

高速拍摄增材制造过程

Phantom 高速摄像机是如何使研究人员更好地了解增材制造过程中激光与物质的相互作用的。

据 Ángel Iván García Moreno 博士说，增材制造是目前制造业最流行的趋势之一。它能够在 CAD 设计的基础上创建三维物体，被广泛用于医学、航空航天等许多行业。然而，尽管它很受欢迎，García-Moreno 博士承认，要理解这个过程的机理，仍有几个技术难题必须得到解决。“我们的研究小组正在努力解决这些挑战，”他说。

谈到增材制造，García-Moreno 博士是这方面的专家。他在墨西哥的应用科学和先进技术研究中心 (CICATA) 获得了先进技术专业的博士学位，目前他是工程和工业发展中心 (CIDESI) 的一名研究员。他还担任研发协调员，并且是墨西哥国家研究系统机构的成员。

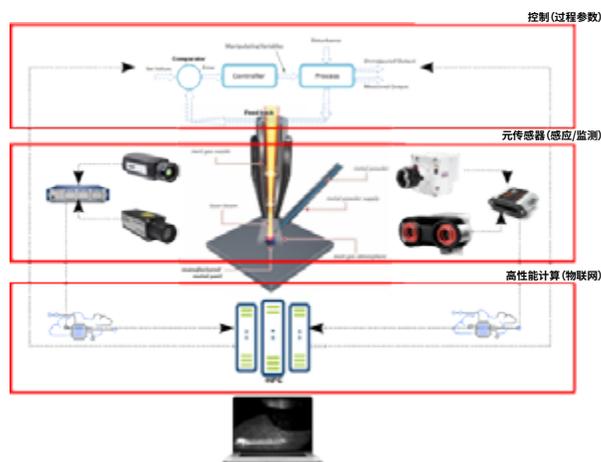
García-Moreno 博士的研究工作以直接能量沉积技术为重点，包括研究激光与物质的相互作用，以便对增材制造过程中出现的传导、对流和辐射现象进行建模。García-Moreno 博士解释说：“我们希望更好地了解激光功率、光束直径、制造模式和扫描速度等制造参数对逐层沉积过程中的物理现象的影响。”

PHANTOM 在近期实验中的作用

据 García-Moreno 博士称,美国国家标准与技术研究所 (NIST) 在其《金属增材制造测量科学蓝图》中强调了开发监测技术来保证增材制造过程的质量和可重复性的重要性。目前,在激光金属沉积 (LMD) 过程中,熔池、粉末流和基材之间的相互作用,以及它们各自特性的影响是非常值得研究的领域,而对这些相互作用的研究只能通过具有高采集速率的先进传感器来进行。

最近,García-Moreno 博士和他的研究小组研究了颗粒速度和粉末流动力学对 LMD 过程的影响。“由于喷嘴和基材之间的颗粒的行为影响了颗粒吸收能量的能力,所以研究它们的动力学是很重要的,这样我们就可以优化增材制造部件的质量。”为此,他开发了一种新的自适应粒子图像测速法 (PIV),用于测量金属粒子的飞行速度,这一信息可以帮助利用粉末流的行为来确定喷嘴的特定会聚区。

在这些实验中,García-Moreno 博士和他的团队使用了一台 Phantom VEO 710 高速摄像机,用于在不损失分辨率的情况下以非常高的频率捕捉 LMD 过程。



实验装置的概览。

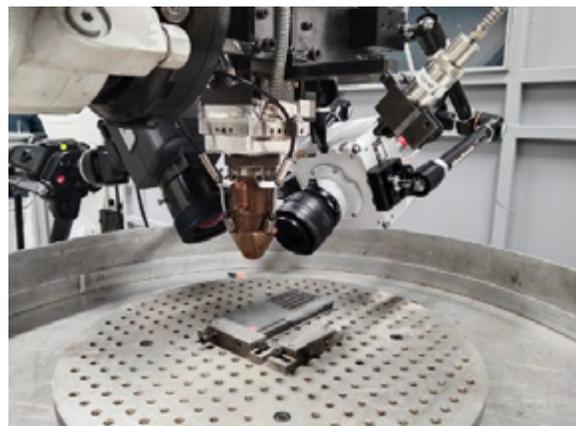
坚固耐用, 适合实验室使用, 速度快如闪电

为确保高质量的图像采集,VEO 710 采用了定制的 100 万像素 (Mpx)、35 毫米的传感器。它可以在 1280 x 800 的全分辨率下以每秒 7400 帧 (fps) 的速度捕捉图像,也可以在降低分辨率和使用受出口管制的 FAST 选项时以高达 100 万帧的速度捕捉图像。除了具有 7 Gpx/sec 的高数据传输速率外,VEO 摄像机还耐冲击、振动,可以在各种温度条件下运行,使用寿命长。利用 Phantom 摄像机拍摄的图像,García-Moreno 博士和他的实验室可以计算出金属颗粒的速度。

除了摄像机之外,这些实验还使用了许多先进的设备,包括 TRUMPF TruDisk 6002 激光源、ABB IRB 6620-120 机械臂、双料斗 Medicoat Flowmotion Duo 振动送粉器和三端口同轴激光 LMD 加工喷嘴。为了监测 LMD 过程,研究人员使用了一个由摄像机和高温计等组成的多传感器监测平台,以在一维和二维方向上获取可见光和红外波段的数据。

“这个采集平台由多个具有通信能力的联网传感器组成，”García-Moreno 博士解释说。“整个网络可以被看作是一个受控的元传感器。此外，每个传感器都有一定的自由度，允许系统进行自我校准。监测系统可以根据任务或请求，控制数据采集过程，为具体任务获取‘信息量最大的数据’。”

通过将 Phantom VE0 710 高速摄像机集成到“元传感器”中，研究人员能够观察到高速事件，例如原材料从固态变为液态再变为固态的过程，以及金属颗粒的速度。研究人员将摄像机配置为以 1280 x 720 像素的分辨率、50 微秒的曝光时间和 5 至 10 千赫兹的频率采集图像。此外，在观察这种类型的制造过程时，摄像机的极端动态范围 (EDR) 功能发挥着重要的作用，因为据 García-Moreno 博士说，“熔化原材料时发出的光会使传感器饱和。”通过将 EDR 设置为 < 4 微秒 (μs)，研究小组实现了必要的曝光，以很高的清晰度捕捉到了这些增材制造过程。

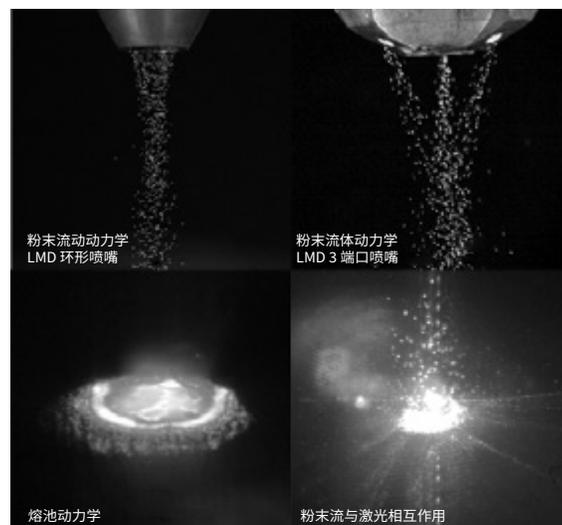


研究人员将 Phantom VE0 710 垂直置于粉末流动或沉积现象的水平面上。

增进我们对增材制造的理解

得益于 Phantom VE0 710 摄像机，García-Moreno 博士和他的研究团队更好地了解到了增材制造过程中激光与物质相互作用时发生的物理现象：

- 摄像机使研究小组观察到了金属颗粒从离开喷嘴到被能量源融化的整个过程。然后研究人员借助后处理技术，用这些图像测量了粒子的速度和方向。他们发现，这些粒子只有在 16 毫米的范围内达到了每秒 20 米的速度。
- 摄像机使研究人员观察到了熔池的表面流动，这有助于他们研究沉积物中可能发生的偏析，并预测用 LMD 制造或修复的部件的缺陷，例如孔隙。摄像机还让他们测量了熔池的几何特征。
- 摄像机帮助研究人员看到了物质的状态变化，例如从固态变为液态再变为固态，并研究了工艺参数对所制造部件的机械性能的影响。



在 LMD 过程中，熔池、粉末流和基材之间的相互作用只能使用具有高采集速率的摄像机来研究。

支持实时零件检测

实验室监测平台中使用的传感器和控制装置可以实时改善制造环境的绩效。“这些新开发的图像处理和破坏性评估技术使我们能够优化就地零件检测过程和加工后的零件检测过程，”García-Moreno 博士说。“例如，通过逐层监测零件的几何形状，我们能够实时验证零件的质量，消除零件的任何变形和残余应力。”

通过在生产环境中运用实验室知识，并增强现场测量能力，增材制造商可以评估关键的工艺参数，优化性能并实现零件间的可重复性。

展望未来，García-Moreno 博士计划将 Phantom VEO 710 摄像机用于 CIDESI 的其他项目。他说：“例如，我想测量熔池中波纹的频率并将其与缺陷的形成联系起来。”他还想要测量和分析某些材料在微米和纳米级的金属基复合材料 (MMC) 沉积过程中的偏析，特别是 Inconel 718 + Al₂O₃ 和 Stellite + WC₁₂Co 的沉积过程。

“我也在考虑将目前的工作范围扩大到其他可用的增材制造技术，如粉末床熔合、丝弧增材制造和电子束熔化。”

要了解更多信息，请访问 www.phantomhighspeed.com。

增材制造研究领域的先驱

García-Moreno 博士开发了几种高速和红外图像处理技术，以实时监测和提取增材制造过程（尤其是熔池）中的热和几何特征信息。他甚至提出了一种新的超像素技术，以降低图像的维度和简化划分和跟踪任务。这种算法被称为引力超像素。

此外，García-Moreno 博士还开发了新的软件应用程序，以处理通过扫描电子显微镜 (SEM) 和场发射扫描电子显微镜 (FESEM) 采集的显微图片。一个例子是对增材制造部件的孔隙和裂缝等缺陷进行划分和分类。这些划分任务采用 García-Moreno 博士研究小组开发的新型图像处理技术，而分类任务则采用自组织映射 (SOM) 和随机森林等机器学习技术。



某些 Phantom 摄像机需要出口许可证。有关更多信息，请访问 www.phantomhighspeed.com/export。