



案例综述与数据

面临的挑战

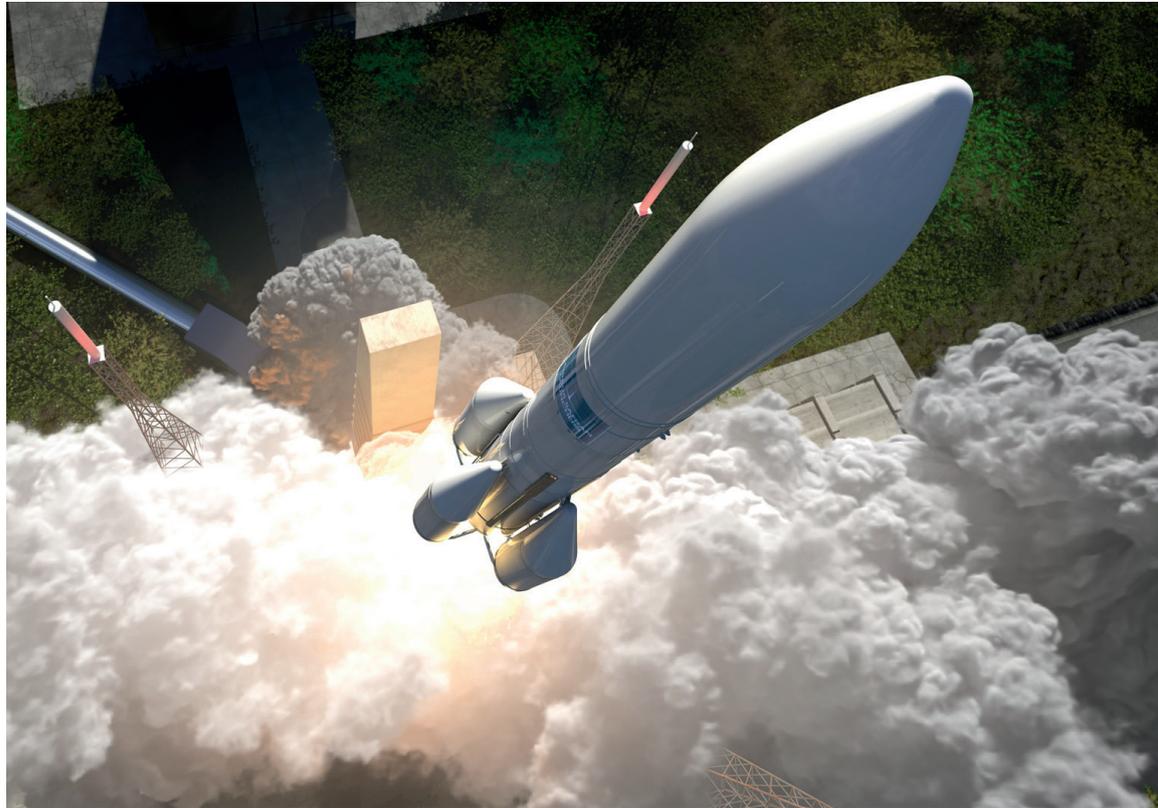
以尽可能少的组件及更低的单位成本生产火箭发动机喷嘴。

解决方案

利用增材制造技术，将原本由 248 个单独零部件组成的产品功能集成化为仅一个组件。

成果

- 简化：单个组件代替 248 个零部件
- 具有成本效益：成本降低 50%
- 快速：大幅缩短生产时间



借助 EOS 技术，ArianeGroup 成功制造出采用一体化设计 (AiO) 的上面级助推器喷嘴头。（来源：ArianeGroup）

面向未来的 Ariane 助推器：
已借助增材制造技术进行简化



借助 EOS 技术，组件数量从 248 减少为 1

简介

ArianeGroup, 原名 Airbus Safran Launchers 是由欧洲航空航天公司 Airbus Group 与法国 Safran 集团举办的合资企业, 负责开发与生产欧洲全新运载火箭 Ariane 6。

其他信息

www.ariane.group/en

“任务关键”可贴切地描述用于航空航天行业的 1 类组件。耗资数亿的任务由这类组件决定成败与否。因此, 工程师们持续致力于开发品质、功能性和坚固性最为卓越的组件, 同时简化制造链并减少各个组件的数量。借助 EOS 技术, ArianeGroup 成功将其推向全新水平: 面向未来的上面级助推器中使用的火箭发动机喷嘴头从原来的 248 个组件减少为仅 1 个组件。喷嘴头已经简化为真正的一体化 (AiO) 设计。

面临的挑战

欧洲航天局 (ESA) 希望借助高效的运载火箭技术在航天运输领域占据强有力的独立地位。为此, 委托欧洲航空航天公司 Airbus Group 与法国 Safran 集团联合成立的合资企业 ArianeGroup 打造新一代产品。Ariane 是欧洲航天局研制的一系列运载火箭, 旨在将通信卫星等重型有效载荷送入地球轨道。

在推进模块中, 会在极端条件下产生巨大推力。这需要在狭小空间内实现极高的可靠性和精确度。喷嘴头是助推器的核心组件之一, 负责将燃料混合物输入燃烧室。在传统设计中, 该组件由 248 个零部件构成, 而这些零部件通过各种制造步骤生产、装配而成。采用铸造、铜焊、焊接与钻孔等不同的工艺步骤可能会带来缺陷, 从而可能导致在极端负荷下产生风险。此外, 生产如

此多的零部件也是一个十分耗时的复杂过程。在喷油器组件领域, 传统的生产过程需要在铜套管中钻出 8000 余十字孔, 然后用螺钉将铜套管精确地固定到 122 个喷油器组件上, 以便将其中流动的氢气与氧气混合。实现集所有零部件于一体的功能集成组件显然是一项宏伟的目标。特别对于 1 类组件, 这还有助于发挥巨大的经济潜力, 减少工艺步骤并缩短生产时间。

包含 122 个喷油器组件的火箭发动机喷嘴头采用一体化设计 (AiO), 通过 EOS NickelAlloy IN718 材料以及增材制造技术生产而成。(左图) 采用一体化设计的功能组件: 基板。(右图) (来源: EOS GmbH)



解决方案

增材制造为这些挑战提供了应对方案。“若要生产一体化喷嘴头，只能采用 EOS 技术，”

ArianeGroup 材料与工艺生产技术主管 Steffen Beyer 博士表示，他解释了选择工业 3D 打印技术的原因，“只有增材制造可以将集成功能、轻量化结构、更为简单的设计以及更短的交付周期等特性融合于单一组件中。”项目团队再次选择了耐高温、耐腐蚀的镍基合金 (IN718) 材料。材料在高温下可呈现出出色的抗拉伸性、耐用性、抗蠕变性和抗断裂强度，并将与全新的生产技术搭配使用。

“成功开发出组件后，我们将我们的注意力转向如何提高成本效益。”材料与工艺生产技术部门 Fabian Riss 博士称。ArianeGroup 的关键需求是缩短交付周期并降低单位成本。最初，采用 EOS M 290 通过增材制造技术进行生产。

生产流程	1 个喷嘴头的成型时间
铸造与精加工	3 个月
EOS M 400 (1 个激光器用于生产 1 个组件)	65 个小时
EOS M 400-4 (4 个激光器用于生产 1 个组件)	35 个小时

初步试验成功后，采用更大型的 EOS M 400-4 系统扩大生产。借助 4 激光器技术，推进模块的制造速度可达原来的四倍。“采用生产率较高的 EOS M 400-4 系统扩大生产，是我们为提高 Ariane 项目的工业化和竞争力迈出的重要一步。凭借 EOS 员工的丰富经验和行业专业知识，协作得以高效展开。结果不言而喻，同时也有力证明了团队的卓越表现。”Steffen Beyer 博士补充道。

成果

采用增材制造技术生产出的全新喷嘴头令人惊叹：并非 248 个零部件，而仅由 1 个组件构成，功能相同，但最大程度缩短了所需的时间。借助 EOS 基于粉床的工业 3D 打

印技术，可将 122 个喷油嘴、基板和前面板、带有相应进料管的圆顶氢气氧气燃料输送头打印为单个集成组件。以 AiO 喷嘴头为例，与单激光器系统相比，EOS M 400-4 多激光器系统生产率明显更高，可将成型时间缩短至 1/4，并将成本降低 50%。项目团队还取得一系列成功。与铸件相比，设计得以简化，材料属性得以提升，采用增材制造技术可大幅减小壁厚，而不会对强度造成任何损失。此外，组件重量大幅减轻，也能进一步缩短成型时间，从而降低成本。

最后但同样重要的是，增材制造工艺可大幅加快创新周期。开发阶段中的结构改进、设计修改和测试件的制造均可基于 CAD 数

据直接投入生产，工程师无需像铸造零部件时那样花时间准备模具。因此，工业 3D 打印可大幅缩短交付周期。过去，每次更新换代通常需要半年左右的时间，而现在只需要几天。除此之外，整条制造链现已部署于 ArianeGroup 工厂内部。简而言之：任务成功完成！

“Ariane 项目是我们的创新力与 EOS 专业知识的结晶。我们携手合作，采用增材制造技术生产出火箭发动机的喷嘴头，并取得了丰硕的成果：生产时间大幅缩短，成本降低 50%。”

*Steffen Beyer 博士，
ArianeGroup 材料与工艺
生产技术主管。*

EOS GmbH
Electro Optical Systems
公司总部
Robert-Stirling-Ring 1
82152 Krailling/Munich
德国
电话: +49 89 893 36-0
传真: +49 89 893 36-285

EOS 全球办事处

EOS 法国
电话: +33 437 49 76 76

EOS 大中华区
电话: +86 21 602307 00

EOS 印度
电话: +91 44 39 64 80 00

EOS 意大利
电话: +39 02 33 40 16 59

EOS 韩国
电话: +82 2 6330 5800

EOS 北欧与波罗的海地区
电话: +46 31 760 46 40

EOS 北美地区
电话: +1 248 306 01 43

EOS 新加坡
电话: +65 6430 04 63

EOS 英国
电话: +44 1926 67 51 10

www.eos.info • info@eos.info

Think the impossible. You can get it.

