

挤压式 3D 打印机机械结构设计

白 蕾

(北京大学,吉林 吉林 132013)

摘 要:本文自主设计了一种基于 FDM 工艺的新型挤出式 3D 打印机。其机械部分采用龙门式三轴平台结构的高精度滚珠丝杠驱动滑块,对机械零件进行了选型计算,并结合粘性液体材料的特点,设计了一种特殊的挤压机构。最后通过实验验证了设计的有效性。

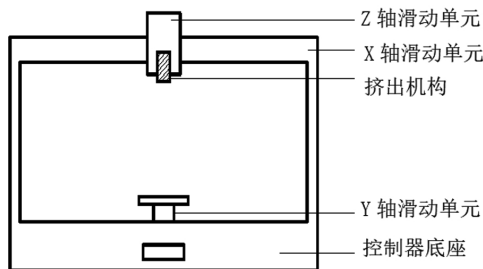
关键词:挤出机理;粘性液体材料;3D 打印

1 前言

3D 打印机作为新时代的高科技产品,已经在制造业、医疗保健、食品加工、教育等许多重要领域得到了广泛的应用。挤出式打印机是一种 3D 打印机,适用于粘性液体物料的分层 3D 打印。可广泛应用于工业制造、食品加工等行业。

2 整体机械结构设计

本文所设计的 3D 打印机机械结构的设计(如图 1 所示)由控制器底座、x 轴滑动单元、y 轴滑动单元、z 轴滑动单元和挤出机构组成^[1,2]。整体机械结构包含:(a)机械结构图;(b)真实样机。



(a) 机械结构图



(b) 真实样机

图 1 整体机械结构

3 控制器采用基础平台结构

控制器基础平台的设计,对 3D 打印机系统的控制器进行安装和固定。控制器的外部装置装有液晶显示器,因此,除了预留孔,用于安装电源开关、数据传输和冷却风扇外,还必须预留孔,用于安装液晶显示器。

4 该系统的坐标平台结构设计为龙门式结构^[3]

目前,三轴平台的结构形式主要有机械加工头三轴运动结构、龙门架结构、z 轴工作台升降结构和平行结构。不同的机构对三轴平台的加工精度和稳定性有不同的影响。选择龙门结构,是因为龙门结构采用双支撑结构,不同于单支撑的悬臂结构,制造方便,承载能力大,结构稳定。龙门式三轴平台的结构图见图 2。

该结构打印操作范围为 300×300×100mm,平台采用 57 型步进电机,最大速度 1000mm/s,装配后机械精度±0.02mm,重复精度±0.02mm。上述精度值满足 3D 打印运动参数要求,对所有机械机构的部件分别进行选择 and 计算^[4,5]。

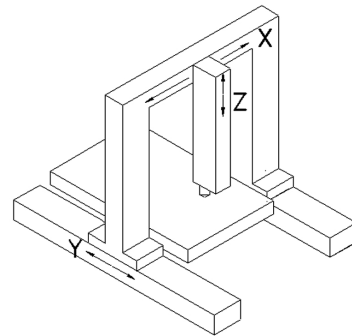


图 2 龙门式三轴平台结构图

4.1 螺杆

螺杆的材料应力慢速轻载传导螺杆传动,要求在良好的润滑条件下进行,45 # 钢用作螺丝材料。 $\sigma_b=630\text{MPa}$, $\sigma_s=370\text{MPa}$, $\delta_s=18\%$, $\varphi=40\%$ 。硬度:ZQSn5-5-5(ZCuSn5Pb5Zn5) $\sigma_b=200\sim 250\text{MPa}$,具有良好的耐磨性和耐腐蚀性,易加工,浇注性好。钢青铜用作滑动轴承材料,低速运行,允许压力 $[p]=18\sim 25\text{MPa}$,和 $[p]=18\text{MPa}$,摩擦系数范围 $f=0.08\sim 0.10$, $f=0.10$ 。

4.2 自锁性能

由于 z 轴间歇运行引起的自锁性能检查,传动附件应具备自锁功能。导程角:

$$\phi = \arctan\left(\frac{p}{\pi d_2}\right) = \arctan\left(\frac{15}{8\pi}\right) = 3.45^\circ \quad (1)$$

根据螺杆传动所需的压力 $[p]$ 和摩擦系数 f ,摩擦系数范围 $f=0.08\sim 0.10$, $f=0.10$,后角 $\beta=\frac{\alpha}{2}=1.5^\circ$ 。当量摩擦角 $\varphi_f=\frac{\arctan f}{\cos\beta}=4.73^\circ$, $\phi < \varphi_f$ 时,满足自锁条件,机构具有反向自锁功能。

4.3 压力计算

螺杆运转时,承受螺母轴向压力和步进电机转矩压力时的螺杆强度计算。强度条件为:

$$\sigma_{ca} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{\left(\frac{F}{A}\right)^2 + 3\left(\frac{T}{W_t}\right)^2} \leq [\sigma] \quad (2)$$

其中: $A=\frac{\pi}{4}d_1^2$,对于螺杆:

$$\sigma_{ca} = \frac{1}{A} \sqrt{F^2 + 3\left(\frac{4T}{d_1}\right)^2} = 0.025\text{MPa} \quad (3)$$

$\sigma_{ca} < [\sigma]$,螺杆强度足够大。

4.4 选择步进电机

根据打印机的重量负荷和驱动精度要求,选择步进电机和坐标轴联轴器,采用 57BYGH003 步进电机^[6,7],步进角 1.8° ,电压 5.5v,最大静力矩 $3.8\text{kg}\cdot\text{cm}$ 。它有很好的弹性,可以承受各种偏差。其特点:(1)重量轻、体积小;(2)经氧化处理的高强度铝合金材料;(3)防油防腐性能;(4)减震,径向偏差、角偏差和零反拉力补偿。

由于制造和装配误差,螺杆与导杆之间可能存在较大的形状和位置偏差,而螺纹联轴器可以补偿由此产生的偏差。因此,螺纹联轴

器适用于 z 轴传动的的设计。直径为 φ8,螺距为 1.5mm。如果步进电机采用 1.8°驱动方式,步进电机每一步的位移距离应为:

$$d = \frac{1.5 \times 1.8^\circ}{360^\circ} = 0.00075\text{mm} \quad (4)$$

5 挤出机构设计

挤出机构系统的挤出机构(如图 3 所示)是在挤出电机的驱动下,用来挤出或提取装料桶内的印刷物料。挤出机构由固定支架、直线步进电机、驱动螺杆、联轴器、套筒和活塞组成。其中,整个挤出机构由 ABS 塑料制成,采用 FDM 方法进行三维打印。挤出机构工作原理:当控制器向直线步进电机发出前进或后退旋转指令时,步进电机的旋转运动通过螺杆传递给活塞,进行上下直线运动,然后通过活塞的上下运动实现印刷材料的挤出和提取。

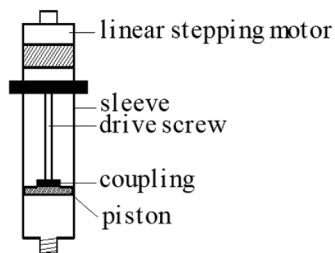


图 3 挤压机构的结构图

6 最终确定挤压孔

本文设计了各种内径的喷嘴(如图 4 所示)用于选择和更换。在受力分析的基础上,计算印刷材料与装料筒内壁之间的相互作用力,对装料筒内腔的结构承载强度进行校核和确定,对不同印刷喷嘴结构的阻力系数进行理论分析,选择合适的印刷喷嘴。

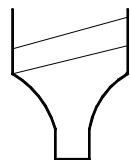


图 4 打印机喷嘴

7 实验结论

在实验过程中使用导电银浆作为印刷材料,并在一张相纸上进行了单层电路印刷实验(如图 5 所示)。通过对实验过程和结果的观察,该系统的机械设计是有效的,可以应用于实际工程。

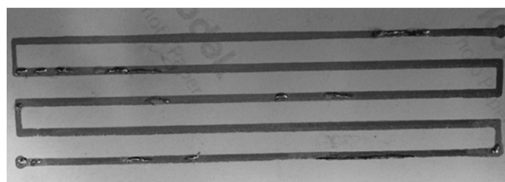


图 5 单层印刷电路

参考文献

[1]李成,基于 FDM 工艺的双喷头设备开发及工艺参数研究,南京师范大学硕士毕业论文,2014,5:6-22.
 [2]李小丽,马剑雄,李萍,等,3D 打印技术及应用趋势,自动化仪表,2014,1:1-5.
 [3]Herrmann K H,Gartner C and Gullmar D,et al.3Dprinting of MRI compatible components:Why every MRI research group should have a low-budget 3Dprinter [J].Medical Engineering & Physics, 2014,36(10):1373-1380.
 [4]Sutradhar A,Park J and Carrau D,et al.Experimental validation of 3D printed Patient-specific implants using digital image correlation and finite element analysis [J]. Computers in Biology and Medicine, 2014,52:8-17.
 [5]Maragiannis D,Jachson M S and Igo S R,et al.Functional 3D printed patient-specific modeling of severe aortic stenosis[J],Journal of the American College of Cardiology, 2014,64(10):1066-1068.
 [6]Comina G,Suska A and Filippini D.Low cost lab-on-a-chip prototyping with a C-onsumer Grade 3D Printer [J].Lab on a chip. 2014,14(16):1978-1982.
 [7]Tumbleston J R,Shirvanyants D and Ermoshkin N, et al. Continuous Liquid Interface Production of 3D Objects[J].Science. 2015,347(6228):1349-1352.