美国技术突破：可在极短时间内制造高超音速防护罩和火箭部件

来源：美国 Interesting Engineering 网站 ｜ 发布时间：2026 年 9 月 6 日 ｜ 关键词：美国、高超音速、防护罩、火箭、部件

摘要：新的 FAST CAR2 技术可以大幅加快高超音速系统用超耐热材料的生产速度。

原文链接：https://interestingengineering.com/innovation/us-breakthrough-build-hypersonic-rocket-faster

约翰·霍普金斯大学应用物理实验室（APL）的研究人员找到了一种方法，可以大幅加快碳-碳复合材料的制造速度。研究小组解释称，这种新方法可以取代目前缓慢且劳动密集型的制造过程，最终大幅削减生产成本。

“正是这种速度让 FAST CAR2 如此引人注目，”APL 极端与多功能材料科学项目助理经理萨尔·尼默（Sal Nimer）说。“它有可能实现更快、更高效地生产用于高性能应用的先进材料，无论是火箭喷嘴还是高超音速飞行器，”他补充道。

让碳-碳复合材料更容易制造

“碳-碳复合材料是可用于热防护系统的最重要材料之一，这些系统帮助高速飞行器在极端高温下生存，”共同领导 FAST CAR2 项目的 APL 材料工程师威廉·法伊（William Fahy）说。“它对 NASA 的‘帕克’太阳探测器（比任何人造物体都更接近太阳的航天器）的热防护罩至关重要。它是不可或缺的，”他补充道。然而，目前的制造过程非常缓慢。

碳-碳复合材料，如果你不了解的话，基本上就是嵌入固体碳基体中的碳纤维。想象一下碳纤维增强塑料，只不过纤维不是被环氧树脂包围，而是被更多的碳包围。

这赋予了它极轻、机械强度高且耐热性惊人的特性。这就是为什么你会在火箭喷嘴、再入系统、导弹鼻锥、飞机刹车和高超音速热防护系统中看到它。

传统上，你从多孔碳纤维结构开始。然后你需要用额外的碳填充纤维之间的所有微小间隙。主要有两种方法：反复将富碳气体强制通过材料并在其中沉积碳，或者用树脂浸泡它并加热树脂，直到除碳以外的几乎所有东西都被烧掉或热解。

问题在于，一次处理无法填满所有空隙。另一方面，FAST CAR2 使这一过程变得简单和快速得多。事实上，传统方法需要数月才能制造出的类似材料，现在只需几天就能完成。

他们不是慢慢地在纤维结构内部生长或沉积碳基体，而是将含碳材料直接放入纤维预制件中，然后使用一种称为“场辅助烧结”（field-assisted sintering）的技术，极其迅速地将整个物体挤压并加热。

展望未来

电流通过时会产生极快速的加热，同时压力机将所有东西压在一起。实际的致密化过程显然在几分钟内就能完成，尽管准备工件和完成整个制造过程仍需要几天时间。

“我们的目标是实现革命性的突破——改变机制本身，以便我们能以数量级更快的速度达成目标，”查普金（Chapkin）说。“当我们开始时，理论是存在的，但我们甚至不知道材料是否会保持完整，”查普金补充道。“我们每一步都感到惊讶。”

展望未来，该团队现在正与外部合作伙伴合作，以获取更大的压力机，这将使他们能够将工艺扩大到更大样本的制造，并为更多应用打开大门。

“规模化总是最难的部分，”法伊承认，“但看到这一切整合得如此之快，以及它已经取得的成功，我们对它的未来感到乐观。”