

# SLM 金属 3D 打印轻量化技术分析

毛剑锋, 王 静, 姜丽娜

(沈阳飞机工业(集团)有限公司, 辽宁 沈阳 110000)

**摘要** 随着社会的不断发展, SLM 金属 3D 打印轻量化技术也进一步引入各个行业的生产中, 尤其对金属零部件的发展起到促进作用, 本文主要以 SLM 金属 3D 打印轻量化技术分析为重点进行阐述, 首先对 SLM 金属 3D 打印轻量化技术相关研究进行分析, 其次从引入点阵结构大规模减轻重量, 赋予功能性、拓扑优化创新增材制造设计, 增材设计丰富拓扑优化手段、运用创成式设计, 实现结构不断进化、材料和结构协同制造, 满足更高要求发展等几个方面深入说明并探讨, 旨在为相关研究提供参考。

**关键词** SLM; 金属 3D 打印技术; 轻量化结构设计

**中图分类号**: TGI

**文献标识码**: A

**文章编号**: 1007-0745(2023)09-0004-03

我国金属 3D 打印轻量化技术虽然发展历程较短, 但在我国有关科研人员深入的研究过程中, 已经取得较为丰富的研究成果, 即使与一些具备先进技术的国家相比存在一些差距, 但也能很快追赶上来。如今, SLM 金属 3D 打印轻量化技术已经运用到多个行业领域, 如航空航天领域, 通过深入探究飞机、飞船、火箭等运载工具减重的最大可能性, 降低其运行中的能源消耗, 有效提高飞行器的续航时间。

## 1 SLM 金属 3D 打印轻量化技术相关研究

### 1.1 金属 3D 打印技术

3D 打印是建立在 CAD 模型基础上完成的零件制造, 零件的结构复杂程度对零件成型影响很小, 能够进行加工处理的材料也更加广泛, 与我国的传统工艺进行比较存在一定的优势。如今 3D 打印技术已经运用到多个领域, 如汽车、建筑设计等, 取得十分明显的发展效果<sup>[1]</sup>。

在 3D 打印技术整个体系范围中, 金属 3D 打印主要是通过采用激光或电子束等方式输入热源, 将金属粉末进行融化、凝固, 从而达到冶金结合的效果, 金属材料的 3D 打印在医疗、武器装备方面具有很好的发展前景。

### 1.2 轻量化结构设计

对于轻量化设计而言, 要想满足设计要求可以采用如下两种方式: 第一种方式是选用钛合金、铝合金等一些比较轻质的材料, 第二种方式是利用中空夹层及一体化结构的设计形式, 满足轻量化设计要求。例如, 在制造飞机过程中, 通过这一技术可以降低装配结构

的复杂性, 进一步加工出相匹配的零件, 有效降低飞机重量<sup>[2]</sup>。

对于轻量化结构设计而言, SLM 技术可以更好地满足较为复杂的零件设计, 将小批量生产作为核心, 利用铝合金等材料, 在多个领域扩大应用范围。首先, 在设计规则方面, 传统工艺发展中, 对设计者提出更高要求, 需要设计具备丰富经验, 保证在持续迭代中完成功能分析, 直到找到对应的结构材料才停止工作, 但在 SLM 技术中可以直接开展, 发挥其自身的功能性, 进一步建立与之对应的结构, 主要是依据物理需求完成构建。同时, 在设计过程中要注重这一前提, 从需求方面进行了解, 做好对零件的加工, 更好地保证零件形状、结构等方面都能达到技术指标要求。

对于设计要求方面, 要满足如下几点:

一是结构优化。做好对材料的科学选择, 以及材料分配, 才能保证在形状结果中得到一定优化, 确定好材料的使用数量, 通过轻量化设计有效缩减成本, 还能更好地满足结构减重这一发展趋势。

二是组件优化。有效完成组件拼接工作, 将其中一些不关键的结构进行拆减, 有效减少零件数量, 实现内控结构简化。

三是 SLM 成型。从理论这一角度出发, SLM 这一技术成型过程中没有任何因素限制, 但在实际工作落实过程中, 其中运用到的工艺参数、零件几何特点都是其中的关键影响因素, 可能会导致 SLM 无法形成一些特定结构<sup>[3]</sup>。

四是满足需求。在设计过程中, 将功能性作为发展前提, 保证设计结构具有一定的可靠性, 在满足基

本形状、尺寸内容时,也要对毛坯件进行第二次的加工,需要保证结构形状在处理过程中具有一定的便捷性。

## 2 SLM 金属 3D 打印轻量化技术发展趋势

### 2.1 3D 打印金属材料开发

在金属 3D 打印过程中,对材料提出更高的要求,这些金属零部件需要用一些特定的材料才能完成制造,所以金属 3D 打印在实施过程中会产生更高的成本,随着我国 3D 打印技术发展趋于成熟,所运用的领域也更加广泛,很多 3D 打印的原材料价格呈现下降趋势,甚至存在更多的降价空间。

### 2.2 打印机理持续扩展

金属 3D 打印中包含多种多样的基本原理,例如,共同完成打印;同一产品持续打印<sup>[4]</sup>。不同打印原理中都存在差异化研究,通过更加深入的研究能够有效促进 3D 打印技术水平提升。

### 2.3 金属 3D 打印技术快速发展

金属 3D 打印可以通过客户要求完成有关材料的制作,如,模型、教具或一些展示产品,这些金属模型一般不需要较高的精准程度。在工业生产工程中也会运用一些金属模型,但对模型有着较为严格的要求,在金属 3D 打印模型的过程中,一旦出现较大的产品缺陷,不仅会造成经济损失,也会对企业带来影响。随着我国金属 3D 打印轻量化的不断发展,越来越多的行业也开始对 3D 打印技术进行充分运用。

### 2.4 产品质量飞速提升

通过对 3D 打印轻量化技术的深入探究,最终的目的是实现 3D 打印的金属零件成形结果更加完善,具有较强的精准性,有效降低产品的材料成本<sup>[5]</sup>。金属 3D 打印通过轻量化结构设计所生产出的零部件,质量较轻,外形美观,经济性高,可以全方位满足客户提出的要求。

## 3 SLM 金属 3D 打印轻量化技术应用对策

### 3.1 点阵结构代替实体材料,减轻重量赋予功能性

在响应产品性能要求的过程中,点阵结构可以大幅度减少对实体材料的实际用量,是实现结构轻量化的一个有效方式。传统金属网格结构制造,是通过有机加工以及造孔剂成型,前一种方法中受加工条件限制,只能完成一些简单的结构制造,而在造孔剂制作过程中也存在一些不可控因素。

现如今,对增材技术的广泛运用,提高了设计人

员的设计自由度,在网格结构设计的复杂性方面也得到提升。网格结构的设计方法之一正向设计,是通过一系列单元结构叠加形成网格阵列,一方面实现轻量化发展,另一方面通过对结构、布局的设计进行优化,产生隔振、吸声、吸能等功能。利用网格阵列所组成的单元结构,可能会产生多种力学性能、有关最佳结构性能特征的设计,更好地提升网格结构在加工性、质量方面的深入研究<sup>[6]</sup>。影像反求法是网格结构的另一种设计方式,更多地运用在医疗领域,关键原理是利用对自然骨的网格结构开展扫描工作,进一步得到骨小梁结构的三维数据模型,做好对三维模型数据的有效修改和设计工作,是对逆向工程技术的另一种延续。这种方式完成的网格结构设计,对生物网格结构自身的特点进行彰显,因为三角面片涉及的数据十分庞大,需要通过计算机进行处理,在这一过程中对计算机提出更高要求。

### 3.2 拓扑优化创新增材制造设计,增材设计丰富拓扑优化手段

拓扑优化属于结构优化的一种全新方式,将最优材料空间分布作为目标,设定载荷、约束和边界前提下,利用拓扑优化算法,能够在固定的设计领域中发现最佳的结构配置。利用拓扑优化方法优化后的零部件,能够在理论方面满足载荷需求,实现对材料的充分运用效果,取得最佳的承力结构,促使结构朝着轻量化方向发展<sup>[7]</sup>。但对于构型复杂的拓扑优化结构,传统制造工艺难以实现较好的效果,设计人员不得不基于传统工艺条件对结果进行修改,致力于降低加工难度,但这会对原本的结构具备的最优性产生影响。同时,长时间受到传统工艺带来的影响,若将拓扑优化结构单一地运用在宏观拓扑设计方面,而没有将拓扑优化结构在尺度方面变化以及空间梯度变化所产生的广阔设计空间进行充分运用,导致产品在性能方面得到提升存在限制。随着增材制造技术的产生,高度复杂结构件的制备成为可能,在拓扑优化成为增材制造中的创新设计之一的过程中,增材制造也成为拓扑优化实现的一种有效手段。

### 3.3 运用创成式设计,实现结构不断进化

创成式设计作为一个人机交互、实现自我创新的新过程,设计人员可以在迭代数百、数千种不同设计的基础上进一步创建出单个物理模型。通过对不同参数的输入,实现多种数据结构的呈现,也可以设计不同需要的温度、湿度以及应力水平等。在零件生产过

程中,也会受到工作环境、不同因素所带来的一定影响,这需要从多方面考虑所生成的设计方案是否具备可行性,经过综合对比这一方式,做好设计方案的筛选工作,由设计者完成最后的决策。创成式设计可以对设计师负责的零件比强度进行优化,也可以利用模仿自然结构,呈现出更强大的结构形式,实现减少材料这一效果。通过增材制造技术可以将较为复杂的设计变得更加简单,成为现实,二者在长远、稳定的发展中更好地对设计制造模式起到一定的优化效果<sup>[8]</sup>。

### 3.4 材料与结构协同制造,进一步满足发展需求

在民用飞机、军机、火箭各个领域,减重一直都是十分重要的探究话题,通过对轻量化材料、创新型设计以及3D打印的运用,为材料的新模式建造提供更好的发展空间。在材料与结构共同发展和制造过程中,将满足更高的性能作为发展目标。例如,一些大学研究中的调研队伍发现,通过对材料布局和承载路径的优化,可以促使拓扑优化成为航空、航天工程中具有高效性的一种设计方式,在航空航天结构工程迅速发展过程中,通过建立在拓扑优化这一理论基础基础上,实现对不同技术难题的突破。

对于汽车领域而言,轻量化结构所具备的优势存在无限潜能,传统车身在结构方面、设计方面已经无法满足发展需求,取而代之的就是创成式的优化设计方式,不仅减轻了零件重量,同时延长了零件的使用寿命。通过创成式优化设计可以实现车身零件数量有效减少,带来更好的操作效果,并且发动机输出的动力可以使汽车获得更高的速度,汽车重量变得更轻,从起步加速性能方面得到增强,在刹车时也会产生更短的制动距离。创成式优化设计也逐渐成为今后发展中轻量化制造技术的主要手段之一。

对于点阵结构而言,因为自身具有较强的功能性,在应用过程中不仅包含高端领域,也包含普通消费品,在点阵结构方面,单胞排列这一方式也具有不同的可能性,可以是不同的也可以是相同的;不仅可以是均匀排列,也可以是不均匀排列,甚至可以是不同排列方式以及不同单胞排列,在结构方面存在千万种不同的变化,所对应的方式也是千差万别的。

在医疗器械方面,点阵结构不仅可以实现植入体减重这一效果,另一方面还能通过人体组织的长入,促使愈合速度更加的迅速。在军工领域方面,点阵结构能发挥出更多的功能性,如传质、吸能等;在消费

领域也将点阵结构运用到头盔、运动鞋等领域中<sup>[9]</sup>。总之,3D打印技术和制造的复杂性之间基本没有关联,结构优化在增材制造的基础上进一步实现创新设计,而增材制造为结构优化提供全息的制造手段,二者之间的结合实现互相促进的发展效果,成为各个领域发掘创新产品的一个有效方法。

## 4 结语

综上所述,文中针对轻量化技术的特点和不足进行分析,致力于发掘轻量化技术在生产中的广泛运用。在工业生产中会运用到很多金属零部件,尤其是在航天航空领域,如航天设备、精密设备方面,对金属零部件有更高的要求,这也成为对金属零部件就行优化的一个关键原因。金属3D打印轻量化技术的引入,可以实现对高要求金属零部件的生产制造要求,通过计算机完成CAD模型建立,生产出具有高精度的零部件,体现轻量化设计在金属零部件中的价值,为工业生产提供稳定的支持。3D打印是实现轻量化技术的一个发展方向,属于机械轻量化的系统工程,逐渐成为使用轻量化材料优化零部件设计的关键环节。

## 参考文献:

- [1] 张骁.动力电池箱体轻量化技术综述[J].河南科技,2022,41(22):39-43.
- [2] 蔡启超.工程机械设计中轻量化技术的应用研究[J].中国设备工程,2022,503(15):225-227.
- [3] 张雯娟,陈泳权,蔡立材,等.面向3D打印技术的山地自行车铰接件轻量化结构设计[J].三明学院学报,2022,39(03):99-107.
- [4] 方洛.数字孪生产线模型的轻量化技术研究[D].广州:广东工业大学,2022.
- [5] 狄玉洁.基于梯度架构搜索的卷积神经网络轻量化技术研究[D].成都:电子科技大学,2022.
- [6] 陈宏伟,刘岗,王晓伟,等.轻量化复合材料与3D打印技术在服务机器人上的应用与展望[J].工程研究——跨学科视野中的工程,2022,14(01):30-39.
- [7] 马进.新能源汽车轻量化的关键技术研究[J].产业创新研究,2022,79(02):45-47.
- [8] 刘步实.复杂交通场景下轻量化视觉感知方法研究[D].北京:北京交通大学,2021.
- [9] 董丽丽.汽车轻量化技术应用分析[J].时代汽车,2021,361(13):37-38.