

熔融沉积快速成型系统喷头应用现状分析

刘斌 谢毅

(华南理工大学机械与汽车工程学院, 广州 510640)

摘要 介绍熔融沉积快速成型系统的特点及所用喷头的工作原理, 分析比较柱塞式喷头、螺杆式喷头和螺杆式挤出塑化双喷头的特点, 并介绍国内外熔融沉积快速成型设备的应用现状及研究进展, 提出了开发双喷头的难点所在。

关键词 熔融沉积成型 喷头 微型挤出 应用现状

熔融沉积成型(FDM)与其它快速成型工艺一样, 采用分层制造的方法来成型原型零件^[1-2], 其原理如图1所示。FDM与其它快速成型工艺的主要不同点在于, 其构成零件的每个层片是由材料丝熔融堆积形成的^[3-4]。成型过程中, 材料在喷头内被加热熔化, 并以一定的压力由喷头沿零件截面轮廓和填充轨迹运动挤出, 与前一层粘结在一起, 逐层叠加, 直至原型零件完成。

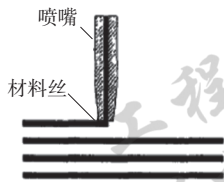


图1 熔融沉积快速成型原理图

1 熔融沉积快速成型的特点

采用FDM工艺制造悬臂件时需要添加支撑料。这种支撑料可以用同一种材料制造, 此时只需要一个喷头, 即在成型过程中可通过控制系统控制喷头的运行速度使支撑料变得较为疏松, 从而达到便于剥离和加快成型速度的目的。

但采用单喷头存在的缺点是: 由于模型材料和支撑材料都是同一种材料, 颜色相同, 即使疏密不同, 在边界处也难以辨认和剥离; 此外, 在对支撑料进行剥离时容易损伤成型件。

若采用双喷头, 则不仅可以用来喷模型材料, 还可以用来喷支撑材料, 如图2所示。利用两种材料的特性不同和颜色不同, 制作完毕后可以采用物理或化学的方法去除支撑。如选用水溶性材料作支撑, 非水溶性材料作模型, 成型完成后可直接将成型件放入水中, 使支撑材料溶解, 便可得最终的原型件; 或者选用低熔点材料作支撑, 高熔点材料作模型, 成型后可选在低熔点材料的熔点温度加热, 使支撑材料熔化去除, 从而得到最终的原型件。

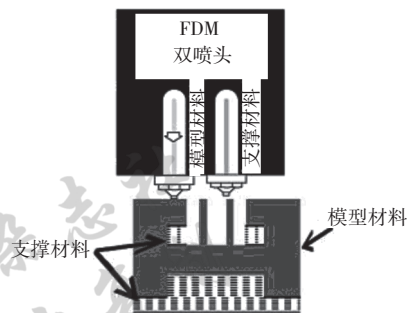


图2 双喷头熔融沉积快速成型机

FDM可采用的成型材料很多, 如改性后的石蜡、(丙烯腈/丁二烯/苯乙烯)共聚物(ABS)、尼龙、橡胶等热塑性材料, 以及多相混合材料, 如金属粉末、陶瓷粉末、短纤维等与热塑性材料的混合物^[3-4], 其中ABS具有成型收缩率小、强度高等优点, 使得成型零件具有较高的强度, 可直接用于试装配、测试评估及投标, 也可用于制作快速经济模具的母模。

2 FDM系统的喷头

喷头是实现FDM工艺的关键部件。喷头结构设计和控制方法是否合理, 直接关系到成型过程能否顺利进行, 并影响成型的质量, 所以喷头设计是FDM系统设计的重要组成部分^[5-6]。根据喷头的功能和作用, 喷头系统应包括两个基本组成: 一是送料部分; 二是塑化和喷嘴部分。同时, 作为基本机电单元, 喷头应包括机械结构和控制系统, 二者互相统一、不可分割。

目前, 熔融沉积快速成型系统多采用柱塞式喷头, 如美国Stratasys公司旧型号的产品^[3-4]; 另一类则采用螺杆式挤出喷头, 如美国Stratasys公司新型号的产品、上海富力奇公司的TSJ系列快速成型系统及清华大学的MEM-250FDM型快速成型系统采用螺杆式挤出喷头^[2], 但到目前为止有关喷头结

构及所用成型材料与支撑材料尚未有文献报道。华中科技大学和四川大学正在进行 FDM 用螺杆式挤出塑化双喷头的研究^[7]。

2.1 柱塞式喷头

柱塞式喷头的工作原理如图 3 所示。成型时,控制信号使送丝机构的电机动作,通过齿轮传动驱动两个在圆柱面上带有环形浅凹槽的轮子(简称驱动轮),丝料经牵引到两个驱动轮间而被夹住,依靠两个驱动轮旋转所产生的摩擦力将丝料送往与喷头相连的导向塑料软管,再被送入喷头,喷头中有靠温度传感器控制的加热器,送入的丝料被高温熔化,然后通过丝料的活塞推进作用使其由喷嘴挤出。在设计送丝驱动部分时,需要考虑送丝驱动力的大小,因为该驱动力若有较大波动将直接影响成型质量^[3]。

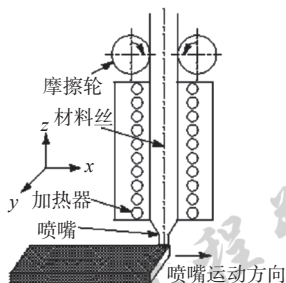


图3 柱塞式喷头

加热器提供热量使丝料熔融,FDM 工艺对温度的要求较为严格。必须将喷嘴出丝温度和成型室温度控制在一定范围内,而且一旦设定温度值后必须保证其处于稳定状态,否则将影响成型质量。这就要求加热器温度控制稳定。若温度控制不好,摩擦轮夹住的丝料会受热融化,引起打滑甚至丝料断裂造成供料失败。另外,由于喷嘴孔径很小,容易堵塞,故以摩擦轮的摩擦力作为推动柱塞的动力需很大^[8]。

采用柱塞式喷头的 FDM 快速成型机大多采用丝料,而进料方式要求丝料具有较好的弯曲强度、压缩强度和拉伸强度,这样在驱动摩擦轮的牵引和驱动力作用下才不会发生断丝和弯曲现象。另外,材料还应具有较好的柔韧性,以至在弯曲时不会轻易折断。由于丝料在加热腔内还起到推进活塞的作用,为了提高其抗失稳能力,丝料必须具有足够高的弹性模量。ABS 具有一些优异的性能,应用范围极为广泛,FDM 快速成型机多选用改性 ABS 作为成型材料。

2.2 螺杆式喷头

图 4 为上海富力奇公司生产的 TSJ 系列快速成

型机的螺杆式喷头结构^[2]。其喷头内的螺杆与送丝机构由可沿 R 方向旋转的同一步进电机驱动,当外部计算机发出指令后,步进电机驱动螺杆,同时又通过同步齿形带传动与送料辊将丝料送入成型头。在喷头内由于电热棒的作用,丝料呈熔融状态,并在螺杆的推挤下通过喷嘴挤出。

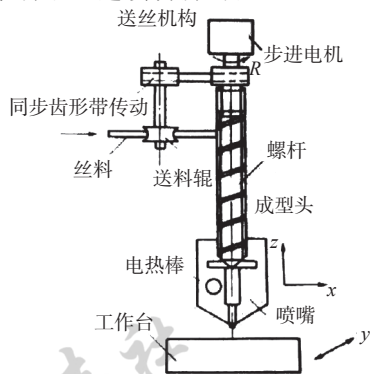


图4 TSJ 系列快速成型机的螺杆式喷头结构

由于喷头内的熔料是在螺杆的作用下被挤出,能够解决柱塞式喷头挤出压力不足的问题。另外,跟柱塞式喷头一样采用丝料进料。与其它使用粉末和液态材料的工艺相比,丝料较清洁,易于更换、保存,不会在设备内或附近形成粉末或液体污染。

2.3 螺杆式挤出塑化双喷头

华中科技大学和四川大学正在研发的螺杆式挤出塑化双喷头^[7]与 TSJ 系列快速成型机的螺杆式喷头相比,其区别在于采用了料斗进料方式及同时存在两个喷头的结构,如图 5 所示。颗粒状或粉末状物料通过强制加料装置进入喷头,并在喷头中塑化均匀后送至喷嘴,然后选择性地涂覆在工作面上。此时两个微型螺杆式挤出喷头的作用是:一个用于挤出模型材料;另一个用来挤出支撑材料,这样在成型时可选取两种不同特性的材料。该研究构思中的喷头实际上采用了单螺杆挤出方式,如图 6 所示。挤出头的主要作用有两个:一是传输、压实、均匀塑化物料;二是为使塑化物料能从喷嘴挤出提供动力。但仅靠物料自重加料很可能导致加料不均匀,进而影响制品质量和精度,为了达到较高的制造精度,必须保证料斗加料的连续性。因此,四川大学的研究拟采用强制加料装置,以保证加料的均匀和定量。由于采用的挤出头体积非常小,微型螺杆对物料的剪切塑化能力不够强,如果在设计中有增加螺杆对物料的剪切力,势必将引起挤出喷嘴的振动,影响制品质量。因此为达到理想的塑化效果和制得精度较高的原型件,应适当减小螺杆的剪切力,通过提高

挤出头料筒温度的方法来增加材料的塑化效果。

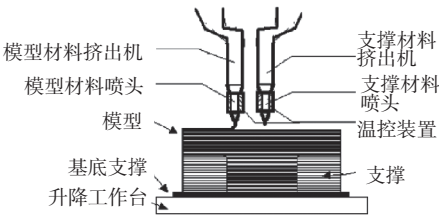


图 5 螺杆式挤出塑化双喷头工作原理

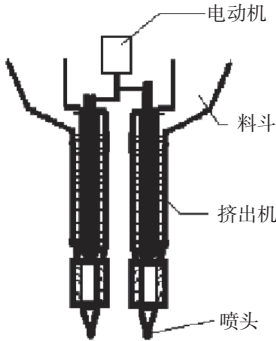


图 6 螺杆挤出式双喷头示意图

因为该成型喷头采用了料斗,从而可以使用不

易制成丝料的材料作为成型材料。这类材料选择范围很广,如无机非金属粉末、有机聚合物粉末及其颗粒、金属粉末及其混合物等。但如何实现在室内添加粉料、粒料而又不造成污染且加料方便是需要解决的问题。

3 国内外 FDM 设备

由于 FDM 具有许多独特的优点,目前已有许多机构进行了基于该方法的快速成型工艺的研究,出现了许多新的设备。在 FDM 喷头方面,主要是柱塞式和螺杆式,采用单喷头或双喷头。

目前作为 FDM 设备的龙头供应商美国 Stratasys 公司的主要产品基本都采用了螺杆式双喷头,上海富力奇公司的 TSJ 系列快速成型机采用了螺杆式单喷头,清华大学的 MEM-250 型快速成型机采用了螺杆式喷头,华中科技大学和四川大学正在研究开发以粒料、粉料为原料的螺杆式双喷头。国内外几家公司生产的部分 FDM 设备及喷头形式如表 1 所示。

表 1 国内外公司生产的部分 FDM 设备及喷头形式

公司名称	系统型号	成型尺寸/mm	喷头形式(单/双)	成型材料	支撑材料
美国 Stratasys 公司	Dimension	203 ×203 ×305	螺杆式(双)	ABS	水溶性支撑料
	Prodigy Plus	203 ×203 ×305	螺杆式(双)	ABS	水溶性支撑料
	FDM Vantagei	355 ×254 ×254	螺杆式(双)	ABS 或 PC ¹⁾	ABS 采用水溶性支撑料 PC 采用 BASS 支撑 FDM
	Vantage S	355 ×254 ×254	螺杆式(双)	ABS 和 PC	ABS 采用水溶性支撑料 PC 采用 BASS 支撑 FDM
	Vantage SE	406 ×355 ×406	螺杆式(双)	ABS 和 PC	ABS 采用水溶性支撑料 PC 采用 BASS 支撑
	FDM Titan	406 ×355 ×406	螺杆式(双)	ABS、PC、PPSU ²⁾	ABS 采用水溶性支撑 PC、PPSU 采用 BASS 支撑
	FDM Maxum	600 ×500 ×600	螺杆式(双)	ABS	水溶性支撑料
清华大学	MEM-320	320 ×320 ×350	螺杆式(双)	ABS B203, ABS T601	剥离型支撑材料
	MEM-450	400 ×400 ×450	螺杆式(双)	ABS B203, ABS T601	剥离型支撑材料
上海富力奇公司	TSJ-100	280 ×250 ×100	螺杆式(单)	塑料丝	采用成型材料
	TSJ-200	280 ×250 ×200	螺杆式(单)	塑料丝	采用成型材料
	TSJ-300	280 ×250 ×300	螺杆式(单)	塑料丝	采用成型材料
顺德胜利电子设备有限公司	SW2502	300 ×200 ×200	柱塞式(单)	ABS 丝料	ABS 丝料
华中科技大学 四川大学	螺杆式双喷头		研发中		

注:1) PC 为聚碳酸酯;2) PPSU 为聚苯砜。

4 结论

FDM 快速成型系统采用螺杆式双喷头,可以提高生产效率,保证产品质量,降低生产成本,因此开发研制螺杆挤出式双喷头已经成为当今许多企业和研究机构在 FDM 领域的发展趋势。然而研发过程具有一定的难度,例如,双喷头必须结构紧凑、喷嘴之间间隔小,且能实现独立控温与高效隔热;非工作

状态的喷头要求能适当提升高度,以免经涂覆的材料因触碰而形成拉丝,造成成型件报废或表面质量变差等。

参考文献

[1] 洪国栋,颜永年,吴良伟. 熔融挤出堆积成形 MEM-250 系统[J]. 中国机械工程,1997,8(5):29-31.

- [2] 刘伟军. 快速成型技术及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [3] 孔改荣. 熔融挤压堆积快速原型机的设计及理论研究[D]. 北京: 北京化工大学, 2002.
- [4] 闫东升. 熔融挤压快速成形机喷头的研究[D]. 北京: 北京化工大学, 2003.
- [5] Xue Yan, P Gu. A review of rapid prototyping technologies and system [J]. Computer Aided Design, 1996, 28(4): 307-318.
- [6] Liu Qingbin, Leu Ming C, Stephen M Schmitt. Rapid prototyping in dentistry, technology and application[J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2006, 29(3-4): 317-335.
- [7] 郭永彪, 范桢, 董祥忠. 基于螺杆挤出塑化熔融沉积先进快速成型技术的探讨[J]. 中国高新技术企业, 2007(10): 61, 67.
- [8] 洪国栋, 张伟, 吴良伟, 等. 熔融材料堆积成形技术及其应用[J]. 制造业自动化, 1997(4): 52-54.

ANALYSIS ON APPLICATION STATUS FOR THE SPRAY HEAD OF FUSED DEPOSITION MODELING SYSTEM

Liu Bin, Xie Yi

(College of Mechanical and Automobile Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

ABSTRACT The characteristics of fused deposition modeling system and the working principles of its spray head are introduced in detail. The characteristics of plunger type heads, and spray heads and double spray heads which have screws are compared. The application and research status of fused deposition modeling at home and broad are presented. At last the difficulties on the development of double spray heads are put forward.

KEYWORDS fused deposition modeling, spray head, micro-extrusion, application status

陶氏化学和 SABIC 工业公司启动新聚丙烯工厂

陶氏化学公司下属的陶氏技术许可部和 SABIC 工业公司的合资企业沙特欧洲石油化学(IBNZAHR) 宣布启用世界

上最大的聚丙烯(PP)工厂。此工厂将会坐落于波斯湾的朱拜尔工业城并采用 UNIPOLTM 工艺技术以制造 PP 均聚物和 PP 无规共聚物, 计划年产量为 50 万 t。(聚合网)



徐州金亚粉体有限责任公司

—专业生产湿法白云母粉和导电云母粉的高科技企业

湿法云母粉



湿法云母粉产品具有径厚比大、白度高、堆密度低、表面光洁、质地纯净、轮廓清晰的特点。主要用于工程塑料, 能显著降低制品的收缩率, 抗翘、抗弯曲性好, 能提高制品的力学性能, 增强耐热和阻燃性, 增加表面光泽, 防止塑料老化。

导电云母粉



导电云母粉主要用于生产石油储罐非炭系导静电防腐涂料的填料。而生产导电云母粉的基料湿法白云母粉又是我公司采用特殊工艺生产出来的。为了保证导电云母粉能适用石油储罐非炭系导静电防腐涂料的填料的使用, 我公司对导电云母粉的基料湿法云母粉从原料选用, 到粒度、堆密度、白度及吸油量等技术指标都做了严格控制, 从而保证导电云母粉在生产包覆过程中质量的优异及稳定。



地址:江苏省徐州市苏山头(221140) 联系人:秦小姐
电话:0516—85770252 传真:0516—85771623
网址:<http://www.jypchina.com> 电邮:xzkt@pub.xz.jsinfo.net