

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2012.09.016

模内扭转层叠器单元结构中的压力损失分析^{*}

袁聪姬, 谢鹏程, 丁玉梅, 王乾, 杨卫民

(北京化工大学机电工程学院, 北京 100029)

摘要: 针对塑料熔体通过自制的模内扭转层叠器时压力损失大的问题, 采用 Moldex3D 模流分析软件对扭转层叠器单元中塑料熔体的流动情况进行模拟, 研究了层叠器的流道沿挤出方向的长度、流道出口与入口垂直挤出方向的距离、层叠器分流数等结构参数对层叠器压力损失的影响。结果发现, 层叠器压力损失均随上述3种结构参数的增加而增加, 其中层叠器分流数对压力损失的影响最为明显。该研究结果为微纳层叠器的结构优化提供了参考。

关键词: 挤出成型; 微纳层叠; 压力损失; Moldex3D

中图分类号: TQ320.5+2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2012)09-0065-03

Pressure Loss Analysis of Torsional Laminated Device Element in Mold

Yuan Congji, Xie Pengcheng, Ding Yumei, Wang Qian, Yang Weimin

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

Abstract: According to the problem that the pressure loss was big when plastic melt passed through the self-made torsional laminated device in mold, the flow simulation of the plastic melt in the torsional laminated device element was carried out by using Moldex3D simulation software, and the effects of the structure parameters such as runner length along the extrusion direction, the distance between runner exit and entrance in vertical extrusion direction, the split-flow number etc. on the pressure loss of the laminated device elements were studied. The results showed that the pressure loss increased with the increase of the three structure parameters mentioned above respectively, among this, the effect of the split-flow number on the pressure loss was most obvious. The study results provided reference for the structure optimization of the micro-nano laminated device.

Keywords: extrusion ; micro-nano laminated ; pressure loss ; Moldex3D

微纳层叠制备技术是通过将不同种类和性能的高分子材料共挤出后, 经过特殊的层叠器单元不断地分割和叠合, 最终制备出具有交替层叠结构的复合材料, 层厚可达微米级甚至纳米级, 通过该方法获得的复合材料具有优异的力学性能、阻隔性能、导电性能、光学性能等, 因而具有广阔的应用前景^[1]。

层叠器单元作为微纳层叠设备的核心部件, 高分子材料熔体在其中经历分割、90°扭转、汇流的流动过程。层叠器的分流数 m 可根据复合材料的层数要求而变化, 熔体经过一个一分为 m 流道结构的层叠器后其层数增加 m 倍, 通过串联若干层叠器单元可以制备出具有多层复合结构的高分子材料。图1示出分流数 m 为4的一个层叠器单元实物图和三维模型图, 图2为其层叠原理和实验效果图。

笔者研制的新型层叠装置是采用熔体模内扭转的方法实现微纳层叠功能复合材料的制备, 具有层叠器设计及制造工艺简单、熔体流动均匀、分层效率高等优点^[2]。初期实验研究表明, 由该设备制备

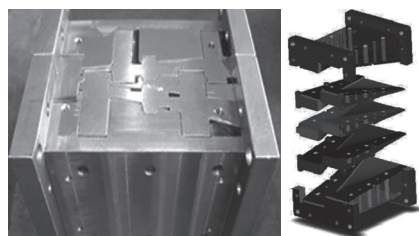
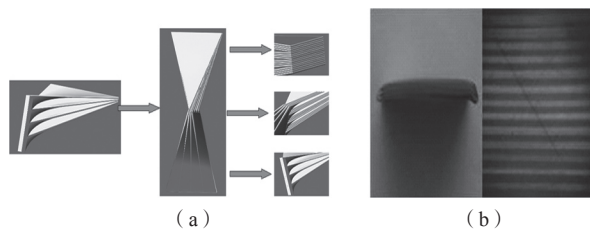


图1 层叠器单元实物图(左)和三维模型图(右)



a—层叠原理; b—实际效果

图2 层叠器单元层叠原理和实际效果图

^{*} 国家自然科学基金项目(21174015)

联系人: 杨卫民, 教授, 博导, 研究方向为高分子材料成型加工 CAD/CAE/CAM、节能与强化传热分析、高分子材料加工原理及设备设计等

收稿日期: 2012-06-21

的复合材料具有明显的交替层状结构,但熔体在通过层叠器流道时压力损失较大,因此需要研究层叠器单元的结构参数对压力损失的影响。

随着计算机科学技术的发展,越来越多的研究者采用 CAE 技术进行高分子熔体的流动模拟和研究^[3-4]。笔者分别通过改变层叠器的流道沿挤出方向的长度、流道出口与入口垂直挤出方向的距离、层叠器分流数等结构参数,借助于 Moldex3D 模拟层叠器流道内熔体的流动情况,研究层叠器流道内熔体压力降与层叠器结构参数之间的关系,为微纳叠层材料成型设备的结构设计和优化提供了理论参考依据。

1 基础建模

笔者选取层叠器中的一个流道作为研究模型,将沿挤出方向流道长度 L 、流道出口与入口在垂直方向上的中心距 D 、层叠器分流数 m 作为模拟可变控制参数分别进行 3 组模拟实验,每组模拟设置 5 个对比值。

第 1 组模拟研究的模型如图 3 所示,改变 L 建立 5 个对比值,即 $L=100,150,200,250,300$ mm。入口截面尺寸(长 $\times$ 宽)固定为 25 mm $\times$ 10 mm,出口截面尺寸 S (长 $\times$ 宽)固定为 100 mm $\times$ 2.5 mm, $m=4$ 。

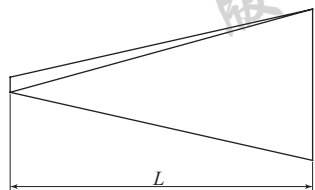


图 3 层叠器分流道模型的流道长度 L

第 2 组模拟研究的模型如图 4 所示,改变 D 建立 5 个对比值,即 $D=0,25,50,75,100$ mm。入口截面和出口截面的尺寸与第 1 组相同, L 固定为 300 mm, $m=4$ 。

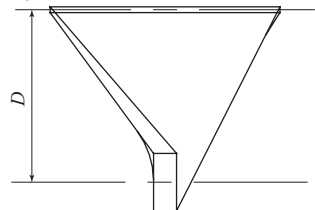


图 4 层叠器分流道模型的出口与入口中心距 D

第 3 组模拟研究的模型如图 5 所示,在分流道入口截面面积与出口截面面积相同且入口截面尺寸不变的条件下,出口截面的尺寸 S 不同(出口截面的长为入口截面长的 m 倍,出口截面的宽为入口截面宽的 $1/m$),则对应的 m 也不同。因此,在入口截

面尺寸及 L 与第 2 组相同的条件下,改变 S 建立五个对比值,其相应的 m 如表 1 所示。

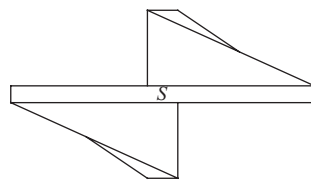


图 5 层叠器分流道模型的出口截面尺寸 S

表 1 第 3 组模拟的层叠器分流道 S 及 m 数据

S (长 $\times$ 宽) / mm $\times$ mm	50×5	100×2.5	150×1.67	200×1.25	250×1
m	2	4	6	8	10

2 分析前处理

2.1 材料性能

选取聚丙烯 (PP, C705-44NAHP, 美国 DOW 公司) 进行模拟研究,其泊松比为 0.38,熔体流动速率 (230°C , 2.16 kg) 为 44 g / 10 min,加工温度为 $180\sim 240^\circ\text{C}$ 。考虑到 PP 在挤出过程中存在剪切生热,层叠器内布置冷却管道,故假定加工过程中熔体恒温,且不可压缩,物料流动为层流。

2.2 成型条件设置

在流道的入口面上设定 40 MPa 的压力,层叠器流道温度设定为 210°C 。除了进口和出口两个面外,其余各表面速度边界各分量均为 0。

3 结果与讨论

3.1 L 对压力损失的影响

图 6 为 L 对压力损失的影响。由图 6 可以看出,熔体压力损失随着 L 的增加几乎呈线性比例增加,当 L 为 $100,150,200,250,300$ mm 时,层叠器流道内熔体压力损失分别为 $2.51,3.85,5.44,7.38,9.40$ MPa。其原因为,流道内的压力损失来源于熔体流动时需要克服的熔体内部粘滞力和流道壁摩擦力。而随着 L 的增加,流道内熔体流动需克服的这两项阻力和不断增加,从而导致压力损失增加。因此,叠层器流道设计在已满足层叠复合材料的成型结构要求时,考虑到 L 对压力损失的影响,流道的选择不宜过长。

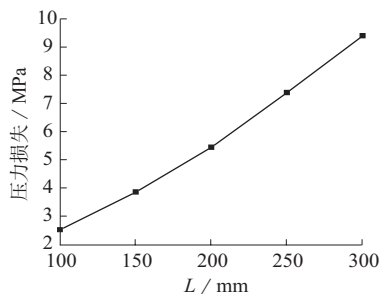


图 6 L 对压力损失的影响

3.2 D 对压力损失的影响

图7为 D 对压力损失的影响。由图7可以看出,熔体压力损失随着 D 的增大而增加,而且随着 D 的不断增大,熔体压力损失的增加速度越来越快,当 D 为0,25,50,75,100 mm时,层叠器流道内熔体的压力损失分别为9.40,9.46,9.77,10.35,11.14 MPa。导致上述结果的原因为,在层叠器入口和出口所在平面间的距离一定的情况下, D 越大则熔体实际流经的流道越长,因而熔体流动所需克服的阻力也越大,故压力损失更大。在层叠器中,由于外侧流道的 D 大于内侧流道,因而其熔体压力损失将大于内侧流道,且内外流道的 D 相差越大,内外流道的熔体压力损失差也越大,这将导致熔体流动的不均一性。所以在单个层叠器的设计时,应考虑内外流道 D 的差值对压力损失差的影响,根据实际层叠要求进行合理的优化设计。

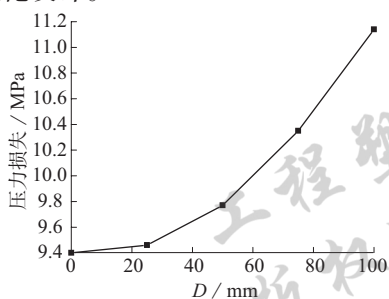


图7 D 对压力损失的影响

3.3 m 对压力损失的影响

图8为 m 对压力损失的影响。由图8可以看出,熔体压力损失随着 m 的增加而增大,当 m 为2,4,6,8,10时,层叠器内流道熔体压力损失分别为4.10,9.40,16.36,26.29,39.33 MPa, m 越大,其对压力损失的影响也越大,且在层叠器3个结构参数中对压力损失的影响最为明显。其主要原因为,在层叠器入口和出口所在平面间的距离一定的情况下, m 越大则分流道的长宽变化比越大,从而使入口至出口处的展宽变薄过程越剧烈,因而压力损失更大。采

用 m 较大的层叠器,获得一定层数的复合材料所需的层叠器数较少,但熔体压力损失更大,而且层叠器的加工和装配也更加复杂。所以,在层叠器的设计过程中,应综合考虑 m 对分层效率和熔体压力损失的影响,以选择最优的设计方案,即取最佳的 m 和层叠器串联个数的搭配方式,使在满足层叠层数要求的同时熔体的压力损失可降至最小。

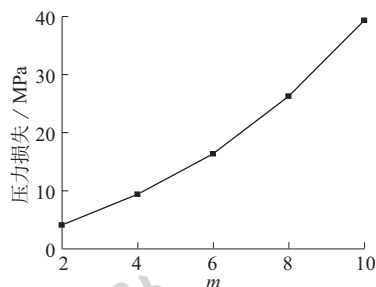


图8 m 对压力损失的影响

4 结语

采用Moldex3D软件对层叠器流道中的熔体流动情况进行模拟,分析了层叠器流道沿挤出方向的长度、流道出口与入口垂直挤出方向的距离、层叠器分流数等结构参数对层叠器内流道压力损失的影响。研究发现,层叠器流道的压力损失随挤出方向流道长度、流道出口与入口垂直挤出方向的距离及层叠器分流数的增加而增加,且层叠器分流数的影响作用最明显。模拟分析获得的规律为设计压力损失更小的层叠器单元提供了参考,也为制备性能更加优异的微纳层叠材料及制品奠定了良好的基础。

参考文献

- [1] 王明,郭少云.微纳多层功能复合材料的制备新技术[J].工程塑料应用,2008,36(11):83-87.
- [2] 杨卫民,王德禧,丁玉梅.一种纳米叠层复合材料制备装置:中国,200910237622.5[P].2011-05-25.
- [3] 宿果英,杨卫民,丁玉梅.L型片材挤出机头流道速度分布三维有限元分析[J].橡胶工业,2002,49(8):479-483.
- [4] 颜超,丁玉梅,安琪,等.超宽幅橡胶片材挤出机头的研制[J].工艺与设备,2009,35(5):31-34.

航天科工发动机塑料进气歧管研发成功

近日,中国航天科工航天汽车沈阳零部件公司与天津大学联合设计的4A9发动机塑料进气歧管(MA860257型进气歧管)快速成型样件通过了三菱发动机外特性试验及装配试验。该产品的成功研发标志着4A9发动机塑料进气歧管的设计进入锁定状态,即将提交工装样件生产阶段。接下来,工装样件在满足发动机性能及装配要求后,即可进入量产阶段。4A9发动机年产量已经接近20万台。东南V3菱悦、华晨骏捷FRV、华晨H530、一汽海马M2等都装备该系列发动

机,市场前景广阔。

(工程塑料网)

2012年全球复合材料市场可达626亿美元

据英国Visiongain公司报告,2012年全球复合材料市场将达626亿美元。

“随着欧洲经济条件的改善和新兴市场复合材料用量的增长,全球复合材料市场将遇到强大的加速增长。”该报告的作者说,“可再生能源市场所需风力涡轮机、轻质节能飞机及汽车的需求将是驱动复合材料市场增长的主要动力。”

(中聚网)