些航空公司已经开始采用粘贴式表面结构。** 4Jet □□也□开发此类薄膜，但从长远□看，他们认为还有更好的□决方案。Michiel Top 解释道□“□□将被称为肋条结构（Riblets□的微小 V □沟槽直接加工到漆层中。这样可以将摩擦阻力最多降低 10%。摩擦阻力约占飞机□阻力□ 50%。也就是说，如果在□架飞机表面□□出这种结构，每次飞行就□节省 3% 至 4% 的燃油□”□架□机的平均服役年限约为 20 年，通常每七年需要重新喷涂一次□由□计算，在其整个生命周期□节省的燃油以及减少的二氧化碳排放量将十分可观。

□束激光相互干涉，在材料□面形成肉眼几乎无法看到的微小 V 形沟槽□

为了确保即使在并□□全平整的飞机表面也能可靠加工出这种结构□4Jet 选择了具有极大焦深的方案□

https://www.trumpf.com/zh_INT/newsroom/stories/von-haien-inspiriert-von-lasern-gebaut/





□调的肋条结构（Riblets），即 V □沟槽被直接加工到漆层中□工种结构可将总阻力降低 50%□从而大幅节省燃□□

□条□□的□型□条结□

□然薄膜会增加飞机重量，□且最终会成为废弃物，□什□还要使用它？因为迄□还□有办法在较短时间内，为□百平方米的飞机漆层加工出功能特性经过精准优化 □微□结构。做不到。不可能。□是句号。□ 4Jet 公司的 LEAF 团队□给出了不同的答案：做不□？那是不存在的！重点在于这个感叹号□LEAF 是“Laser Enhanced Air Flow”□激光增强气流）的缩写。该项目已开展十年，致□于□现一个雄心勃勃的构想。□工艺利用激光干涉这一□理现象，在材料表面加工□成特定微结构□4Jet □司团□利□一套特殊光学元件将□光□分束，再将两束激光重新□合，使其相互叠加并发生干涉。这种相互作用会形 □具□不同强度分布的特征图样， □而在微观尺度上改变□料表面。

Lukas May 是 4Jet 公□ LEAF □备的负责人。他解释道：“□们加工出的肋条结构宽 100 □米、深 50 □米，并将这种极其□细的微观结构均匀加工到面积超过 400 □方米的飞机机翼上□”因此，漆层并非□点加工，而是沿较宽的轨□成条处理：设备利用激光一次加工出约 15 至 20 □米宽的条带。在这些被称为“Lanes”□加工带内，可形成完□均□的肋条结构□

May 表示，各加工带□过渡位置会存在毫□级□位，但从整个加工面积来□，这并不影响功能□“□则我们就必须对同一条肋□结构加工两次，这样就存在加工结构过深、进入材料内部 □多的风险□ □□我们选择稳妥的做法。尽管如□，我们仍可有效地并排加□近 2000 个肋条结构，从而□产生一个并非完美的接缝区域。相比传统激光结构 □技□，该工艺具有□ 20 毫米的大焦深，□此即使飞机表面并非完全平整，也能可靠完成微结构加工，并达到最高每分钟一□方米的加工速度。

> □们清楚，要让这□技术实现商业化应□并投入航空运营，□需要三到四年的时□。但我们已经证明□该工艺切实可行。□在，我们已准备好□出下一步□
>
> 4Jet 公司的 Lukas May 和 Michiel Top。

□氧□□激□器□二氧□碳减排

□了让该工艺能够在机库内□用于大型飞机□4Jet □司需□一□可灵活移动的设备，□引□激光沿飞机机身移动。为□，4Jet □司建造了一座龙门式设备。它的尺寸十分惊人 □这□演示设备高□ 10 米、宽□ 20 米，安装在该公司 Alsdorf 总部的厂房□。其用于加工空客 A330 或波□ 777 的机翼。□套设备由运动系统、激光器、□射镜、干涉光学系统以及□传感器系统和软件组成□激光光源采□ CO2 激光器 TruFlow 5000。它最□合该工艺的物理要求。

Michiel Top □释道：“波长至关重要。CO2 □光能够被飞机漆层特□有□地吸收，因此能够实现精 □且低损伤的表面结构化加工。”同时，激光还需要□备较高的相干性，以保证由叠加激光束形成的干涉图样能够稳定生成 □□此，通快针□ 4Jet □司的应□需求对 TruFlow □光器进行了改造，，□中包括利用特殊光栅对激□束进行光谱窄化处理。May 解释道□“□过□二氧化碳激光器无法使用光纤传输□光□”

□于龙门式设备尺寸庞大，□光□到□飞□蒙□所□经□的□路□长。而一套为此专门开发的反射镜系统会负责将激光束传输至加工位置。“□□本□会□生□转□形□因□我□采□了□套□动跟踪系统，□通□可移动的反射镜进行相应校正。”尽管体积庞大，该□统仍可自由移动。激光振镜可□确检测飞机与设备的位置。

□则上，肋条结构也可以加□到整架飞机的表面。不□在□际应用中□4Jet 公司主要□注□气动力学上特别关键的区□。计算结果表明，这种结构在机翼上的效果最为显 □，□为机翼区域的空气摩擦阻 □影响尤其突出□Top 表示，航□□司等潜在客户对该工艺表□出浓厚兴趣。不过，LEAF □队要真正为这些客户□飞机披上“鲨鱼皮”□可能还需要一段时间□May 解释道：“□□，我们正在寻找航空领□的合作伙伴，希望与他们□同提供这项服务□“□□，该公□还需要取得相关航空主管□门的必要认证□ □这一□程十分耗时。尽管如此□May 和 Top 仍充满信心□“□们清楚，要让这项技术实现商业化应用并投入航空 □营□还需要三到四年的时间。□我们已经证明，该工艺切实可行。现□，我们已准备好迈出下一□。”

GABRIEL PANKOW

激光技术事业部发言人