

激光分形扫描生长型制造系统设计*

许慧斌 梁伟文 宾鸿赞 刘琼
(华中理工大学机械科学与工程学院 武汉 430074)

摘要 根据分形扫描生长型制造要求其扫描过程中无反向间隙和高分辨率的要求,设计并研制出了由钢丝绳牵引驱动的二维扫描工作台、铺粉装置、激光器、计算机控制系统组成的激光分形扫描生长型制造系统,已通过实验验证了该系统满足设计要求。

关键词 激光扫描 二维数控 钢丝绳

1 前言

在激光烧结生长型制造技术中,工件以切片形式分层加工,在每一层上,激光束以二维扫描的方式来烧结工作片层。其中扫描路径关系到相邻两条路径之间区域组织结构是否完善,整个工件组织结构是否均匀、致密,从而影响到工件的强度、硬度、密度。为提高工件的性能,作者采用分形曲线作为扫描路径^[1]。新的分形路径要求在 x 、 y 方向频繁地改变方向,这时一方面要求扫描系统无反向间隙,另一方面又要求扫描系统具有高的分辨率,高的定位精度。因此本系统基于以上两点为设计目标。

激光烧结生长型制造技术是在扫描激光束的烧结作用下得到每一个薄层,通过各层的叠加来最终生成一个完整的零件,在加工过程中必须实现以下几个动作:(1)激光束的扫描;(2)自动铺粉;(3)激光烧结。因此本系统由扫描工作台、铺粉装置、激光器、激光光路、控制计算机等组成。

2 系统组成

整体构成见图1。激光扫描系统是通过2D(二维)工作台来实现的。考虑到工作台在 X -

国家自然科学基金资助项目(59675071)

收稿日期:1999-01-28

修稿日期:1999-03-30

Y 方向运动时精度要求为 0.02mm , 及运动时的准确性, 故采用钢丝绳驱动来消除传动时的间隙。

2D 钢丝绳驱动的工作台由 2 个步进电机驱动, 用以驱动 2 维扫描系统。步进电机选用 55BF009 型, 其步距角为 $0.9^\circ/\text{步}$ 。在 2D 扫描系统中要求 $X - Y$ 方向的灵敏度、定位精度高, 并要求牵引力小、移动轻便, 为此选择高精度的直线滚动导轨, 重复定位误差为 $0.1 - 0.2\mu\text{m}$; 摩擦系数为 $0.025 - 0.005$, 实现分形路径扫描, 完成零件片层的烧结。

3 关键部件

3.1 钢丝绳与直线滚动导轨组成的二维工作台

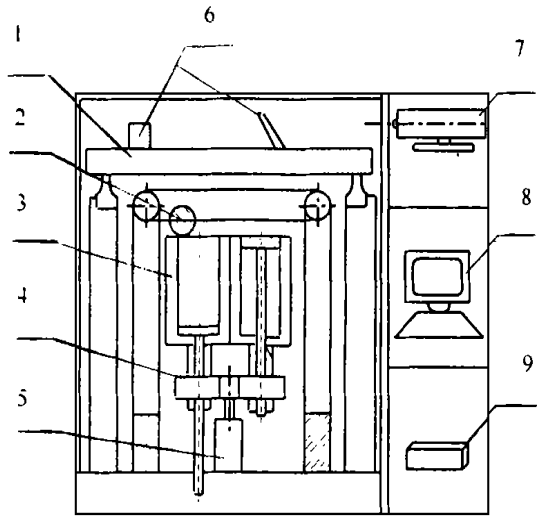
2D 工作台常采用丝杠螺母副传动, 而本装置选用了钢丝绳、直线滚动导轨。钢丝绳的驱动是为了消除间隙, 其中包括传动间隙、反向间隙。钢丝绳在电机轴的联接轴上绕转, 利用钢丝绳与轴之间的摩擦力来驱动激光头的运动。选用 $\Phi 0.8\text{mm}$ 钢丝绳, 具有良好的柔性。为防止长时间传动后钢丝绳发生松弛, 加设了钢丝绳张紧装置。 Y 方向运动选用两根直线滚动导轨, X 方向选用一根直线滚动导轨, 重量轻、精度高。

钢丝绳牵引和直线滚动导轨组成二维数控扫描系统如图 2 所示。

扫描系统分形路径复杂, 要求分辨率高, 要求在一个步进电机脉冲内, 工作台运动 0.02mm 。工作台运动分辨率由步进电机的步距角、减速比、驱动轴的直径、钢丝绳的直径所决定。经过计算该工作台的设计分辨率为 0.02mm 。

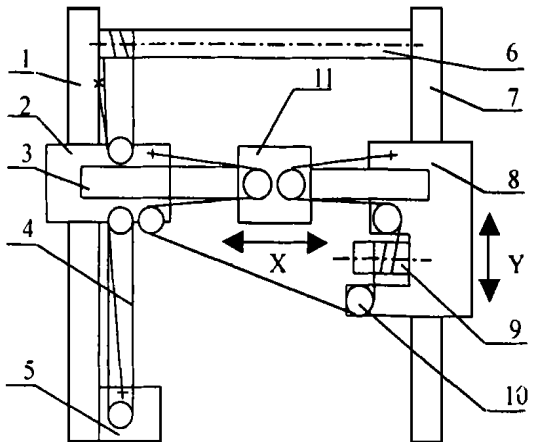
3.2 铺粉装置

铺粉装置由工作活塞、送粉活塞、两个工作缸体、铺粉轮、驱动装置组成, 如图 3。步进电机驱动齿轮, 每加工完一层后, 工作活塞下降, 送粉活塞上升, 然后铺粉滚轮来自动实现铺粉。该滚轮在两平行的齿带之间架设, 由步进电机驱动, 滚轮完成两个功能: a 铺粉; b 压紧。



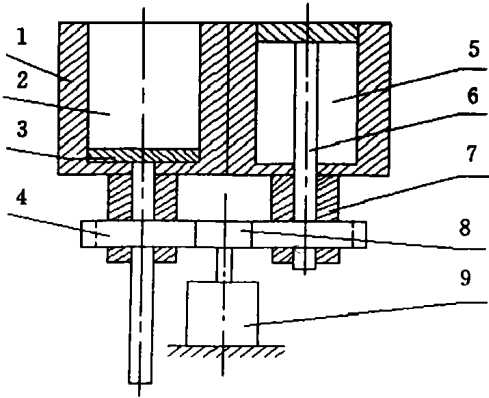
1. scanning work platform 2. powder spreading device
3. working cylinder 4. driving gear 5. step motor 6. laser way system 7. CO₂ laser 8. controlling computer
9. electric power source

Fig. 1 Structure of the whole system



1. linear rolling guideway A 2. connecting plank A 3. linear rolling guideway B 4. steel wire 5. supporting plank A 6. driving spindle A 7. linear rolling guideway C 8. supporting plank B 9. driving spindle B 10. rolling wheel 11. supporting plank C

Fig. 2 2D work platform driven by steel wire



1. powder supplying cylinder body 2. powder supplying cylinder 3. plunger 4. driven gear 5. working cylinder 6. lead screw 7. baffle 8. driving gear 9. step motor

Fig. 3 Structure of powder spreading device

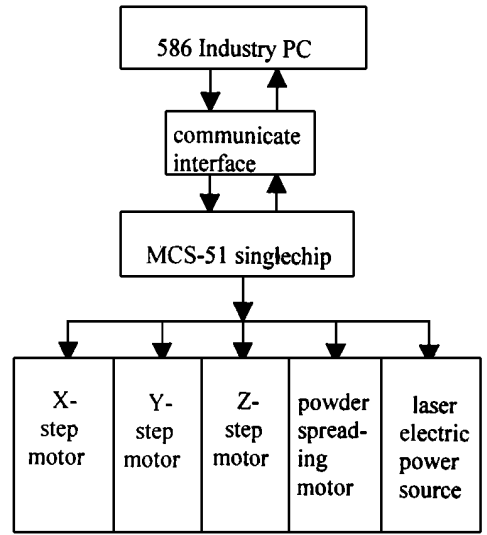


Fig. 4 Illustration of NC system

在设计中要求活塞的运动分辨率高,定位精度好,同时考虑到实验装置结构的紧凑性,因此选用齿轮螺纹副来实现活塞的直线运动。此时由电机轴上的一个齿轮驱动两边丝杠的运动,齿轮作转动,丝杠作直线运动,实现零件 Z 方向的生长。

3.3 计算机控制系统

总体构成如图 4 所示,这是一种主从式结构。系统采用 PC-586 工控机作为主机,用 MCS-51 单片机作为从机。将从机做成接口卡置入主机内。用 PC586 工控主机进行数控编程,然后将数控加工文件处理成一定格式并通过 PC 总线以并行通讯方式传递到下层的 MCS-51 单片机中。由单片机完成 X-Y 步进电机进行轨迹的插补,以及 Z 方向的生长、铺粉装置的自动进行和 CO₂ 激光器电源开关的控制。

3.4 CO₂ 激光器

选择连续式 CO₂ 激光器,波长为 10.6μm。激光的强度可通过输入电压来调节,从而能调节激光器的输出功率。

激光采用高压直流电源。在烧结过程中,激光需要频繁地开关,由于扫描速度很高,因此开关速度影响到扫描精度。为保证 0.01mm 的扫描精度,要求开关动作时间小于 0.02ms,在激光电源输出端采用高频电子开关,其响应频率为 50kHz,能实现 0.02ms 的开关动作要求。

3.5 2D 驱动光路

光路如图 5 所示。本系统的光路由两片反射镜、一片凸透镜组成。这些镜片装在可调节的镜架上。镜架可调节用于保证光路的平行以及激光束与被加工粉末层的垂直,同时使激

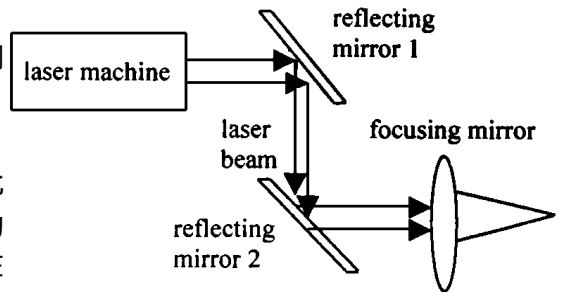


Fig. 5 Laser way

光束具有可调焦性。

4 实验验证

4.1 前进精度

本文设计的扫描系统在 X 、 Y 方向的分辨率为 0.02mm 。通过百分表来测试, 试验结果如下:

X 方向位移数据(单位: 0.01mm):

Table 1 displacement on X axis

Steps	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
displacement	2.0	4.0	5.9	7.9	9.8	11.8	13.7	15.6	17.4	19.4	21.2	23.3

Y 方向位移数据(单位: 0.01mm):

Table 2 displacement on Y axis

Steps	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
displacement	1.8	3.1	5.1	6.6	8.2	10.0	12.0	13.8	15.8	17.2	19.2	21.2

X 方向平均每走一步的位移为 0.019mm ; Y 方向平均每走一步的位移为 0.018mm 。该结果符合设计要求。

4.2 反向间隙

采用钢丝绳牵引的原因主要是为了消除反向间隙。下面是进行反向间隙实验的结果:

X 方向向前走一步后, 接着向后走, 通过比较前后两次的位移, 即可判断反向间隙, 当 X 方向向前走一步的位移为 0.021mm , 返回的位移为 0.020mm 。这里存在着 0.001mm 的间隙, 但是当连续走时, 重复定位精度基本上无误差。当连续走 150 步后, 接着反向走 150 步, 位移基本为零。 Y 方向反向间隙与 X 方向差不多, 基本上被消除。

通过实验测试表明, 该实验装置 X 方向的分辨率上达到 0.018mm , Y 方向的分辨率上达到 0.019mm , 反向间隙基本消除, 满足分形扫描路径的要求。

参 考 文 献

- 1 生长型制造中薄层扫描路径的分形规划与控制. 国家自然科学基金申请书, 1996
- 2 Tang Yaxin, Huang Yinhu, Zhao Guoguang, Yu Chenye, Zhu Liqun, Zhao Jianfeng, Li Xiaolin. Development of Select Laser Sintering System. Manufacturing Science and Technology for New Century, 1998, 1012

The Design of Fractal Laser Sintering RPM

XU Hui Bin, LIANG Wei Wen, BIN Hong Zan, LIU Qiong

(*School of Mechanical Science and Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074*)

Abstract

Fractal Laser Sintering Rapid Prototype Manufacture requires the system with zero clearance and high resolution. The author developed a fractal laser sintering RPM system which is composed of 2D NC scanning work platform driven by steel wire, powder spreading device, laser unit and computer control system. At last, the system is proved to meet the requirements of design by means of two experiments.

Key words: Fractal laser scanning, 2D NC, Steel wire

许慧斌 男, 1970 年 12 月生, 华中理工大学机械科学与工程学院现代制造技术研究所博士研究生。主要研究领域为 CAD/CAM 一体化。发表论文 5 篇。