

直接金属快速成形中的变形测量系统研制

乌日开西·艾依提^{1,2}, 赵万华²

AIYITI Wurikaixi^{1,2}, ZHAO Wan-hua²

1.新疆大学 机械工程学院, 乌鲁木齐 830008

2.西安交通大学 机械制造系统工程国家重点实验室, 西安 710049

1.School of Mechanical Engineering, Xinjiang University, Urumqi 830008, China

2.State Key Lab for Manufacturing Systems Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China

E-mail: wurikaixi@xju.edu.cn

AIYITI Wurikaixi, ZHAO Wan-hua. Development of deformation measurement system in direct metal rapid prototyping. *Computer Engineering and Applications*, 2008, 44(25): 246-248.

Abstract: A deformation measurement system is developed to study the deformation of the parts in the direct metal rapid prototyping. An inductance frequency-modulation displacement sensor is used to measure the deformation with on-line or off-line mode. The communication between the worktable controlling process and the deformation measurement process is fulfilled by message transmission mechanism. Measurement data can be output with different format according to different analysis requirements.

Key words: rapid prototyping; deformation measurement; message transmission

摘要: 为了对直接金属快速成形中零件的变形规律进行研究, 研制了一个变形测量系统。采用了电感调频式位移传感器, 可对零件的变形进行在线或离线测量。通过消息传递机制实现了工作台运动进程与变形数据采集进程之间的通信。采集的数据根据不同分析需求进行输出, 可以方便地对零件的变形进行分析研究。

关键词: 快速成形; 变形测量; 消息传递

DOI: 10.3778/j.issn.1002-8331.2008.25.074 **文章编号:** 1002-8331(2008)25-0246-03 **文献标识码:** A **中图分类号:** TP212; TH161

1 前言

快速成形技术(Rapid Prototyping, RP)是通过逐层材料添加, 直接由 CAD 模型制作三维实体零件的一系列技术的总称, 因其具有显著缩短产品开发周期、提高产品质量的作用, 从而得到了迅速的发展。通过 RP 技术直接制造金属零件是 RP 技术研究的热点之一。

目前主要的金属快速成形方法中激光选区烧结(selective laser sintering)、三维打印(three dimensional printing)可获得致密度约为 60%的零件, 激光直接金属烧结(direct metal laser sintering)的成形件致密度约 80%, 三者须进行浸渗等后序处理来增加零件的致密度^[1]。激光净成形(laser engineered net shaping)使用功率更大、成本更高的激光器直接成形致密金属零件^[2], 电子束熔融成形(Electron beam melting)以电子束为热源制造致密零件^[3]。这些直接金属成形设备的成本都非常昂贵, 因此基于三维堆焊的金属成形技术因具有低成本、可控参数多、能制造致密零件等特点, 成为了低成本致密金属成形技术的一个研究方向^[3-8]。本文中的金属快速成形系统采用了微束等离子

弧堆焊(Micro-Plasma Arc Welding-MPAW)方式, 等离子弧作为成形热源, 具有电弧挺度、稳定性好、电流密度高、热影响区小等优点, 适于进行小零件的成形制造。

对于采用大功率激光、电子束、等离子弧等集中热源的成形工艺, 成形过程中的温度变化范围非常大。在移动集中热源作用的很小区域内, 温度高达金属熔点, 而远离热源的区域则为室温, 不均匀且实时变化的温度分布会导致零件出现不均匀的变形(图 1), 从而影响零件的精度。为了对变形的规律进行研究, 必须先对零件的变形进行准确的测量。本文中建立了一个零件变形的测量系统, 并对其硬件结构、软件等方面进行了研究。

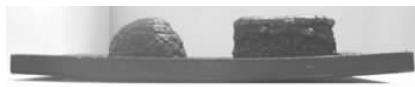


图 1 发生翘曲变形的零件^[8]

2 系统硬件组成

图 2 为零件变形测量系统的原理图。系统由两个模块组

基金项目: 波音公司-西安交通大学国际合作项目(the Joint Project of the Boeing Company Xi'an Jiaotong University under Grant No.160620);

新疆大学青年教师科研基金(the Research Project Launching Fund for Young Teachers of Xinjiang University); 浙江工业大学重中之重学科

开放基金资助项目(the Open Fund of Key Disciplines of Zhejiang University of Technology under Grant No.AMT200506-008)。

作者简介: 乌日开西·艾依提(1972-), 男, 博士生, 讲师, 主要研究方向: 金属快速成形技术; 赵万华(1965-), 男, 教授, 博士生导师, 主要研究方向: 先进制造技术。

收稿日期: 2007-10-23

修回日期: 2008-01-06

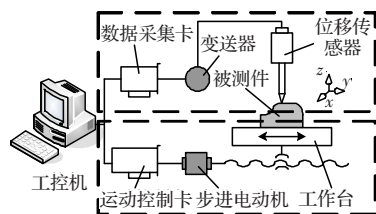


图2 系统原理图

成,一个是工作台运动控制模块,另一个是变形测量模块。

2.1 工作台运动控制模块

工作台运动控制模块即为成形机的运动控制部分。成形工作台由三维数控工作台和旋转支架构成了一个3.5轴的数控系统。成形工作台在x-y平面的移动及旋转支架的旋转为3轴联动,z方向在每层成形完毕后下降一个层高。CAD模型的分层处理、工作台运动的控制信息处理等由工控机完成。各轴的运动由GT400SG运动控制卡完成,其核心由ADSP2181数字信号处理器和FPGA组成,能同步控制四个运动轴。

2.2 测量模块

测量模块对零件的变形进行测量,由一个位移传感器(BWG4-10 mm)、变送器和数据采集卡(ACL-8112HG)组成。位移传感器为电感调频式位移传感器,传感器安装在成形机的机架上,测量触头与被测零件接触。当被测零件随工作台移动时,被测零件在z向的尺寸变化会使测量触头随之上下伸缩。触头带动铁芯在线圈中做上下移动,使磁路磁阻和线圈电感发生变化,从而改变了振荡电路的输出信号频率,根据信号频率和位移量之间的对应关系就可以确定触头的实际位移量。由于所采用的数据采集卡也被用于成形过程的温度数据采集,为了不改变采集卡的设置,采用了变送器将位移传感器输出的频率信号转换为0~5V的电压信号。电感调频式位移传感器的主要参数如表1所示。

表1 BWG4-10 mm 位移传感器主要性能参数

量程/mm	分辨率/(mm·mv ⁻¹)	非线性误差/(%)	重复性误差/(%)
10	0.002 013 6	0.130	0.04

3 测量软件实现

为了既能实现在线测量变形,又能实现成形后的单独测量,将测量软件模块作为一个独立的程序。测量程序可以独立进行数据采集,也可以在运动控制程序的控制下进行数据采集。这种处理方式既保证了测量程序的通用性,又大大地减少了对运动控制程序的修改量。图3所示为程序流程,程序用Visual C++6.0编写。

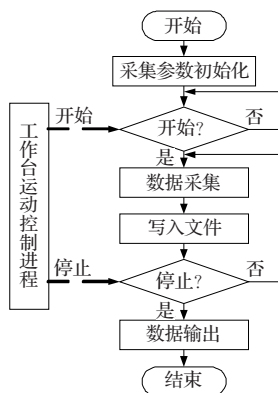


图3 测量程序流程图

3.1 采集参数初始化

对数据采集卡的参数,如中断、通道、采集模式等进行初始化设定,并根据测量精度的要求设定采样频率、采样精度等参数。

3.2 测量程序启动

采集程序的启动方式有两种,在不需要成形工作台运动的情况下可以直接启动,并根据设定的参数进行采集。当需要与成形工作台协同运行时,由成形工作台控制程序来启动,这实际上是两个进程间的通信问题。本文中通过消息传递机制来实现工作台运动控制进程与变形测量进程之间的协同工作。

首先在工作台运动控制程序和变形测量程序中都添加自定义消息:

```
#define WM_COMM WM_USER+100
在工作台运动控制程序中的“运行开始”部分添加如下代码:
CString str_cj=“变形数据采集”;
//找到接收数据的“变形数据采集”窗口
CWnd *pwnd_cj=CWnd::FindWindow(NULL,str_cj);
if (pwnd_cj)
pwnd_cj->PostMessage(WM_COMM,0,0); //发送开始采集的消息
在变形测量程序中添加自定义消息 WM_COMM 的消息映射和映射函数,当接收到工作台运动控制程序发送来的消息时进行处理,代码如下:
```

```
// 头文件中的声明消息映射函数
protected:
HICON m_hIcon;
// Generated message map functions
//{{AFX_MSG(CBxsjcjDlg)
...
//}}AFX_MSG
void OnReceiverMsg(WPARAM wParam,LPARAM lParam);
DECLARE_MESSAGE_MAP()
...
//CPP文件中完成消息映射
BEGIN_MESSAGE_MAP(CBxsjcjDlg,CDialog)
//{{AFX_MSG_MAP(CBxsjcjDlg)
...
//}}AFX_MSG_MAP
ON_MESSAGE(WM_COMM,OnReceiverMsg)
END_MESSAGE_MAP()
...
//映射函数
void CBxsjcjDlg::OnReceiverMsg (WPARAM wParam,LPARAM lParam)
{
if(wParam==0 && lParam==0)
Cj_ks(); // 运行采集程序
if(wParam==1 && lParam==1)
Cj_tz(); // 停止采集程序
}
```

当工作台开始移动的同时,运动控制进程向数据采集进程发送开始采集的消息,数据采集进程接收到消息后开始进行数据采集。在工作台停止的同时,运动控制进程向数据采集进程发送停止采集的消息,收到消息后数据采集随即停止。

3.3 数据采集

数据采集采用了直线往复扫描的方式。触头的位移经变送

器转变为 0~5 V 的电压信号,经标定后位移与电压之间的关系由公式(1)确定。将数据采集卡获得的电压信号经公式(1)计算后即可得出位移量,测得的数据设定按照格式依次写入数据文件;

$$\Delta = \frac{U-41.20}{496.62} \quad (1)$$

式中: Δ 为位移(mm); U 为电压(mV)。

3.4 数据输出

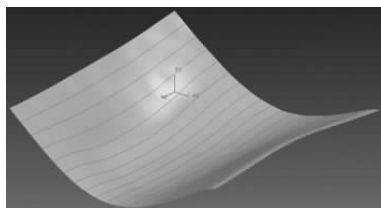
采集程序可实现两种不同的输出格式。一种将采集的数据根据设定的间隔分离成若干条 x 方向或 y 方向的平行直线,每条直线都可以分别导入 Origin 等软件进行对比研究。另一种是将采集的数据按三维 CAD 软件的点云数据格式进行 x,y,z 的坐标的组合,将变形后的表面导入三维 CAD 软件进行直观的分析研究。

4 测量实验

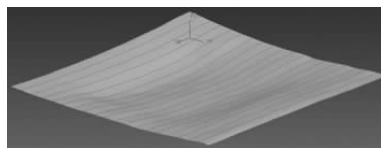
图 4(a)所示为在 100 mm×100 mm×8 mm 的基板上,堆积成形一层 50 mm×50 mm 正方形区域后的变形情况。采用所研制的测量系统对基板的背面进行了测量,在输出数据时设置了 z 方向的缩放比例,将变形放大 5 倍以更清晰的观察变形的特点,图 4(b)所示为按三维 CAD 软件 UG 的点云数据格式输出



(a)被测零件



(b)测量重构的曲面



(c)改进参数后试样的测量重构曲面

图4 测量重构实验结果

的数据重构的基板背面形状。可以看出,基板发生了两边向上的翘曲变形,但翘曲并不对称于基板中线,在结束边的变形较大,而且由于堆积区域的纵向收缩使基板边缘向上凸起。在改进工艺参数后又进行了成形试验,图 4(c)为改进参数后试样的测量结果,可以看出对基板变形的抑制效果明显改善。

5 结论

研制了一个直接金属快速成形中的零件变形测量系统,可实现零件变形的在线测量和离线单独测量。采用消息传递机制实现了工作台运动控制进程与变形测量进程之间的通信,使变形测量程序即可以单独运行,又可以与工作台运动程序协同运行。采集的变形数据可根据不同的要求进行输出,与数据分析软件和三维 CAD 软件相结合可以方便地对零件的变形进行分析研究。

参考文献:

- [1] Chua C K, Leong K F, Lim C S. Rapid prototyping: principles and applications[M]. New Jersey: World Scientific, 2003.
- [2] Grylls R. Laser engineered net shapes[J]. Advanced Materials & Processes, 2003, 161(1): 45-46.
- [3] Cormier D, Harrysson O, West H. Characterization of H13 steel produced via electron beam melting[J]. Rapid Prototyping Journal, 2004, 10(1): 35-41.
- [4] Spencer J D, Dickens P M, Wykes C M. Rapid prototyping of metal parts by three-dimensional welding[J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B—Journal of Engineering Manufacture, 1998, 212(3): 175-182.
- [5] Wang H, Kovacevic R. Rapid prototyping based on variable polarity gas tungsten arc welding for a 5356 aluminum alloy[J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B—Journal of Engineering Manufacture, 2001, 215(11): 1519-1527.
- [6] Zhang Y, Chen Y, Li P, et al. Automated system for welding-based rapid prototyping[J]. Mechatronics, 2002(12): 37-53.
- [7] Song Y A, Park S, Choi D, et al. 3D welding and milling: Part I—a direct approach for freeform fabrication of metallic prototypes[J]. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 2005, 45(9): 1057-1062.
- [8] Sreenathbabu A, Karunakaran K P, Amarnath C. Statistical process design for hybrid adaptive layer manufacturing[J]. Rapid Prototyping Journal, 2005, 11(4): 235-248.
- [9] Weng J, et al. Reference on Robotics and Automation, Barcelona Spain, 2004, 2: 1097-1102.
- [6] Sheth A, Hartung C, Han R. A decentralized fault diagnosis system for wireless sensor networks[C]//IEEE International Conference on Mobile Adhoc and Sensor Systems Conference, Washington, DC, 2005, 7(10).
- [7] Davis D, Gronemeyer S. Performance of Slotted ALOHA Random Access with Delay Capture and Randomized Time of Arrival[J]. IEEE Transactions on Communications, 1980, 28(5): 703-710.
- [8] Abramsson N. ALOHA system—another alternative for computer communications[C]//AFIPS Conf Proc, FJCC, Montale, NJ, US, 1970: 695-720.
- [9] 王鸿鹏, 王耀宽. 基于 Cricket 传感器网络室内定位系统的设计与实现[J]. 计算机工程与应用, 2008, 44(2): 211-214.

(上接 205 页)

- [2] Priyantha N B, Miu A K L, Balakrishnan P, et al. The cricket compass for context-aware[C]//Mobile Applications Proceedings of 7th ACM International Conference on Mobile Computing and Networking, Rome, Italy, 2001. New York: ACM Press, 2001: 1-14.
- [3] Priyantha N B, Chakraborty A, Balakrishnan H. The cricket location-support system[C]//Proc of the 6th Annual Int'l Conference on Mobile Computing and Networking, Boston, 2000. New York, ACM Press, 2000: 32-43.
- [4] Harter A, Hopper A, Steggle P, et al. The anatomy of a context-aware application[C]//Proc of the 5th Annual, ACM/IEEE Int'l Conference on Mobile Computing and Networking, Washington, 1999. New York, ACM Press, 1999: 59-68.
- [5] Makarenko A, Brooks A, Williams S, et al. A decentralized architecture for Active Sensor Networks[C]//2004 IEEE International Con-