

微纳叠层复合材料成型口模结构优化

王 乾 安 瑛 王小华 谢鹏程 杨卫民 丁玉梅

(北京化工大学机电工程学院,北京 100029)

摘要 使用 Moldex3D 模流分析软件对微纳叠层喇叭口模内部熔体的流动情况进行模拟,通过对阻尼块结构和尺寸的优化,分析了口模内部熔体的流动情况,根据熔体横向速度均匀性设计出最佳口模内结构形式,为微纳叠层复合片材制备提供借鉴。

关键词 微纳叠层 喇叭口模 阻尼块 横向速度 Moldex3D

微纳叠层方法是将两种或多种聚合物通过一组特殊层叠单元进行共挤出,从而形成几十乃至上千层交替结构的复合材料,其层厚可达微米级甚至纳米级水平。这种方法生产的层状复合材料在力学性能、阻隔性能、导电性能、光学性能等方面具有独特的优点,应用前景非常广泛^[1]。笔者研制的新型叠层装置采用熔体模内扭转方法实现微纳层叠功能复合材料的制备,具有制造工艺简单、精度容易保证、流动分层规整性更好、流动阻力降低等优点^[2]。

微纳叠层方法使用挤出机、口模、层叠器和喇叭口模进行生产,熔体在经过层叠器进行叠层复合之后,进入喇叭口模挤出所需的微纳叠层片材。由于微纳叠层片材是层状交替结构,层状结构若发生破坏,则会对材料的强度、阻隔性能产生影响,因此需要控制复合材料的交替层状结构不发生破坏。同时在挤出时应保证挤出片材的横向厚度均匀性,而横向厚度均匀性又直接受口模内部熔体流动前沿均匀性的影响,所以控制口模中熔体流动前沿均匀性对叠层材料的质量有重要的意义。

随着计算科学的发展和计算机硬件条件的突飞猛进,对高分子熔体进行流动模拟和 CAE 研究越来越引起人们的重视^[3-4]。Moldex3D 为全球塑胶注射成型产业中的 CAE 模流软件领导品牌,以先进的真实三维模拟分析技术解决各种高分子材料产品设计与制造问题,笔者采用 Moldex3D 模拟喇叭口模内部熔体流动情况,并根据熔体流动时流动前沿均匀性对喇叭口模的结构和尺寸进行优化,设计出熔体流动前沿均匀性最好的喇叭口模,从而获得横向厚度均匀、层状结构未发生破坏的叠层复合片材,为整个微纳叠层设备的开发奠定良好的基础。

1 建立模型

1.1 机头内部流道模型

模拟时建立的喇叭口模流道几何模型见图 1。

喇叭口模入口处截面长为 100 mm,宽为 10 mm,出口处长为 300 mm,宽为 3.33 mm。物料沿入口处向出口处流动,保持主流道充满。

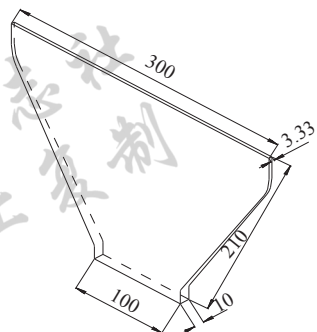


图 1 喇叭口模流道几何模型

1.2 材料选择

模拟时选取的物料为 DOW 公司生产的牌号为 C705-44NAHP 的聚丙烯(PP),其泊松比为 0.38。考虑到物料挤出时存在剪切生热,在机头中布置有冷却管道,故假设流道内物料恒温,且不可压缩,物料流动为层流,图 2 为物料的黏度曲线。

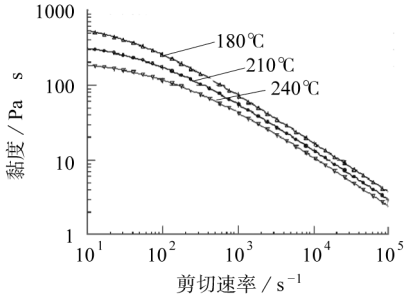


图 2 物料的黏度曲线

1.3 单元的划分

将流道划分成符合 Moldex3D 单元划分要求的四面体网格。该网格模型共有 295396 个单元,96075 个节点,平均纵横比为 0.89,最小纵横比为 0.29。

1.4 边界条件的处理

根据 PP 在挤出机中的加工条件,入口面上施加压力为 228 MPa,出口面上压力为 0。口模温度设定为 240℃,除了进口和出口两个面外,其余各表面速度边界分量均为 0。

2 结果与分析

2.1 模拟结果分析

喇叭口模熔体流动波前图如图 3 所示。由图 3 可知,沿进料方向,熔体在流动过程中,中间部分的流动速度大于两端靠近壁面部分的速度。喇叭口模沿进料方向横向宽度不断增加,物料沿进料方向流动,保持流道充满,两端靠近壁面部分熔体在沿进料方向流动的同时,也向口模两边扩散。所以熔体在流动时靠近口模中间部分的熔体流动速度大于两端靠近壁面部分的速度,熔体流动前沿横向速度分布不均匀,需要对口模进行进一步优化。

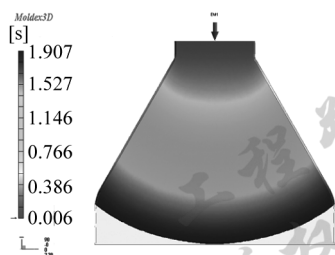


图3 喇叭口模熔体流动波前图

2.2 喇叭口模结构优化

(1) 添加阻尼块

沿进料方向熔体流动前沿横向速度要均匀,熔体在喇叭口模流动时中间部分的流动速度大于两端靠近壁面部分的速度,需要在喇叭口模内部增加一个阻尼部分。阻尼部分具有防止中心物料流速过大,强迫物料在出口宽度方向速度均匀的作用。阻尼部分由喇叭口模内部的两段阻尼块组成,阻尼块横截面为矩形,横截面沿进料方向宽度不断增加、高度不变,设定阻尼块高度为 1.00 mm,增加阻尼部分之后的喇叭口模结构如图 4 所示,其熔体流动波前图如图 5 所示。由图 5 可知,沿挤出方向,中间部分

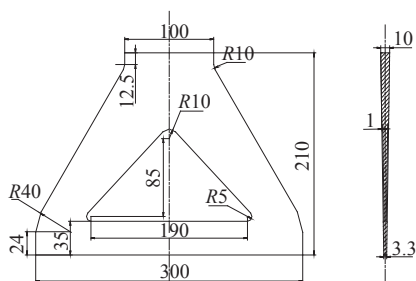


图4 增加阻尼块后喇叭口模结构

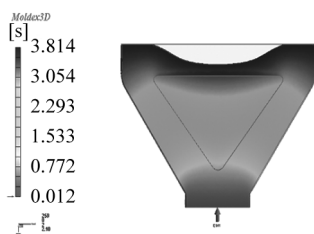


图5 增加阻尼块后喇叭口模熔体流动波前图

熔体的流动速度小于两端靠近壁面部分的速度。阻尼部分使得熔体向两端壁面部分流动,使得中间部分流速减小,但是阻尼部分对中间熔体流动的阻挡作用比较大,使得中间部分熔体的流动速度小于两端靠近壁面部分熔体的流动速度,需要对喇叭口模继续优化。

(2) 减小阻尼块高度

将阻尼块的高度减小为 0.5 mm,进行熔体流动的模拟,熔体流动波前图如图 6 所示。由图 6 可知,沿挤出方向,中间部分熔体的流动速度与两端靠近壁面部分熔体的速度已经比较接近,熔体流动前沿横向速度均匀性有了很大的提高。但是阻尼块对中心物料的阻碍作用以及喇叭口模沿横向的增加,使得两端靠近壁面部分和中间部分的熔体流动速度比较小,需要对口模结构进行修改。

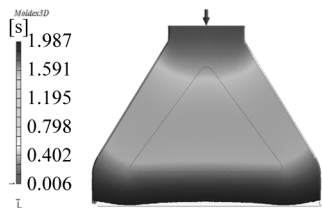


图6 减小阻尼块高度后喇叭口模熔体流动波前图

(3) 改变阻尼块结构

由于喇叭口模中熔体在流动时中间部分熔体流动速度比较小,在阻尼块末端增加一个弧形凹槽,修改后的结构如图 7 所示。对于两端靠近壁面部分熔体流动速度比较小,将阻尼块从入口到出口处沿进料方向的直线过渡修改为向外凸的弧形行过渡,修改后的结构如图 8 所示。

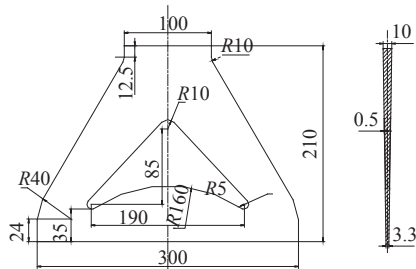


图7 阻尼块末端增加弧形凹槽后喇叭口模结构

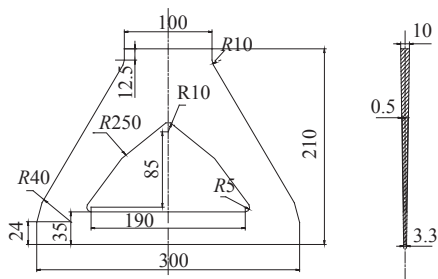


图 8 阻尼块两边修改为弧形过渡后喇叭口模结构

在阻尼块末端增加弧形凹槽后喇叭口模熔体流动波前图如图 9 所示。由图 9 可以知,沿进料方向,中间部分熔体流动速度得到增加。通过在阻尼块末端增加弧形凹槽,降低阻尼块对中间部分熔体的阻碍作用,提高了中间部分熔体流动前沿的均匀性。

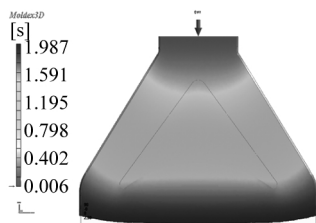


图 9 阻尼块末端增加弧形凹槽后喇叭口模熔体流动波前图

将阻尼块两边修改为弧形过渡后喇叭口模熔体流动波前图如图 10 所示。由图 10 可以知,沿进料方向,强迫熔体向两边流动,两端靠近壁面部分熔体流动速度得到了增加,改善了流熔体流动前沿横向速度均匀性。

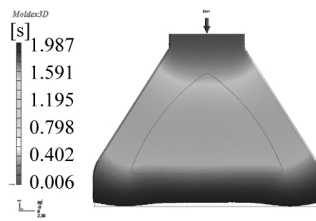


图 10 阻尼块两边修改为弧形过渡后喇叭口模熔体流动波前图

(4) 最终喇叭口模结构优化

由图 9 和图 10 的模拟结果可以看出,修改后的喇叭口模结构取得了理想的流动效果,同时可以将直线过渡变为向外凸的弧形过渡,修改后的最终结构如图 11 所示,其熔体流动波前图如图 12 所示。

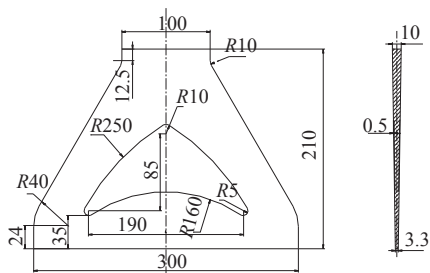


图 11 最终喇叭口模结构

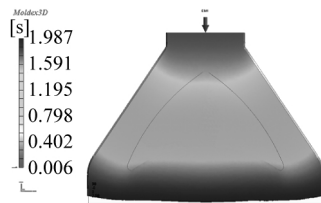


图 12 最终结构喇叭口模熔体流动波前图

对熔体沿挤出方向速度分量进行分析,速度分量如图 13 所示,可以看出,熔体流动前沿均匀性很好。最终喇叭口模的设计符合实验过程对喇叭口模设计的要求,以此作为最终的喇叭口模结构进行加工,并进行了实验。

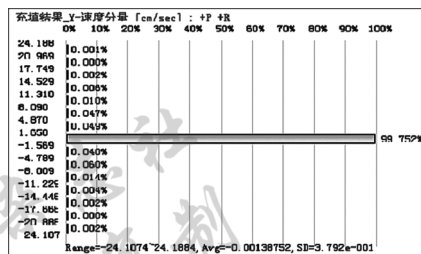


图 13 喇叭口模熔体挤出方向速度分量



图 14 实验时喇叭口模熔体流动图

实验时喇叭口模熔体流动情况如图 14 所示。熔体在经喇叭口模流出时横向流动速度均匀,说明用 Moldex3D 软件进行模拟的流动情况与实验情况相符合,使用 Moldex3D 软件对喇叭口模中熔体流动情况的模拟达到了预期目的。

3 结语

通过采用 Moldex3D 软件对喇叭口模内部熔体流动情况进行模拟,分析阻尼块尺寸和结构不同时的熔体流动情况,对喇叭口模的结构与尺寸进行不断优化,从而在不破坏叠层结构情况下得到熔体流动均匀性最好的喇叭口模,制备出高质量的微纳叠层复合片材。

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,CN102069579A[P].2011-06-09.

[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,安瑛,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.

STRUCTURE OPTIMIZATION OF MICRO-NANO LAMINATED COMPOSITES FORMING MOUTH MODE

Wang Qian, An Ying, Wang Xiaohua, Xie Pengcheng, Yang Weimin, Ding Yumei

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

ABSTRACT The flow of melt in the micro-nano laminated bellbottom mould is simulated with mold flow analysis software of Moldex3D. The structure and size of the damping block are optimized, and the melt flow condition within the mould is analyzed. The best structure within the die with the uniformity of the met transverse velocity is designed. It makes a good foundation for the development of the laminated micro-nano composite sheet material devices.

KEYWORDS micro-nano laminated, bellbottom mould, damping block, lateral velocity, Moldex3D

塑料机械产业“十二五”要实现年均增长 12%

“十二五”期间,是世界经济走向复苏、经济结构和发展模式进行大变革大调整的重要时期,也是我国塑料机械行业加快调整和振兴步伐、努力实现绿色发展和可持续发展的重要机遇期。中国塑料机械产业“十二五”发展规划将把精密铸造装备、节能塑料成型加工装备等六大领域列为发展重点。中国塑料机械工业协会副会长钱耀恩近日透露,塑料机械行业“十二五”发展规划已经制定。

到 2015 年,我国塑料机械行业掌握一批拥有自主知识产权的核心技术,开发一批技术水平国内领先国际先进的重点产品,提升一批具有特色和知名品牌的产业集群,培育一批具有行业带动力和国际竞争力的大企业,努力实现塑料机械行业由大变强的转变。

塑料机械产业发展前景十分看好。随着老龄化人口的增加,心脏起搏器、人工膝关节等生物材料和植入体的需求不断增加,使得医用塑料具有市场需求大、发展潜力大和利润高等特点。由于所有塑料均需经过塑料机械这个工作母机的加工,才能成型为各种塑料制品,因此,塑料机械产业具有广阔的市场前景。

据钱耀恩介绍,“十二五”期间,要使行业经济运行平均每年增长 12% 以上,实现全行业工业总产值和销售总额均达到 500 亿元以上的产业规模目标。

在科技水平方面,“十二五”期间,我国将形成 30 个以上具有自主设计和自主制造能力的国家级、省级企业研发机构(技术中心),重点骨干企业的研发投入占营业收入的比例达到 3% 以上,专业技术人员占从业人员的比例达到 20% 以上,新产品产值率力争达到 40%,主导产品升级换代,具有自主知识产权的高新技术和创新产品大幅增加,自主创新能力在若干领域取得标志性突破,达到国际先进水平。

同时大力提升市场份额。钱耀恩介绍,我国将努力提高国产塑机质量水平,着力扩大国内市场,使国产塑机国内市场占有率稳定在 80% 左右。同时,大力提升出口产品的竞争优势,着力开拓出口市场,力争到 2015 年使我国塑机出口达到 100 亿元以上。

在产业结构方面,我国将大力推进自主创新,形成若干

家具有国际竞争力的大型企业,形成一批参与国际分工的“专、精、特”专业化的生产企业,至 2015 年,基本形成以高新技术为先导、高效节能产品为重点、高附加值加工制造为亮点、高中低档协调发展的先进塑机制造基地。

在发展方式方面,生产组织方式和重要生产工艺得到新的改进,现代制造服务业得到新发展,单位工业增加值能耗、物耗和污染物排放显著降低,劳动生产率显著提高,大型企业集团是现代制造服务收入占销售收入比例达到 20% 以上。

(慧聪网)

SABIC 推出多层膜包装概念

全球领先的塑料工业供应商 SABIC 公司最新推出了先进的低密度聚乙烯和线性低密度聚乙烯(PE-LD/LLD)膜概念。这个里程碑式的创新标志着 SABIC 开始用新的方式更好地利用其世界级的聚烯烃产品资源。

SABIC 多层膜概念增强了产品性能,扩展了终端市场如压缩包装、卫生包装、复合膜和收缩膜领域的原材料选择。该概念支持由五层或更多层构成的包装膜应用。这些组合帮助生产商进行独特的性能配置,以满足消费品生产商特殊需要和消费者的需要。

SABIC 多层膜具有突破性意义的概念实现了综合性能的平衡,例如高光泽度或抗撕裂性能,并优化了包装性能。同时,开拓了新的应用领域,使用轻质包装方案取代传统材料,显著提升了包装的可持续性。

SABIC 多层概念帮助加工商产生更多的价值,包括显著的成本和材料节约、更低的能量消耗和更高的生产速度。这是因为定制的树脂组合适用于每一个加工商的挤出设备和能力。使用这种定制化的方式,加工商可以实现减厚(减少达 20% 的厚度)。这不仅改善了成本效益,也帮助包装膜生产对生态更加负责。

另外,在该概念中使用的 SABIC PE-LD 材料采用先进的管式法工艺生产。和传统釜式法工艺相比,管式法工艺更加具有可持续性。使用该技术,显著减少了气体排放,同时降低了生产过程中的能耗和废物。

SABIC 将在全球范围内推广此创新,同时拓展全球范围内的聚烯烃产品系列,以支持这个概念。

(工塑)