

金属零件 3D 打印技术的应用研究

向 聪 吴光辉 向 浪

娄底职业技术学院 湖南 娄底 417000

摘 要：近年来快速成型技术和金属零件制造相结合，已经成为一项新的发展方向。其中金属零件 3D 打印作为当前生产制造的关键手段，和传统的生产制作存在极大区别。它不需要应用模具与原胚，直接通过计算机对图形信息展开处理，并在网络技术与材料用量控制的作用下对材料形状做出改变，最大程度上优化了制造工序，减少了材料投入，缩短了工期，提升了作业效率。基于此，有必要根据该技术的发展情况，对其在金属零件中的应用进行全面分析。

关键词：3D 打印技术；金属零件；烧结式；熔覆式

引言：

3D 打印技术即是进行三维打印，可以创造出立体物体。这种从传统二维打印到三维打印的转变，不仅在视觉层面更为直观，也更加省时省力。如传统模型的制作需要先将所有组成部分分别生产出来，再进行组装拼接，但在 3D 打印技术的支持下，可以直接将原料投进专用设备中，经过电脑制图和打印就可以直接生产，直接省去了多个流程，从根本上提升了生产效率。对于金属零件而言，其整体结构复杂、体积较小，传统制造面临的难度较大，而 3D 打印技术则能轻松解决相关问题，保证制造精度、效率和质量。因此，重点对金属零件中该技术的应用情况展开分析具有一定现实意义。

一、金属零件 3D 打印技术的应用现状

早在上世纪末期就已经出现了 3D 打印技术，但受到当时车间、机器设备等发展条件的限制，导致只能被应用在极小范围内。后来随着技术壁垒的进一步打破，其应用范围也日渐广泛，尤其是金属零件 3D 打印技术的出现，在极大程度上促进和改善了人们的生活方式以及有关制造行业的发展。目前主要被应用在航空航天、军工生产、模具制造、医疗救助等领域[1]。相对而言，医疗领域的发展速度较快，可能在于其对产品机械强度与制造效率要求不高，其他方面对于成型速度、机械强度、质量、配合精度等都具有极高要求。从 3D 打印的实现方式进行分类，整体上可以将其分为烧结式与熔覆式两种。

1. 烧结式

该类形式最大的优势在于成型精度比较高，但成型速度不快，并且成型尺寸大约在 30cm，基本被应用在医疗以及小型化的模具制造中。

（1）EBSM 技术

该技术主要是应用高能高速的电子束有选择地对金属粉末进行轰击，以使材料被熔化成型。具体的工艺过程主要为：先铺设出一层金属粉末，然后利用电脑操纵电子束，使其基于提前设计

规划好的截面轮廓实施熔化。其中粉末材料会因为轰击的影响被渐渐熔化起来，并和已经成型的彼此相互粘接，不断堆积，一直到完工即可，之后还需要将多余的粉末完全清除干净[2]。

从目前的研究情况来看，其主要优势在于这几项：1）整个过程中以高能电子束为热源，扫描成型以操作磁偏转线圈为主，不会产生机械惯性，并且能有效防止原材在液相烧结或熔化时受到氧化，从而影响后续制造[3]。2）整体能量能得到最大程度利用，作用范围更为广泛和深入，材料的吸收性能也更佳。3）在成型的时候整体效率可以得到最大化控制，成品的变形程度也会更小，并且不需要有利用金属进行支撑，整体更为致密。

在这之中，主要包含了送粉、铺粉和熔化等作业流程，所以操作条件还需要满足铺送粉装置设置，粉末回收箱与成型平台也必须根据实际情况正确布设。并且还要具备电子枪系统、电源系统、真空系统与控制系统。

（2）SLM 技术

选择性激光融合技术（SLM）是整个制造工艺领域的一项重大变革，和传统机器加工切削相比，它不受空间可达性的影响，能直接制造出多种复杂形状，使材料效能获得最大程度发挥，是未来绿色制造领域的一种常见形式。其原理主要在于通过专用软件获得相应的截面信息，从而明确低熔点原材在烧结之后成为高熔点材料且成型的整个过程[4]。但在具体应用当中，还需要将激光束应用进来实施扫描，并在扫描之前将粉末推平，防止金属在高温状态下出现反应。

从目前的研究情况来看，其基本特征主要体现在这几项：1）可以直接被应用在形状繁复的成品制造中，尤其是使用传统加工制造方式难以实现的零部件生产中；2）可以直接利用 CAD 模型制造出终端产品，整体极具灵活性；3）所有制造出的零部件尺寸精度和光滑性特点十分突出；4）由于激光光斑能够通过较低的功率将高熔点金属熔化，因此则能直接应用单一成分的金属粉末进行生产制造；5）整体生产周期补偿，材料的利用率也比较高，

且不需要应用过于昂贵的模具。

因为该技术本身能直接获得任意形状,且形成的零件基本完全致密,所以可以被广泛应用在医疗救助领域,使其被制作成具有极为繁杂结构和生物体相容度高的植入体。比如股骨植入体、牙冠植入体等。同时,航空航天、珠宝加工以及微电子等高精领域也完全适用。

然而,受到其成型条件、材料属性等方面的限制,在金属成型当中应用极易出现问题,这主要在于该技术在实际利用时需要权衡到激光功率、扫描间距等参数,所以一旦控制不当就可能发生翘曲变形和球化问题。其中球化主要是由于原材不完全融化,在表面张力的作用下,半融化的材料液体会翻折卷曲为球状,导致零部件出现质量问题[5]。对于每种新材料,为了规避球化缺陷、变形、裂纹等问题,都必须重新确定最佳的工艺参数,因此目前可以实现商用的SLM金属材料还十分有限,绝大多数都是钛、铁、钨。此外,SLM设备整体投入较高,工作效率不如意,工艺软件还需进一步优化,所以当前不能被完全应用在大部件的制造生产当中。

(3) SLS 技术

SLS技术的实现需要借助专用装置,即粉末缸与成型缸,其中前者的送粉活塞会反复向上运动,将粉末铺设在后者上,并保证均匀性,这时电脑就会基于预先设定好的切片模型对激光束扫描轨迹实施操纵,根据实际生产要求烧结原材,使其形成成品的一个层面。当完成一层之后,活塞会降低一个厚度,并重新铺设新的材料,继续进行烧结,如此不断重复叠加,一直到扫描成一个立体的成品。

从目前的研究现状来看,该技术的基本特征主要体现在:1)可以生产出强度优越且整体属性能达到高标准的成品,尤其是在对大且复杂的成品进行加工时,不需要借助其他操作或工具,就可以直接得到成品,并且能直接生产加工出无法通过常规技术加工的其他材料成品。2)不需要进行设计和建立具有支撑效果的构件,直接由固体原材床代替。3)与常规制造相比较,整体能耗较高,能量应用程度不高,且对加工条件比较挑剔。4)会产生微结构聚集、层变形、“球化”现象等问题,且熔池当中的材料在熔化过程中产生的渣子会导致成品表层的粗糙程度加重,从而不利于打印精确度控制。5)因为烧结的零件整体强度不高,所以后期还需进行处理才能达到一定强度。

2. 熔覆式

该类形式最大的优势在于冶金质量较佳、成型速度也比较快、成型尺寸大,但是精度比较低,还需要进行机加工,比较适合应用在航空高强度的结构件、叶片、模具直接成型等方面的制造中。

(1) DMD 技术

DMD(激光熔覆)技术主要是通过高能激光束对金属表面

进行熔化,形成熔池,并通过送粉设备把原材直接喷入熔池当中,从而形成和基体金属彼此结合并且稀释程度不高的新金属层[6]。在这之中,主要应用计算机对激光束进行控制,使其逐层逐线熔覆堆积出具有功能性的金属零件。当前主要被应用在模具制造、表面硬化处理、工具修复等方面。

①模具制造。常规的水冷模具制造时都是直接在工具钢坯上钻出交叉孔,以使其形成水冷管道,只有极少部分管道能够延伸至模具表层周围的热集中部分,并且很难可以在工具钢当中植入导热率比较高的金属材料,所以整体热传递率比较低。但应用DMD工艺则能直接在模具当中植入高导热率的金属材料,从而优化模具性能,提升热传导率,使模具使用期限进一步延长。

②表面硬化。在工艺的作用下,能使各材料之间形成一定强度的冶金结合。比如会在装置表层生成镍基合金等可抗拒磨损的高温性材料,能使装置直接在热冲击及高温条件下始终能具备优良的硬强度,有利于延长使用期限,提升生产力。

③工具修复和改造。一般在工具修复时,都要在实施前后进行热处理,这就容易导致零件制造难以达到规定要求。而DMD工艺则能有效修补裂纹等,使常规焊接修复工艺引起的热影响区被消除,同时使修复位置和母体之间在相同的成分和全密度之下实现冶金结合。此外,对输入热量和冷却速率进行有效控制,还能将常规工艺中必须进行热处理的流程省略,从而减少工具变形问题。

(2) LENS 技术

LENS(激光近净成型)技术是将RP技术和激光熔覆相互结合,从而迅速获得高致密性的成品。其工艺特征和成型的过程与形式和比较类似,主要应用大功率激光设备、同轴送粉机等,在激光熔覆原理以及快速成型之下实进行分层加工,最终成型为全密度。但和最大的不同就在于送粉装置存在一定差异,主要是借助于三个分立的喷嘴,从多个角度向熔池当中喷射原材;的喷射装置为圆锥环形。

目前该工艺主要被应用在原型制造、单件小批量零件成型、医疗等方面。在运作时,主要由CAD数据驱动,所以在生产结构复杂、小批量的零件时,整体更省时间和资金,且零件应用期限也比较高。受到添加成型特征的影响,使得其在加工成型当中的材料浪费率比较低,对于材料极为稀有与昂贵的航空航天而言,比较适合进行零件制造。在工具制造和修复中的应用与DMD类似。在医疗领域中的应用可以直接制造出代替骨骼组织的金属骨骼和加固件,并且整体成本更低、使用时间更长、排异性更小,且与身体组织更为紧密亲和。

二、应用发展分析

1. 打印控制智能化

现阶段,国内外的3D打印都处在盲目进行阶段,其中必须

总结出海量加工数据信息,成型工艺也十分繁复,基本每种形状的成品、每种材料都要进行反复验证与完善,并且每层都要对相关加工参数进行总结分析。如果成型过程中发生异常,系统也基本难以辨别,更不能根据实际情况自主调整,一旦人工没有干预,就会发生无法成型或者零件缺陷等问题,同时整个加工过程必须有经验丰富的专业技术工作者随时对加工状态进行督查,在一定程度上给金属零件 3D 打印的全面普及带来了阻碍。

对此,未来还需全面实现打印控制智能化,确保能随时随地根据打印情况做出智能化的工艺参数调整。在这之中,可以通过总结过往海量的成型数据,形成相应的应对机制,并基于软件开发使打印装置具备自我学习功能,同时具备实时调控和模糊控制等特征,更好地应对目前生产制造过程中存在的各项问题。

2. 增减材复合技术

对于一些高性能的金属产品,3D 打印之后直接成型的准确性和光滑性都难以达到既定标准,特别是配合方面很难可以保持高度精准性,无法装机使用,在一定程度上影响了整个技术的推广与应用。

为此,这就需要将常规的铣削机床技术融入 3D 打印成型的过程中,依然应用低分辨率的打印工艺,以确保实现高速成型;然后再通过铣削技术对成型精度进行整改,使最终制造出的金属零件可以达到既定的技术标准。目前已经有公司开始尝试将两种技术进行结合,以实现复杂零部件的迅速精准制造,也取得了一定成果。

三、结论

在社会的全面发展以及制造技术的不断进步下,金属零件 3D 打印技术还会在更多领域中得到广泛应用,全面改变大众的生产生活方式。各项工作的展开也不再受限于传统工艺以及资源

约束,全方位拓展了创新创意空间,减少了成本投入,并促使研发周期实现大幅缩短,有利于强化工业制造能力。为此,这就需要加大投入,积极组织各领域协同努力,攻克各项技术难题,制造出具有自主产权的打印机器,生产出更多低成本金属构件,使目前的小批量生产实现大规模制造。

参考文献:

[1] 刘金城.金属增材制造——创新的 3D 制造[J].铸造,2020,69(04):437-438.

[2] 段望春,高佳佳,董兵斌,李研,刘少伟,楚珑晟.3D 打印技术在金属铸造领域的研究现状与展望[J].铸造技术,2018,39(12):2895-2900.

[3] 张雨明,吴锐.我国 3D 打印技术研究及产业化发展现状[J].中国材料进展,2018,37(03):237-240.

[4] 程玉婉,关航健,李博,肖志瑜.金属 3D 打印技术及其专用粉末特征与应用[J].材料导报,2017,31(S1):98-101.

[5] 刘伟.金属 3D 打印成形工艺研究[J].中国铸造装备与技术,2017(02):4-7.

[6] 杨德建,刘仁洪.大型复杂金属零件 3D 打印技术及研究进展[J].兵工自动化,2017,36(02):8-12.

作者简介:向聪(1994.12—)男,汉族,湖南省娄底市人,单位:娄底职业技术学院,助教,研究生,硕士,研究方向:机械工程。

课题项目:

项目名称:娄底职业技术学院校级科研项目《基于 4D 打印的智能构件驱动因素研究》

项目编号:2021ZK008