

气体辅助挤出成型技术在塑料异型材中的应用^{*}

卢 臣 柳和生 黄兴元

(南昌大学机电工程学院聚合物加工研究室, 南昌 330029)

摘要 概述塑料异型材的应用及其特点、气体辅助挤出成型技术的机理。介绍气体辅助挤出技术在塑料异型材中应用的关键及研究现状,指出气体辅助挤出技术应用于塑料异型材将有利于提高制品的形状及尺寸精度、减小制品的内应力、提高生产效率、减小压力降、降低能耗、节约成本。

关键词 气体辅助挤出成型 塑料异型材 应用

塑料异型材是指除圆管、薄膜、薄片、薄板及棒材以外的具有不规则复杂截面形状的塑料挤出成型制品。塑料异型材在建筑、轻工及家电等行业都有着广泛的应用。具体应用领域有^[1]:

(1) 塑料门窗。硬质聚氯乙烯(PVC)门窗是塑料异型材的代表性制品,它具有隔热、隔音、密封性好、耐腐蚀、不需要油漆维护等优点,得到了广泛的应用。

(2) 建筑装饰异型材。塑料异型材作为木材的代用品在装饰工程中主要用于楼梯扶手、踢脚板、挂镜线、窗帘盒、墙裙板、隔断板、护墙板和天花吊顶等,有清新高雅之感。

(3) 活动房屋。用塑料异型材拼装的活动房屋具有质量轻、强度高、保温性能好、耐腐蚀等优点,适合于在潮湿和腐蚀性环境设置街头商亭、岗楼和淋浴棚等。

(4) 家具构件。由硬质塑料异型材组装的各种家具具有结构新颖、拆装方便、防腐防蛀等特点。

目前,在我国已生产的塑料异型材挤出制品有塑料门窗用异型材、架梁、配线槽板、转动式百叶窗、护墙板等。其中,塑料门窗用异型材是塑料异型材的主要品种。应用塑钢门窗不仅可以节约能源,保护环境,改善居住环境和条件,提高建筑物的功能,而且具有外形美观、抗老化、耐腐蚀、气密水密性优良、阻燃自熄、保温节能、安装方便、维护保养简便、使用寿命长等诸多优良性能。

1 气体辅助挤出成型技术的机理

英国的 R. F. Liang 等^[2]在 2000 年首次提出聚合物气体辅助挤出成型(以下简称气辅挤出)技术,其创新之处在于通过气体辅助挤出控制系统和气体辅助挤出口模,在挤出过程中使聚合物熔体和口模之间形成气垫膜层,使传统的非滑移粘着剪切口模挤出方式完全转化为气垫完全滑移非粘着剪切口模挤出方式,从而可取得明显的口模减粘降阻的效果。

在传统的挤出成型^[3]特别是异型材挤出过程中,塑料熔体在模腔中的复杂流动使得各点的剪切速率不能完全一致,并且同一截面不同部位的剪切速率存在差异,造成塑料熔体处于不同的应力状态,离开口模的挤出物断面与口模形状不能完全一致,因而所生产的制品也有较大的内应力,存在较大的翘曲变形倾向。这是由于传统的聚合物挤出加工中熔体和挤出口模壁之间大多为非滑移粘着口模挤出方式。然

而在气辅挤出过程中,聚合物熔体和口模壁之间形成了一层薄而稳定的气垫层,聚合物熔体的流动由剪切流动变成柱塞流,使得由于剪切速率不同所造成的形状差异降到最低程度,挤出物断面同口模的形状基本一致。图 1 为聚合物熔体在口模内流动过程的示意图。

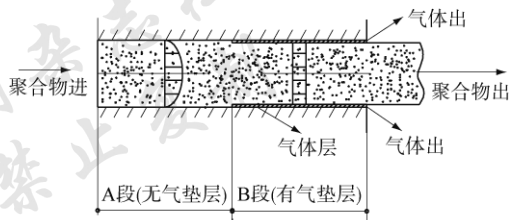


图 1 聚合物熔体在口模内流动过程的示意图

2 气辅技术在异型材挤出中的优势

传统塑料异型材的成型机理是对塑料原材料进行升温热熔后通过口模挤压成型,再经定型模冷却定型后形成所需型材^[4],其生产的制品常常存在挤出胀大、挤出效率低、能耗大、制品内应力大等缺点,将气辅技术应用于异型材的挤出将具有非常明显的优势。

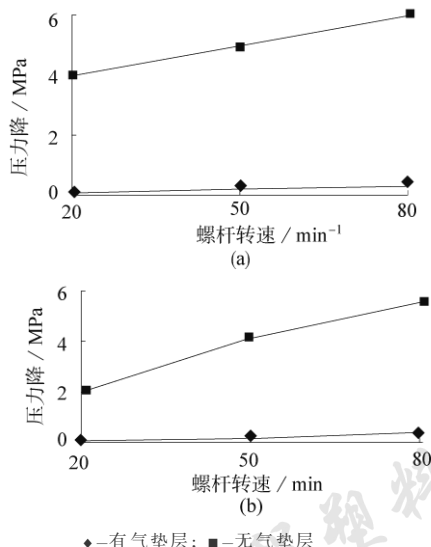
(1) 挤出制品的离模膨胀基本消除,提高了制品的形状稳定性及尺寸精度。由于气辅挤出为气垫完全滑移非粘着剪切口模挤出方式,能够产生减粘降阻的效果,保证异型材型坯稳定均匀地从模头挤出,模头流动平衡且横向流动最小,降低了口模流动的不稳定性,挤出制品的离模膨胀基本消除,提高了制品形状稳定性及尺寸精度。

(2) 解决传统挤出时熔体挤出破裂等问题,为挤出速度的提高创造条件。在实际生产中常常会碰到当挤出速度超过某一定值时,挤出物表面质量恶化,由逐渐失去光泽,出现鲨鱼皮状,进而变得表面凹凸不平,形成螺旋状、竹节状等,即出现熔体破裂。在气辅挤出中气垫层有效地改善了熔体的流动特性,减少了流动阻力,从而减少挤出制品的变形,其内在质量得以提高,并且能够在保证产品质量的前提下提高产量。因此,能够实现在低压条件下的高速(或准高速)挤出,从而提高生产效率。

^{*} 国家自然科学基金项目(50273012)、江西省自然科学基金项目(0620033)、江西省教育厅科技项目(2006)

收稿日期:2006-08-18

(3) 减少挤出口模的压力降, 降低挤出压力, 从而降低能耗, 节约成本, 减小制品内应力和翘曲变形。文献[5]介绍了利用气体润滑的挤出技术, 从其初步实验数据可以得出气辅挤出时口模的压力降明显减小。图 2 为 PP 和 LLDPE 分别在 230、200℃加工时螺杆转速与压力降之间的关系曲线。由图 2 可以看出, 有气垫层时口模压力降明显减小, 且压力降与螺杆转速几乎无关。



a—PP, 加工温度 230℃; b—LLDPE, 加工温度 200℃

图 2 不同塑料加工时螺杆转速与压力降之间的关系曲线

3 塑料异型材气辅挤出实现的关键及研究现状

与传统的异型材挤出成型技术相比, 气辅挤出需要重新设计挤出口模, 并将气辅装置和挤出设备有机地结合起来。气辅挤出系统主要由气辅挤出控制系统、传统挤出机和异型材气辅挤出口模 3 部分组成, 如图 3 所示。

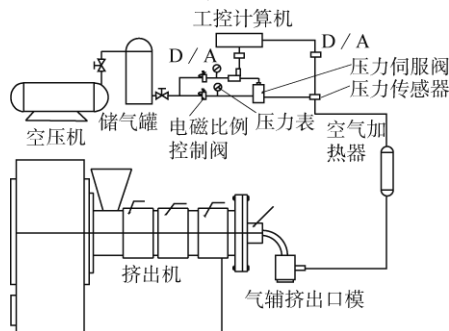


图 3 气辅挤出实验装置流程图

相对于传统异型材挤出, 气辅挤出首先需要设计一套气辅挤出控制系统, 使口模内形成稳定的气垫膜层; 其次, 由于气体的引入, 使得口模的结构设计更加复杂, 其设计是否合理对于能否形成稳定的气垫层具有重要影响^[6]。在传统的异型材挤出中, 其模具的设计本来就是较为复杂的, 设计过程中过多地依赖于设计人员经验的积累^[7], 并且在实际应用时也往往要耗费大量的人力物力, 反复试模和修模, 尽管如此, 有时还不能达到最为理想的效果。随着计算机的普及及计算流体力学 (CFD) 软件的应用, 目前国内外许多学者都可

依据不同工况和具体要求, 应用 CFD 软件或编写程序对口模内外挤出过程进行数值模拟, 从而优化口模模型和挤出工艺, 最终达到提高异型材挤出制品质量和生产效率的目的。然而, 现今国内外关于气辅挤出成型的模拟及实验研究还只限于简单口模^[2, 8, 9], 关于异型材气辅挤出的模拟研究非常少见, 特别是基于气辅技术的异型材挤出口模设计的文献更是几乎没有。

英国的 R. F. Liang 等^[2]做的初步试验研究表明, 这一新型气辅挤出技术由于采用了气垫完全滑移非粘着剪切口模挤出机理, 可使口模压力降减低 40% 左右, 而且使得聚合物挤出制品的内应力和翘曲变形大为降低, 离模膨胀基本得到消除。英国的 M. R. Mackley^[8]通过对缝形口模进行数值模拟和实验研究, 指出气辅挤出中熔体的不稳定流动与局部应力集中有关, 并且用 Polyflow 软件模拟出不同程度的壁面滑移对挤出胀大及不稳定流动的影响, 指出适宜的滑移能减少应力集中, 消除挤出胀大、“鲨鱼皮”现象等缺陷。其研究还表明, 完全滑移的气辅挤出技术并不能完全消除“鲨鱼皮”现象, 只是使原来的口模出口处的应力集中向上游移到了注气口的位置; 只要控制滑移的程度就能全面降低应力集中。南昌大学匡唐清等^[10]设计了一个基于多模态智能 PID 控制器的低压控制系统并进行了软件开发。结果表明, 该控制系统可以实现对气压高精度的实时控制, 为实现高压控制打下了坚实的基础。南昌大学黄兴元等^[11-13]分析了气辅挤出加工中引起制品表面质量缺陷的壁面滑移现象及其产生机理, 设计了简单气辅挤出口模, 并通过与气辅挤出控制系统连接, 成功开发出气辅挤出的实验装置, 为进一步的复杂异型材的气辅挤出研究及应用提供了条件。四川大学孙阳等^[14]提出了两种板材的气辅挤出模具的设计方案并对其结构进行了对比分析, 指出对传统的挤出模具进行适当的改进也能满足要求。

4 结语

气辅挤出成型技术明显优于传统技术, 其在异型材上的应用也将会产生很好的效果, 对提高挤出速率和挤出制品质量、降低能耗具有重要的意义。此外, CFD 软件已经越来越多地应用于挤出成型技术, 指导工程应用。但这是一项综合且复杂的技术, 其机理特别是在复杂异型材上的气辅挤出数值模拟与实验, 还需要做进一步的研究。

参考文献

- 高峰, 等. 工程塑料应用, 2003, 31(9): 58
- Liang R F, et al. Journal of Rheology, 2001, 45(1): 211
- 鄢超, 等. 中国塑料, 2003, 17(11): 15
- 冯燕定, 等. 模具工业 1998(2): 45
- 杨学森. 塑料加工应用, 1996(1): 51
- 黄兴元, 等. 塑性工程学报, 2005, 12(5): 101
- 陈晋南, 等. 中国塑料, 2003, 17(1): 19
- Mackley M R. Rheol Acta, 2005, 44: 352
- 胡晨章, 等. 中国塑料, 2005, 19(1): 48
- 匡唐清, 等. 工程塑料应用, 2004, 32(7): 56
- 黄兴元, 等. 中国塑料, 2004, 18(8): 12
- 黄兴元, 等. 工程塑料应用, 2005, 33(3): 34

13 黄兴元,等. 中国塑料,2005,19(3):17

14 孙阳,等. 模具工业,2006,32(2):49

APPLICATION OF GAS-ASSISTED EXTRUSION ON PLASTIC PROFILE

Lu Chen, Liu Hesheng, Huang Xingyuan

(Polymer Processing Lab, School of Mechanical and Electrical Engineering, Nanchang University, Nanchang 330029, China)

ABSTRACT The application and characteristics of plastic profiles, and the mechsansim of the gas-assisted extrusion are summarized. The key problems of the application of gas-assisted extrusion on plastic profiles and the research status are presented. It is pointed out that the application of gas-assisted extrusion is in favor of improving the shape and dimension precision of products, decreasing the internal stress of products, improving the production efficiency, reducing the pressure drop and saving the energy.

KEYWORDS gas-assisted extrusion, plastic profile, application

欢迎订阅 2007 年《工程塑料应用》、《化学分析计量》及合订本光盘

邮发代号 24-42, 24-138 全国各地邮局均可订阅

2007 年的期刊征订工作正在进行中, 欢迎读者直接到当地邮局办理订阅 2007 年《工程塑料应用》、《化学分析计量》期刊。漏订读者可直接通过邮局或银行汇款向《工程塑料应用》杂志社订阅《工程塑料应用》、《化学分析计量》及合订本光盘, 请注明订阅期刊/光盘的名称、收件人、邮编及地址。

《工程塑料应用》国内外公开发行的全国性塑料专业技术类刊物, 月刊, 大 16 开本, 每月 10 日出版。本刊为中文核心期刊, 是中国工程塑料工业协会会刊, 荣获首届、第二届、第三届国家期刊奖等 21 项国家、省部级优秀期刊奖, 入选美国化学文摘(CA)千种表。2007 年定价 10.0 元/期, 全年 120 元。1986 年以来的期刊价目见表 1。欢迎读者来函(附名片) 免费索取样刊。

《化学分析计量》国内外公开发行的全国性分析、计量专业技术类刊物, 双月刊, 大 16 开本, 单月 20 日出版。本刊荣获 3 项省部级优秀期刊奖, 被美国化学文摘(CA)收录。2007 年定价 10.0 元/期, 全年 60 元。创刊号以来的期刊价目见表 2。欢迎读者来函(附名片) 免费索取样刊。

《工程塑料应用》、《化学分析计量》合订本光盘 我社已将《工程塑料应用》自创刊号(1973 年) 至 2005 年底共 33 卷 193 期的期刊电子化, 并制成合订本光盘, 现公开发售; 也将《化学分析计量》自创刊号(1992 年) 至 2005 年底共 14 卷 47 期的期刊电子化, 并制成合订本光盘, 现公开发售。利用该合订本光盘, 既可按作者、文题、关键词、年、期等分类查阅本刊已发表的所有科技文章和科技信息的全文, 又可根据读者自定义的关键词进行全文检索, 非常方便、实用。《工程塑料应用》合订本光盘优惠售价 500 元; 《化学分析计量》合订本光盘优惠售价 150 元。

邮局汇款:

收款单位: 山东省济南市 108 信箱杂志社
邮编: 250031 传真: (0531) 85947355 85878224
电话: (0531) 85878223 85878057 85878278

银行汇款:

户 名: 中国兵器工业集团第五三研究所
开户银行: 中国工商银行济南八一分理处
帐 号: 1602001229014425546

表 1 《工程塑料应用》单册期刊、合订本价格表

年 份	期 数	每册单价/元	全年定价/元	合订本/元
1986 ~1989	16	0.825	13.2	19
1990 ~1992	12	1.4	16.8	23
1993、1994	10	2.4	24	30
1995	6	2.8	16.8	23
1996	6	3	18	24
1997	6	3.5	21	27
1998	12	3.5	42	48
1999	12	4	48	54
2000	12	5	60	66
2001	12	5.5	66	78(两本)
2002	12	6	72	84(两本)
2003	12	6.5	78	90(两本)
2004	12	7	84	96(两本)
2005	12	7.5	90	102(两本)
2006	12	8	96	108(两本)
2007	12	10	120	132(两本)
合计	176		700(优惠)	700(优惠)

表 2 《化学分析计量》单册期刊、合订本价格表

年 份	期数	每册单价/元	全年定价/元	合订本/元
创刊号 ~1998	9	3	27	33
1999	4	3.5	14	60
2000	4	4	16	
2001	6	4	24	
2002	6	5	30	72
2003	6	6	36	
2004	6	7	42	93
2005	6	7.5	45	
2006	6	8	48	114
2007	6	10	60	
合计	59		300(优惠)	300(优惠)