

TIG 焊 三 维 焊 接 快 速 成 形 系 统 的 研 究

罗 勇, 徐健宁, 张 华

(南昌大学 机电研究所 机器人与焊接重点实验室, 江西 南昌 330029)

摘要: 采用TIG焊三维焊接直接制造金属零件的快速成形方法是一种新型的制造工艺, 针对TIG焊三维焊接快速成形方法研究过程中所遇到的一些问题进行了分析和研究, 并在此基础上提出了用数字焊机和CCD视觉传感器来解决这些问题的方案, 同时对于该系统的总体结构和成形机理进行了较为详细的阐述。

关键词: 数字焊机; CCD视觉传感器; 焊接快速成形

中图分类号: TP273.5; TG434.5 **文献标识码:** A

快速成形技术 (Rapid Prototyping, 简称RP) 集成了现代数控技术、CAD/CAM技术、激光加工技术及材料科学等领域的最新成果, 可以自动而迅速地将设计思想转化为具有一定结构和功能的原型或直接制造零件。较成熟的工艺方法有: 光固化、分层实体制造、选择性激光烧结、熔化沉积制造、三维印刷成形、光掩膜等。

目前, 研究较多的金属直接成形方法有选择性激光烧结(SLS)、激光工程化净成形技术等, 这些成形方法以大功率激光器作为能源, 烧结或熔融金属材料成形, 因此设备造价和运行成本很高, 不利于金属直接成形技术的发展与普及^[1,2]。

焊接快速成形是最近才兴起的一个研究领域, 已经有人从事了一些相关研究, 例如采用等离子弧三维焊接直接制造金属零件的快速成形方法^[3]。

TIG焊作为一种重要的机械制造热加工工艺, 在工业生产中应用十分广泛, 其制造加工过程比起其他焊接方法更为简便, 并且制造成本也很低。采用基于数字焊机与CCD视觉传感器的TIG焊焊接快速成形将会成为焊接快速成形研究领域的主流。

1 快速成形的基本原理

快速成形技术基于离散、堆积成形原理, 由CAD软件设计出所需零件的计算机三维曲面或实体模型, 将三维模型沿一定方向 (通常为z轴方向) 离散成一系列有序的二维层片, 习惯称为分层, 根据每层轮廓信息, 进行工艺规划, 选择加工参数, 自动生成数控代码, 成形机制造一系列层片并自动将它们连接起来, 得到三维物理实体。

这样将一个物理实体的复杂的三维加工离散成一系列层片的加工, 大大降低了加工难度, 且成形过程的难度与待成形的物理实体形状和结构的复杂程度无关^[4], 其原理方框图如图1所示。

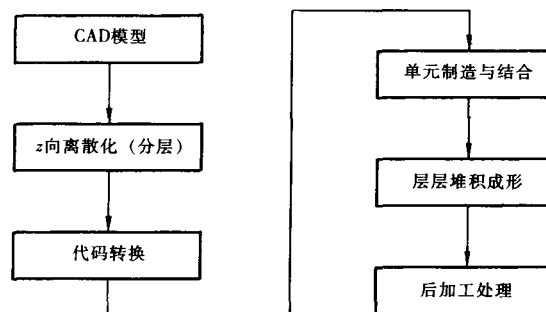


图1 快速成形的原理方框图

现有的金属直接快速成形方法主要包括选择性激光烧结(SLS)、激光工程化净成形技术、激光器熔粉焊接法及多相DMF法等, 但这些方法存在着以下问题:

(1) 工艺设备复杂, 价格昂贵, 使用大功率激光器或金属熔化喷射设备, 成本高达数十万美元, 难以在工业上应用和普及。

(2) 成形件的致密度不高 (主要是粉末烧结造成的), 难以获得全密度的金属零件, 成形件的内部金相组织疏松, 成形件的力学性能达不到使用要求。

为了解决以上问题, 就需要研制一种新型的金属零件快速成形方法——TIG焊焊接快速成形方法。

2 TIG焊焊接快速成形系统的组成

2.1 焊接快速成形技术简介

焊接快速成形技术的原理是采用焊接热源 (电弧、激光等) 熔化金属丝, 按照一定的轨迹堆积成形, 也可以称之为FDM技术的延伸。焊接快速成形技术起源于上个世纪60年代, 当时德国Krupp公司、Thyssen公司和Shulzer公司采用堆焊的方法制造体积大而且几何结构简单的产品, 这是最早采用焊接方法制备金属件。到了上个世纪90年代, 英国的Nottingham大学的J D Spencer等人开始研究采用机器人与光学传感器结合制备更加精密的零件。美国Kentucky大学的Kovacevic等人采用TIG焊实现了金属零件的制备。在他们制备的金属零件中, 表

面粗糙度最小的可以达到 $2\text{ }\mu\text{m}$,厚度可以达到 3 mm 。同时他们还针对焊接快速成形技术中的焊接工艺、图像处理、模型处理等方面做了大量的研究。

2.2 焊接快速成形工艺中存在的问题和系统设备的选择

TIG焊焊接快速成形是将快速成形工艺与焊接技术相结合而产生的。在快速成形工艺中,采用了TIG焊作为热源以及比较难于在其他焊接工艺中成形的金属材料。采用这种工艺方案设备成本及维护费用都比较低,但是TIG焊传热过程比较复杂,焊接过程中熔池大小会随传热状态的变换而不同,熔化金属的流淌情况也会变化,从而影响到焊缝成形的精度和质量。因此最终的产品性能和质量与焊接时对熔滴、熔池的控制密不可分。

控制熔滴的主要问题是熔滴是否能从焊枪的同一位置滴下,其体积是否能大致相等。笔者采用了全数字焊机TransTig2200来解决这些问题。

焊接是一个高温、高亮的加工过程,如何获得焊接熔池清晰的图像,最大限度地排除干扰,并对图像信号进行处理,准确地得到熔池宽度与余高的信息,这也是快速成形制造过程中的关键性问题之一。TIG焊接熔池包含有较为丰富的和直接的焊接质量信息。同时,与传统的对接焊不同,在堆焊过程中,熔池不是对称的,这对图像的识别与控制都提出了新的挑战。利用CCD视觉传感器从正面拍摄熔池区图像,并提取出熔池的几何形状参数,对于焊接快速成形具有重要的理论意义和工程实用价值。

基于数字焊机和CCD视觉传感器的焊接快速成形后加工处理所用到的数控铣床为四轴四联动数控铣床XK714,拥有 x , y , z 和旋转4个可动方向。系统装配图如图2所示。

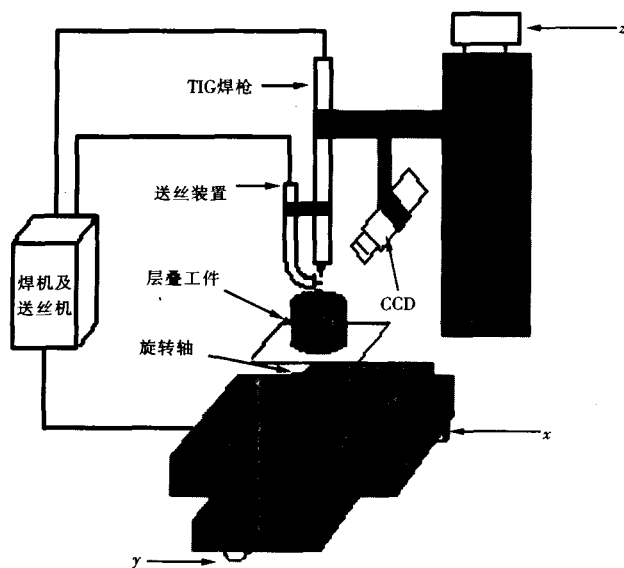


图2 TIG焊焊接快速成形系统装配图

TIG焊焊接快速成形系统是以基于数字焊机和CCD视觉传感器的TIG焊作为加热热源堆积金属材料成形并结合数控铣

削,以提高零件的表面质量。

3 全数字焊机及CCD视觉传感器在TIG焊焊接快速成形中的作用

3.1 数字化焊机的原理及优点

全数字焊机TT2200(TransTig2200)为完全数字化的新型逆变焊机,它带有微处理控制器,由它集中处理所有焊接数据,数字化控制和监测整个焊接过程并对任何焊接过程的变化作出快速反应。由FRONIUS开发的数字化控制系统能实现比较理想的焊接效果。由于监控系统对实际焊接参数同设定参数进行数字式的比较并及时调整,因而这种焊机拥有非常高的精确度和焊接质量,并具最佳的焊接特性。

TT2200的“工作模式”可以对焊接任务进行存储、排序和焊接过程再现以适用于不同的焊接工艺。焊机标准的LocalNet接口易于连接各数字化系统附件(JobMaster TIG焊枪、其他焊枪、遥控器等)以及自动焊和机器人焊接系统,能广泛应用于车间和野外施工工地,适用于焊接不同的材料,可使无合金和低合金钢的焊接像高合金和铬镍合金的焊接那样容易。

3.2 数字化焊机在TIG焊焊接快速成形中的作用

TT2200提供的存储和调用功能可以比较好地解决一个零件大小不同的部位的堆焊问题,并且可以减少控制系统的响应时间。只需要将试验阶段得出的不同工作模式保存在焊机的芯片中,当电脑选定对于零件不同部位采用的工作模式的次序后,通过控制卡相应地调用焊机的工作模式。这样不仅简化了对各种不同工作模式的参数设置,也可以做到尽量节省时间,让堆积制造过程中的精确度更高,从最大程度上节省材料。

3.3 CCD视觉传感器系统在TIG焊焊接快速成形中的作用

采用普通CCD进行TIG焊熔池的检测,在分析电弧光谱的组成、空间分布及其影响因素的基础上,提出观测窗口,设计出复合滤光器,这种硬件软件相结合的特殊滤光措施,能有效地减少电弧干扰,在不同的焊接工艺条件下,均拍摄到了较清晰的TIG焊接熔池区图像。

CCD视觉传感器系统在整个快速成形系统中的作用主要是采集正面的熔池图像,通过图像处理软件获取熔池的准确信息,保证系统对熔池的熔宽、熔深及焊缝余高的实时控制。

4 焊接快速成形系统结构以及工作流程

本系统工作流程:通过PC机进行造型处理、模型处理及基于STL文件分层切片处理后,生成数控代码,控制铣床按照一定的轨迹工作。同时将焊枪固定在垂直轴上做垂直运动,工件在二维工作台上做水平运动(附有转动),采用TIG焊电弧作为加热源,熔化焊丝堆积成形。系统的结构方框图如图3所示。

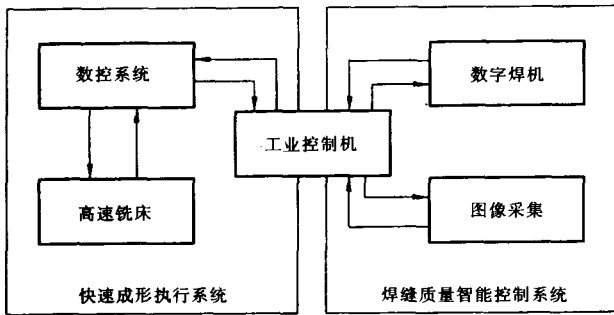


图3 系统的结构方框图

加工过程如下:

- (1) 采用TIG焊熔化金属丝提供成形材料, 用CCD视觉传感系统检测熔池信息, 控制全数字焊机提供准确焊接电流以及送丝机的送丝速度, 堆焊出零件的一层截面。
- (2) 重复堆焊, 完成整个零件。
- (3) 最后用数控铣床清理轮廓边界, 使其达到所要求的零件的精度。

本系统工作流程图如图4所示。

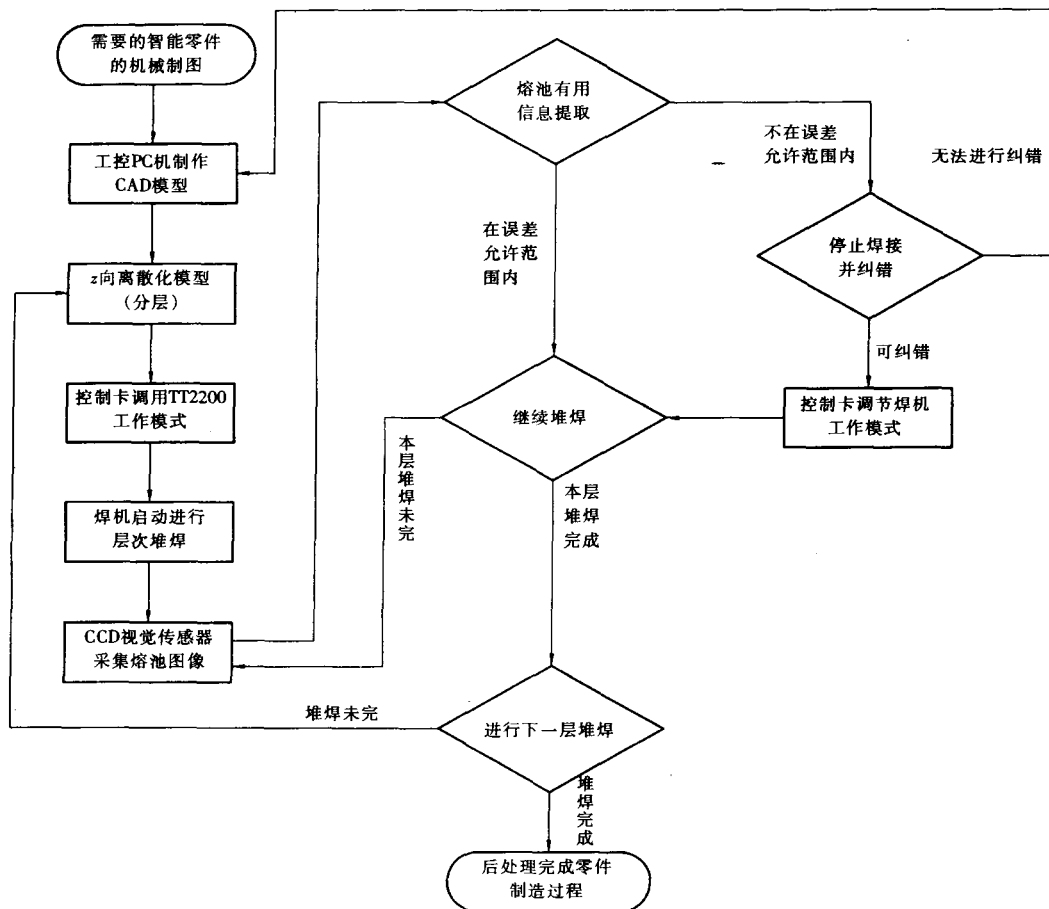


图4 TIG焊接快速成形系统工作流程图

5 结论

就三维TIG焊接快速成形系统进行了深入讨论, 并详细介绍了TT2200焊机和CCD视觉传感器的优点, 以及它们在焊接快速成形制造工艺中的作用。还详细介绍了基于数字焊机和CCD视觉传感器的TIG焊接快速成形系统的结构和系统工作流程。本系统在快速成形的过程中采用TIG焊焊接工艺, 这是一种新颖的快速成形方法, 为焊接工艺与焊接技术的发展开辟了一条新路, 也为传统的制造工艺提供了一种新的思想。

参考文献:

[1] Rosochowski A, Matuszak A. Rapid tooling [J]. Journal of Materials Processing

Technology, 2000, 106(10): 191-198.

[2] Khaing M W, Fuh JYH and Lu L. Direct metal laser sintering for rapid tooling[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2001, 113(6): 269-272.

[3] 胡晓冬, 赵万华, 许超, 等. 基于CCD的金属直接成形过程监控系统[J]. 光子学报, 2003, 32(3): 375-377.

[4] 郑卫国, 颜永年. 快速成形技术的原理应用与发展[J]. 计算机辅助设计与制造, 2001, 10(6): 3-6.

作者简介: 罗勇 (1981—), 男, 江西南昌人, 硕士研究生, 主要研究领域为机器人视觉系统以及图像处理。