



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103240883 A

(43) 申请公布日 2013. 08. 14

(21) 申请号 201310184729. 4

(22) 申请日 2013. 05. 16

(71) 申请人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路
866 号

(72) 发明人 彭勇刚 韦巍

(74) 专利代理机构 杭州中成专利事务所有限公
司 33212

代理人 周世骏

(51) Int. Cl.

B29C 67/00(2006. 01)

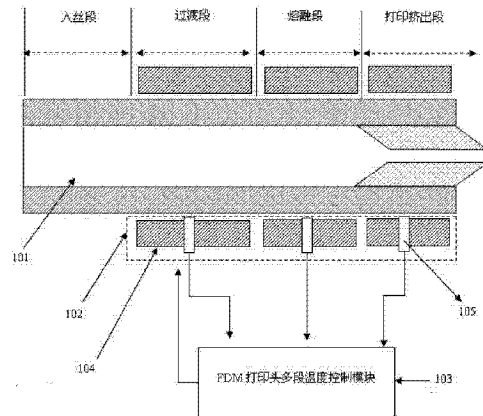
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

基于多段温度控制的熔丝沉积成型 3D 打印
喷头及温控方法

(57) 摘要

本发明涉及 3D 打印技术,旨在提供一种基于
多段温度控制的熔丝沉积成型 3D 打印喷头及温
控方法。包括打印喷头和设于其外部的加热装置;
其特征在于,打印喷头内部的成型室被分为入丝
段、过渡段、熔融段、打印挤出段四个部分;所述
加热装置分为三段,并对应安装于成型室过渡段、
熔融段和打印挤出段的外侧;每段加热装置均包
括独立的电加热器和温度传感器,且分别通过信
号线与 FDM 打印喷头多段温度控制模块相连。本
发明可以实现打印喷头各段温度的对应渐变控
制,保证 FDM 打印材料时刻保持在可打印状态,并
且不会出现由于单一温度控制出现的温度过高或
者过低造成的工层坍塌、破坏以及堵塞情况,同
时避免了传统打印喷头堵塞和断丝现象,提高了
成型产品的质量。



1. 基于多段温度控制的熔丝沉积成型 3D 打印喷头,包括打印喷头和设于其外部的加热装置;其特征在于,打印喷头内部的成型室根据丝状打印材料进入、熔融直到被挤出打印的顺序被分为入丝段、过渡段、熔融段、打印挤出段四个部分;所述加热装置分为三段,并对应安装于成型室过渡段、熔融段和打印挤出段的外侧;每段加热装置均包括独立的电加热器和温度传感器,且分别通过信号线与 FDM 打印喷头多段温度控制模块相连,由该模块对各段加热装置分别控制以实现成型室各段温度的分别控制。

2. 根据权利要求 1 所述的 3D 打印喷头,其特征在于,所述温度传感器是 K 型热电偶。

3. 根据权利要求 2 所述的 3D 打印喷头,其特征在于,所述成型室的过渡段被划分为多段,每一过渡段的外侧均对应安装一段加热装置。

4. 熔丝沉积成型 3D 打印喷头的多段温度控制的方法,其特征在于,将打印喷头内部的成型室根据丝状打印材料进入、熔融直到被挤出打印的顺序被分为入丝段、过渡段、熔融段、打印挤出段四个部分;在成型室过渡段、熔融段和打印挤出段的外侧分别安装加热装置;每段加热装置均包括独立的电加热器和温度传感器,且分别通过信号线与 FDM 打印喷头多段温度控制模块相连,由该模块收集各温度传感器的测量数据并输出信号对各段加热装置分别控制,以实现成型室各段温度的分别控制;如果成型室的过渡段被划分为多段,则每一过渡段的外侧均对应安装一段加热装置;

具体的各段温度设置方法如下:

(1) 由丝状打印材料的熔融态加工温度 T_{op} 和成型室的段数来共同决定各段的设置温度 T_i ($i=1,2,3\cdots$,为段序号);

(2) 过渡段的温度设置根据过渡段段数、室温和熔融态加工温度 T_{op} 来进行设置:假设室温为 T_{room} ,过渡段的段数为 n ,则过渡段各段温度分别为 $(T_{op}-T_{room})/(n+1)$, $2 \times (T_{op}-T_{room})/(n+1)$, \cdots , $n \times (T_{op}-T_{room})/(n+1)$;

(3) 熔融段的设置温度设置为丝状打印材料的熔融态加工温度 T_{op} ;

(4) 打印挤出段的温度设置为比熔融态加工温度 T_{op} 低 $1-5^{\circ}\text{C}$,该温度设置值根据不同丝状打印材料和环境温度不同而有所区别,应在正式打印之前通过打印测试确定其正式的设置值;所述打印测试方法是:先设置打印挤出段的温度比熔融态加工温度 T_{op} 低 1°C ;按正常打印速度打印两段相邻的直线,如果两段直线均匀、光滑,且粘结充分、没有重叠突出部分,则说明设置温度合适;否则,再降低打印挤出段的设置温度 1°C ,即设置打印挤出段的温度比熔融态加工温度 T_{op} 低 2°C 重复进行实验;按此方式重复操作,直到打印效果符合要求为止。

5. 根据权利要求 4 所述的方法,其特征在于,所述 FDM 打印喷头多段温度控制模块根据温度设置值和温度传感器测量数据,采用 PID 控制方法或模糊控制算法对输出至各电加热器的控制值进行计算,以实现对各加热器的工作控制和各段成型室温度的闭环控制。

基于多段温度控制的熔丝沉积成型 3D 打印喷头及温控方法

技术领域

[0001] 本发明涉及 3D 打印技术,具体涉及熔丝沉积成型(Fused Deposition Modeling, FDM)打印装置及控制方法。更详细的说,本发明涉及熔丝沉积成型 3D 打印新型打印喷头,具备多段温度控制,防止断丝、堵塞和溢流问题。

背景技术

[0002] 熔丝沉积成型(Fused Deposition Modeling, FDM)也称为熔丝沉积成型(FDM) 3D 成型、FDM 成型、FDM 3D 成型、FDM 打印或者 FDM 3D 打印等,是目前发展最为迅速、最有前途的快速成型技术、也称 3D 打印成型技术之一。熔融沉积成型的工作原理是将热熔性材料(如 ABS、蜡等材料)通过加热器熔化,材料先抽成丝状供打印使用。然后 FDM 成型设备通过送丝机构将丝状打印材料送进热熔喷头,在喷头内被加热融化,喷头沿零件截面轮廓和填充轨迹运动,将半流动状态的材料按照加工产品 CAD 分层数据控制的路径挤出并沉积在指定的位置凝固成形,并与周围的材料粘结,层层堆积成型。每一个层片都是在上一层上堆积而成,上一层对当前层起到定位和支撑的作用,所以 FDM 等工艺被称为 3D 打印成型技术。熔融挤出成型(FDM)工艺的材料一般是热塑性材料,如蜡、ABS、PC、尼龙等,通过送丝机构以丝状供料。

[0003] FDM 技术可以将所需产品 CAD 的设计构想快速、精确、而又经济地生成物理实体,比将三维的几何造型展示于二维的屏幕或图纸上具有更高的直观性和启示性。设计人员可以更快,更易地发现设计中的错误。而且采用 ABS 等高分子原料作为打印材料,加工出的产品具有一定的机械强度和硬度,设计者可以利用 FDM 快速加工出所需产品进行前期设计的设计评审、性能测试及装配实验,保证设计的产品满足预期要求。而且将 FDM 技术和传统的模具制造技术结合在一起,快速模具制造技术可以缩短模具的开发周期,提高生产效率。另外在生物医学领域、微型机械领域等等都由广泛的应用。

[0004] 熔融挤压成形工艺比较适合于家用电器、办公用品以及模具行业新产品开发,功能测试及验证,以及用于假肢、医学、医疗、大地测量、考古等基于数字成像技术的三维实体模型制造。该技术无需激光系统,因而价格低廉,运行费用很低且可靠性高;FDM 快速成型工艺干净、简单、易于操作且不产生垃圾,没有毒气或化学物质的危险,因此制造系统可用于办公环境。

[0005] 熔丝沉积成型机构包括三轴运动机构、送丝机构、打印喷头及控制机构组成。三轴运动机构实现熔丝沉积成型(FDM)打印喷头按照设计产品 CAD 数据处理获得的分层数据在三维空间的运动进行打印成型;送丝结构通过电机将丝状的打印材料送入打印喷头融化进行打印;打印喷头中的加热装置将送丝机构送入的丝状打印材料加热到熔融态,然后再送丝机构未融化材料的挤压力下挤出打印喷头沉积到上一层产品上冷却成型。而控制机构则实现对三轴运动机构、送丝机构及打印喷头及其加热装置的控制。

[0006] 打印喷头中打印材料通道通常为一个圆柱形通道,加热状态包裹在通道金属外部

对其进行加热,目前的熔丝沉积成型(FDM)打印喷头都是采用一个温度加热控制装置进行温度控制。喷头温度决定了材料的粘结性能、堆积性能、丝材流量以及挤出丝宽度,如何保证成形材料能否以稳定的温度从嘴中挤出将直接影响原型的成形精度。

[0007] 喷头温度太低,材料偏向于固态,则材料粘度增大使挤出摩擦阻力加大,挤丝速度变慢,这不仅加重了挤压系统的负担,极端情况下还会造成喷嘴堵塞,而材料层间粘结强度降低,还会引起层间剥离;而温度太高,材料偏向于液态,出现焦黄,材料分子破裂,粘性系数变小,流动性强,无法形成可精确控制的丝,使挤出的丝表面粗糙,而且会出现加工层坍塌和破坏。

[0008] 更为关键的是在熔丝沉积成型(FDM)打印成型过程中,经常出现停顿过程以实现打印路径转移、打印喷头跟换以打印支撑空间等等,这样在正常打印的停顿时间内由于熔融的打印材料过多会出现溢出问题,时间过长则靠近进丝入口部分的材料冷却后会出现堵塞打印喷头及断丝等严重故障而使得打印过程失败,影响打印产品质量。

[0009] 本发明就是为了解决上述传统熔丝沉积成型(FDM)打印喷头这个问题,设计一个新的FDM成型打印喷头,根据打印丝材由送丝机构送入打印喷头中的成型室被加热到熔融态的直到挤出成型渐变过程,严格控制过程中的温度变换,提高熔丝沉积成型(FDM)成型质量。

发明内容

[0010] 本发明要解决的技术问题是,克服现有技术中的不足,提供一种基于多段温度控制的熔丝沉积成型3D打印喷头及温控方法。

[0011] 为解决技术问题,本发明的解决方案是:

[0012] 提供一种基于多段温度控制的熔丝沉积成型3D打印喷头,包括打印喷头和设于其外部的加热装置;打印喷头内部的成型室根据丝状打印材料进入、熔融直到被挤出打印的顺序被分为入丝段、过渡段、熔融段、打印挤出段四个部分;所述加热装置分为三段,并对应安装于成型室过渡段、熔融段和打印挤出段的外侧;每段加热装置均包括独立的电加热器和温度传感器,且分别通过信号线与FDM打印喷头多段温度控制模块相连,由该模块对各段加热装置分别控制以实现成型室各段温度的分别控制。

[0013] 本发明中,所述温度传感器是K型热电偶。

[0014] 本发明中,所述成型室的过渡段被划分为多段,每一过渡段的外侧均对应安装一段加热装置。

[0015] 本发明进一步提供了一种熔丝沉积成型3D打印喷头的多段温度控制的方法,是将打印喷头内部的成型室根据丝状打印材料进入、熔融直到被挤出打印的顺序被分为入丝段、过渡段、熔融段、打印挤出段四个部分;在成型室过渡段、熔融段和打印挤出段的外侧分别安装加热装置;每段加热装置均包括独立的电加热器和温度传感器,且分别通过信号线与FDM打印喷头多段温度控制模块相连,由该模块收集各温度传感器的测量数据并输出信号对各段加热装置分别控制,以实现成型室各段温度的分别控制;如果成型室的过渡段被划分为多段,则每一过渡段的外侧均对应安装一段加热装置;具体的各段温度设置方法如下:

[0016] (1) 由丝状打印材料的熔融态加工温度 T_{op} 和成型室的段数来共同决定各段的设

置温度 T_i ($i=1,2,3\cdots$, 为段序号) ;

[0017] (2) 过渡段的温度设置根据过渡段段数、室温和熔融态加工温度 T_{op} 来进行设置 : 假设室温为 T_{room} , 过渡段的段数为 n , 则过渡段各段温度分别为 $(T_{op}-T_{room})/(n+1)$, $2\times(T_{op}-T_{room})/(n+1)$, \cdots , $n\times(T_{op}-T_{room})/(n+1)$;

[0018] (3) 熔融段的设置温度设置为丝状打印材料的熔融态加工温度 T_{op} ;

[0019] (4) 打印挤出段的温度设置为比熔融态加工温度 T_{op} 低 $1-5^{\circ}\text{C}$, 该温度设置值根据不同丝状打印材料和环境温度不同而有所区别, 应在正式打印之前通过打印测试确定其正式的设置值。

[0020] 本发明中, 所述 FDM 打印喷头多段温度控制模块根据温度设置值和温度传感器测量数据, 采用 PID 控制方法和模糊控制算法对输出至各电加热器的控制值进行计算, 以实现对各电加热器的工作控制和各段成型室温度的闭环控制。

[0021] 与现有技术相比, 本发明的有益效果在于 :

[0022] 通过使用该多段温度控制的熔丝沉积成型(FDM)打印喷头及其温度设置方法, 在熔丝沉积成型(FDM)加工成型过程中, 可以实现从送丝机构送入打印喷头中的成型室被加热到熔融态的直到挤出成型渐变过程中熔丝沉积成型(FDM)打印喷头各段温度的对应渐变控制, 保证熔丝沉积成型(FDM)打印材料在打印喷头及成型室内时刻保持在可打印状态, 并且不会出现由于单一温度控制出现的温度过高或者过低造成的工层坍塌、破坏以及堵塞情况, 同时避免了传统的单段温度控制熔丝沉积成型(FDM)打印喷头由于打印暂停时间过长等原因造成的喷头堵塞和断丝现象, 提高了熔丝沉积成型(FDM)成型产品的质量。

附图说明

[0023] 图 1 为多段温度控制的熔丝沉积成型(FDM)打印喷头结构图 ;

[0024] 图 2 为加热装置内部结构图 ;

[0025] 图 3 为加热装置温度控制结构示意图。

[0026] 图中附图标记 : 101 成型室、102 加热装置、103 FDM 打印喷头多段温度控制模块、104 电加热器、105 温度传感器。

具体实施方式

[0027] 首先需要说明的是, 本发明涉及控制技术, 是计算机技术在控制领域的一种应用。在本发明的实现过程中, 会涉及到多个软件功能模块的应用。申请人认为, 如在仔细阅读申请文件、准确理解本发明的实现原理和发明目的以后, 在结合现有公知技术的情况下, 本领域技术人员完全可以运用其掌握的软件编程技能实现本发明。前述软件功能模块包括但不限于 : FDM 打印喷头多段温度控制模块等, 凡本发明申请文件提及的均属此范畴, 申请人不再一一列举。

[0028] 下面结合附图, 对本发明的具体实施方式描述如下 :

[0029] 下面以一个过渡段为 1 段的 FDM 成型机打印喷头为具体例子进行说明本发明的具体实施方式。其截面结构示意图如附图 1 所示。

[0030] 本实例熔丝沉积成型(FDM)打印喷头为圆柱体结构, 包括成型室 101、加热装置 102、及 FDM 打印喷头多段温度控制模块 103。成型室 101 根据丝状打印材料进入、熔融直

到被挤出打印过程顺序分为入丝段、过渡段、熔融段、打印挤出段四个部分,其中过渡段又可以划分为多段,如单段、两段,三段等等,根据熔丝沉积成型(FDM)成型机构大小和型号决定,本具体实施方式假设过渡段位是1段。加热装置与此对应也划分为多段,分别安装在打印喷头成型室101的过渡段、熔融段、打印挤出段的外侧,根据各段功能的不同以及丝状打印材料的选择不同,设置不同的温度对各段成型室温度分别进行控制。由于本实例过渡段只有1段,则本实施例将打印喷头分为3段进行控制。

[0031] 如附图2所示,每一段的加热装置102都包括一个电加热器104和一个温度传感器105,分别用于加热控制和温度信号检测。电加热器104采用220V或者380V交流加热器或者直流加热器,温度传感器105采用K型热电偶。电加热器104通过对成型室外部金属加热来控制其内部打印材料的温度,温度传感器106检测对应成型室各段的温度,传送到FDM打印喷头多段温度控制模块103,该模块根据温度设置值和温度传感器105的测量数据,采用PID控制方法和模糊控制算法对输出至各电加热器104的控制值进行计算,以实现对各电加热器104的工作控制和各段成型室101温度的闭环控制。FDM打印喷头多段温度控制模块103通过设置的温度和温度传感器105传送来的熔丝沉积成型(FDM)打印喷头各段成型室101的实际温度,经过控制算法计算控制输出,对加热装置102的工作进行控制,实现温度的精确闭环控制。

[0032] 本发明还提供了一种多段温度控制的熔丝沉积成型打印喷头多段温度设置方法,打印喷头具有和成型室101的过渡段、熔融段、打印挤总段数相同段数的加热装置102,加热装置102对应每一段成型室加热装置对应有一个电加热器104和具有对应安装位置的温度传感器105,温度传感器105采用K型热电偶。各温度传感器105通过信号线连接至打印喷头多段温度控制模块103,将每段成型室的温度信号传送到打印喷头多段温度控制模块103。打印喷头多段温度控制模块103计算控制输出,通过信号线连接到加热装置102,控制各段电加热器104的工作,从而控制打印喷头各段温度。其温度控制结构如附图3所示。具体的各段温度设置方法如下:

[0033] (1) 由丝状打印材料的熔融态加工温度 T_{op} 和成型室的段数来共同决定各段的设置温度 T_i ($i=1,2,3\cdots$,为段序号);

[0034] (2) 过渡段的温度设置根据过渡段段数、室温和熔融态加工温度 T_{op} 来进行设置:假设室温为 T_{room} ,过渡段的段数为 n ,则过渡段各段温度分别为 $(T_{op}-T_{room})/(n+1)$, $2\times(T_{op}-T_{room})/(n+1)$, \cdots , $n\times(T_{op}-T_{room})/(n+1)$;

[0035] (3) 熔融段的设置温度设置为丝状打印材料的熔融态加工温度 T_{op} ;

[0036] (4) 打印挤出段的温度设置为比熔融态加工温度 T_{op} 低 $1-5^{\circ}\text{C}$,该温度设置值根据不同丝状打印材料和环境温度不同而有所区别,应在正式打印之前通过打印测试确定其正式的设置值。所述打印测试方法是:先设置打印挤出段的温度比熔融态加工温度 T_{op} 低 1°C ;按正常打印速度打印两段相邻的直线,如果两段直线均匀、光滑,且粘结充分、没有重叠突出部分,则说明设置温度合适;否则,再降低打印挤出段的设置温度 1°C ,即设置打印挤出段的温度比熔融态加工温度 T_{op} 低 2°C 重复进行实验;按此方式重复操作,直到打印效果符合要求为止。

[0037] 下面提供一个具体的实施例子如下:

[0038] (1) 由丝状打印材料的熔融态加工温度 T_{op} 和打印喷头分段数来共同决定各段的

设置温度 T_i ($i=1, 2, 3\cdots$, 为段序号), 假设本实例以 ABS 为打印材料, 假设其打印加工温度 $T_{op}=230^\circ\text{C}$;

[0039] (2) 则熔融段设置温度 T_1 设置为成型材料加工温度 T_{op} , 也就是 $T_1=T_{op}=230^\circ\text{C}$;

[0040] (3) 打印挤出段温度 T_2 设置为比成型材料加工温度 T_{op} 低 $1-5^\circ\text{C}$, 具体温度根据不同成型材料和环境不同而略有不同, 假设熔丝沉积成型(FDM)成型机打印空间尺寸为 $200\text{mm}\times 200\text{mm}\times 200\text{mm}$, 成型环境室温为 20°C , 通过打印测试样品可以确定其具体温度, 实际通过上述参数实例确定打印挤出段温度比成型材料加工温度 T_{op} 低 2°C , 即 $T_2=T_{op}-2^\circ\text{C}=228^\circ\text{C}$;

[0041] (4) 过渡段温度设置根据过渡段段数、室温和成型材料的熔融态加工温度 T_{op} 来进行设置, 假设室温为 $T_{room}=20^\circ\text{C}$, 本实施例子中过渡段段数为 1, 则过渡段温度分别为 $(T_{op}-T_{room})/(n+1)=(230-20)/(1+1)=105^\circ\text{C}$; 如果过渡段为 2 段, 则两段过渡段温度分别为 $(T_{op}-T_{room})/(n+1)=(230-20)/(2+1)=70^\circ\text{C}$ 和 $2\times(T_{op}-T_{room})/(n+1)=2\times(230-20)/(1+1)=140^\circ\text{C}$.

[0042] 本发明中多段温度控制方法在 FDM 打印喷头多段温度控制模块中实现, 控制算法采用 PID 控制方法(或模糊控制算法); 由于相关控制算法已是常规技术, 本发明对此不再赘述。

[0043] 使用该多段温度控制的熔丝沉积成型(FDM)打印喷头及其温度设置方法, 在熔丝沉积成型(FDM)加工成型过程中, 可以实现从送丝机构送入打印喷头中的成型室被加热到熔融态的直到挤出成型渐变过程中熔丝沉积成型(FDM)打印喷头各段温度的对应渐变控制, 保证熔丝沉积成型(FDM)打印材料在打印喷头及成型室内时刻保持在可打印状态, 并且不会出现由于单一温度控制出现的温度过高或者过低造成的工层坍塌、破坏以及堵塞情况, 同时避免了传统的单段温度控制 FDM 打印喷头由于打印暂停时间过长等原因造成的喷头堵塞和断丝现象, 提高了熔丝沉积成型(FDM)成型产品的质量。

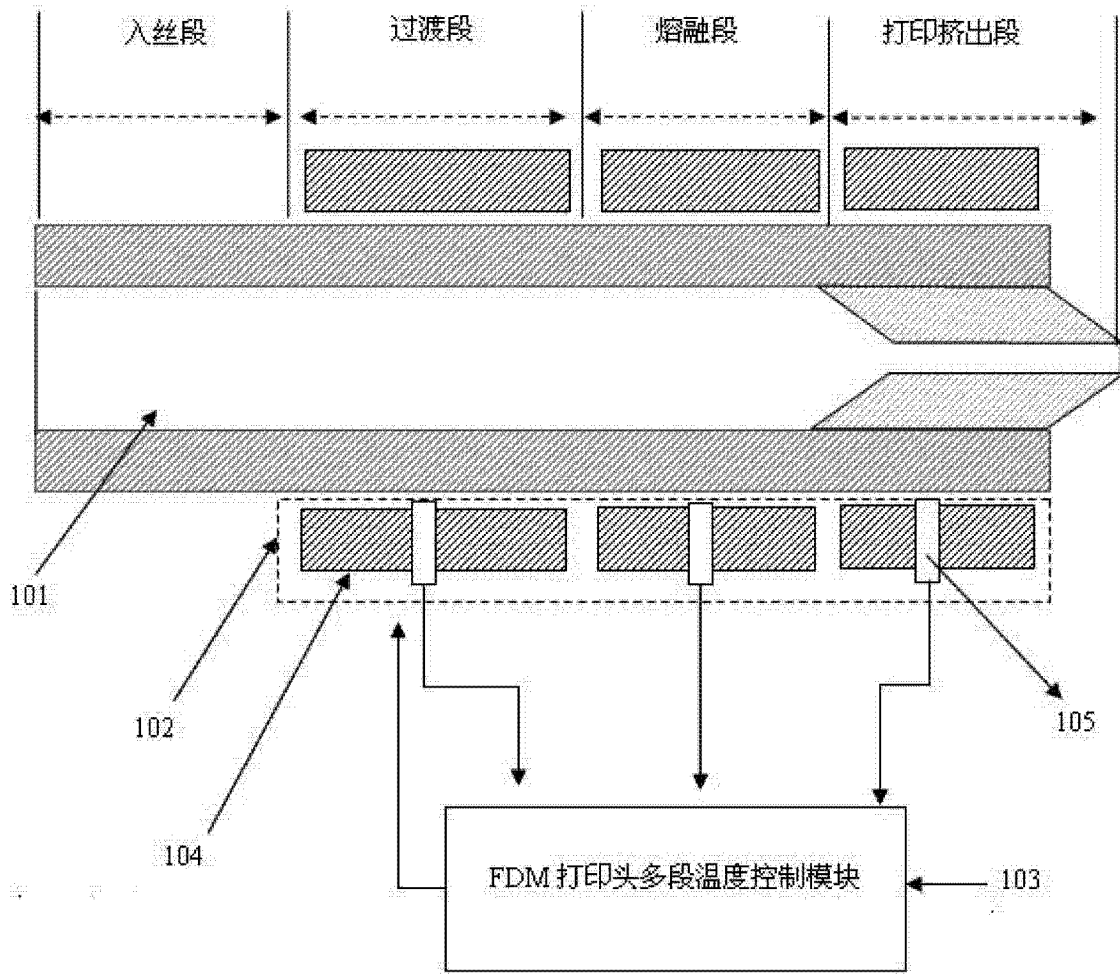


图 1

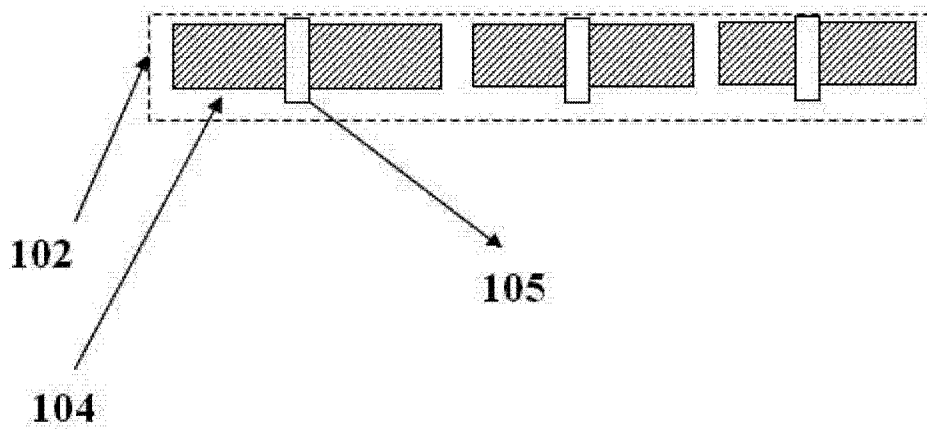


图 2

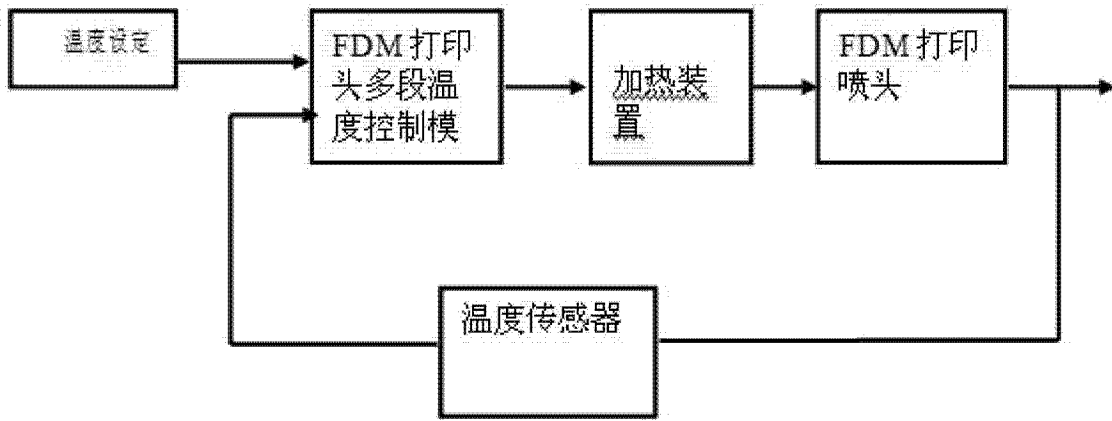


图 3