

聚合物熔体与 CO₂ 气泡在螺旋流场中的动态特性研究^{*}

李 琳 彭玉成

(华南理工大学, 广州 510641)

摘要 利用自行设计的长方形可视化流道进行了大量的试验, 观察 CO₂ 气泡在聚合物熔体中的动态特性, 分析了 CO₂ 气泡与聚合物熔体在螺旋流场及组合流场中的形态及变化。通过改变加工条件及控制参数, 利用可视化流道和机头, 观察并摄取了熔融聚合物中气泡的形态、变形、破裂等动力学现象, 从实验观察角度出发, 总结出 CO₂ 气泡在螺旋流场中的形态、分布、大小及变形等的影响因素。

关键词 螺旋流场 CO₂ 气泡 聚合物熔体

在塑料制品的加工过程中, 单螺杆挤出机是最普遍使用的加工设备, 聚合物熔体在螺杆与机筒所形成的螺旋流中的状态及运动等的研究已经相当完善, 但是, 对于新研制出的材料来讲, 传统的研究成果和经典的挤出理论能否适用值得探讨。在进行微孔泡沫塑料连续生产的研究过程中, 发现 CO₂ 气体进入熔体后的形态、分布及大小变化, 甚至微细到其界面的特性参数等, 对泡沫塑料的泡孔大小、密度、分布变化起着重要的作用, 它们直接影响着产品的最终质量, 对于这方面的研究大部分是从两相流的角度出发, 往往也只不过是考虑简单的剪切流场^[1], 或者只是在牛顿流体中的液滴破裂与混合等^[2]。由于在加工过程中, 聚合物在挤出机中已处于高温、高压的状态, 此时的聚合物呈高粘性、高弹性的熔体状, 气体在这样一种高粘弹性的熔体中, 其动态特性会受到许多因素的影响, 不仅取决于气泡周围熔体的速度及其分布, 而且还受到流道的几何形状、熔体的流变参数等的影响^[3], 也就是说螺旋流的一些特性及操作参数对 CO₂ 气泡在熔体中的形态起着一定的作用。

笔者主要分析了 CO₂ 气泡与聚合物熔体在螺旋流场及组合流场中的形态及变化。通过改变加工条件及控制参数, 利用自行设计的可视化流道和机头, 观察并摄取了熔融聚合物中气泡的形态、变形、破裂等动力学现象, 从实验观察角度出发, 总结出 CO₂ 气泡在螺旋流场中的形态、分布、大小及变形等的变化规律。

1 实验部分

1.1 主要材料

聚丙烯 (PP): 粉料, 产品执行标准号为 GB 12670 - 1990, 广州银珠聚丙烯有限公司;

CO₂: 来自普通 CO₂ 气体钢瓶, 瓶内液态气体初

始压力为 15 MPa, 市售。

1.2 仪器与设备

试验所用装置由可视化机头、单螺杆挤出机、可视化特殊流场(自己设计)、供气系统、温度控制系统、压力测量系统及图象摄取系统组成。

转矩流变仪: XXS - 30 型, 上海轻机模具厂。该转矩流变仪的挤出部分为普通单螺杆挤出机, 其螺杆直径为 20 mm, 长径比为 25, 机头采用自行设计的两侧装有透明光学玻璃的可视化机头。

可视化特殊流场: 自行设计。螺旋流场由单螺杆流场、静态混合器流场来实现。

供气系统: 气体通过压力调节阀、流量计分别调节进气压力、流量后, 经过不同结构和尺寸的进气部件等各环节进入各种流场的聚合物熔体中。

温度控制: 由两部分组成, 一是由自行设计的工控机, 用以控制挤出机各段的温度; 二是由数字显示调节器与可控硅调节器组成, 主要用于控制可视化机头及可视化特殊流场的温度。

压力测量仪: 由 PY201 - 50 MPa 型数字压力表和 PT124 型压力传感器(均为广州华南海传感器厂生产)测试, 两者的测量精度为 0.05 MPa, 后者的量程为 50 MPa。压力传感器的安装位置设计在流场的入口、出口及中间三个测量点。

摄像系统: 由普通计算机、Super 878 TV Card 视频捕捉卡和日立公司的 VK - C220E 型彩色摄像头组成。

试验装置见图 1。

^{*} 国家自然科学基金(19632004)、高等学校博士点专项科研基金(RFDP98056113)、华南理工大学自然科学基金(E51880)联合项目

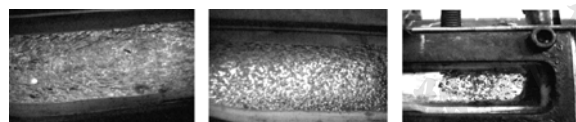


图 1 试验装置

2 结果与讨论

2.1 气体含量对气泡形态、分布、大小及变形等的影响

通过试验观察可知, 气体的含量对气泡的尺寸和聚集等有着很大的影响。随着进气量的增大, 气体在熔体中的泡孔尺寸变大, 其聚集的几率也会随之增加。在挤出条件不变的情况下, 改变气体在熔体中的含量(通过改变进气压力来实现)而摄取到一组试验图片, 见图 2。该组试验图片是由螺杆进气经过螺旋流场后, 进入可视化流道而获取的。



(a) $a-T=240\text{ }^{\circ}\text{C}, n=24\text{ r/min}, P_{\text{进气}}=2\text{ MPa};$
 (b) $b-T=240\text{ }^{\circ}\text{C}, n=12\text{ r/min}, P_{\text{进气}}=1.5\text{ MPa};$
 (c) $c-T=240\text{ }^{\circ}\text{C}, n=12\text{ r/min}, P_{\text{进气}}=0.7\text{ MPa}$

图 2 不同进气量时的气泡形态

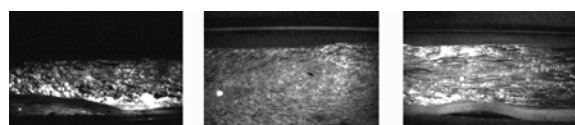
从图 2 可以看到, 气体在熔体中含量并不是越多越好, 气体含量过多会导致气体在熔体中的泡孔易于聚集, 而使气泡的尺寸变大(如图 2 a 所示); 但当气体在熔体中含量少时, 虽然气泡的尺寸小, 且气体在熔体中的泡孔不易于聚集, 当气体含量过少时, 还会使气泡分布不均匀, 密度过小, 得不到高质量的产品(如图 2 c 所示); 只有当气体在熔体中含量适当时才有可能得到泡孔尺寸小且泡孔密度大的高质量的产品(如图 2 b 所示)。因此一定存在着气体在熔体中的最佳含量, 使气泡的尺寸及其分布达到最佳。

2.2 熔体流量对气泡形态、分布、大小及变形等的影响

在气体含量不变、加工温度相同的条件下, 调整螺杆转速, 观察气泡在动态流场中的破裂、聚集情况。螺杆转速主要从两个方面影响着气泡在熔融聚合物中的动态特性, 一方面是随着螺杆转速的提高, 熔体的压力增加, 进气压力也同时增加, 所以, 总的效果是进气量增加, 导致气泡的密度增大(如图 3

a、图 3 b 所示); 另一方面是螺杆转速的提高, 流场的剪切力、延伸力等流场力也提高, 气泡被拉得很长、很细(如图 3 c 所示), 而当气泡被拉长、拉细时, 易于被拉断, 气泡易于破裂。

从试验图片可见, 螺杆转速低时, 气泡从螺杆出来后, 形状呈椭圆形, 且易趋向于小球形状; 因此, 在其它条件不变的情况下, 调整好螺杆转速, 可得到好的气泡形态及均匀分布。

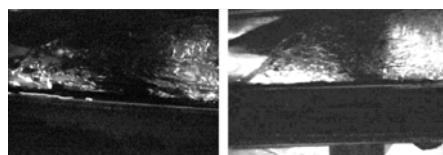


(a) $a-T=240\text{ }^{\circ}\text{C}, P_{\text{进}}=1.6\text{ MPa}, n=12\text{ r/min};$
 (b) $b-T=240\text{ }^{\circ}\text{C}, P_{\text{进}}=2\text{ MPa}, n=24\text{ r/min};$
 (c) $c-T=240\text{ }^{\circ}\text{C}, P_{\text{进}}=2\text{ MPa}, n=36\text{ r/min}$

图 3 不同熔体流量时的气泡形态

2.3 不同螺旋结构对气泡形态、分布、大小及变形等的影响

不同的螺旋结构影响着气泡的大小、形态及分布等。图 4 为两个螺旋角相同、螺旋片数不同的螺旋流场中的气泡形态。其中, 图 4 a 为单螺旋组成的螺旋流场; 图 4 b 为双螺旋组成的螺旋流场。从图 4 中可见, 在温度、压力、速度接近的情况下, 气泡在单螺旋组成的螺旋流场中呈细长状, 分布在管壁处; 而在双螺旋组成的螺旋流场中, 气泡呈小米粒状, 分布较均匀。



(a) $a\text{—单螺旋}, T=180\text{ }^{\circ}\text{C}, P_{\text{进}}=0.58\text{ MPa}, n=32\text{ r/min};$
 (b) $b\text{—双螺旋}, T=210\text{ }^{\circ}\text{C}, P_{\text{进}}=0.3\text{ MPa}, n=20\text{ r/min}$

图 4 不同结构螺旋流场中气泡形态

总之, 合理设计螺旋流场结构, 正确选择加工条件、进气量, 有利于气体在熔体中的混合, 实现泡孔的细小化。

3 结论

(1) 进气量大时, 会使气泡聚集, 得不到好的气泡形态和分布, 当进气量合适时, 可使气泡小而均匀。

(2) 螺杆转速提高, 进气压力增加, 导致气泡的密度增大; 同时流场的剪切力、延伸力等也增加, 气泡被拉得很长、很细, 易于被拉断, 气泡易于破裂。

(3) 螺旋流场可使气泡被拉长、进而被剪切成细碎的泡,且随螺旋片的数目、结构的不同,气泡的大小、形态也不同。

参考文献

1 Faveluris M, Tadmor Z, Talmon Y. Bubble dissolution in viscous in

simple shear flow. *Aiche Journal*, 1995, 41(12): 2637

2 陈学俊,陈立勋. 气液两相流与传热基础. 北京: 科学出版社, 1995.

3 Han C D. 聚合物加工流变学. 徐偈,等译. 北京: 科学出版社, 1985.

STUDY ON THE DYNAMIC PERFORMANCE OF POLYMER MELTS AND CO₂ BUBBLE IN THE HELIX FLOW FIELD

Li Lin, Peng Yucheng

(South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

ABSTRACT Large tests are carried out about the CO₂ gas and the polymer melts in a kind of helix flow field using the direct visual flow-field. Use self-designing direct visual flow field, and change the different working conditions and the control parameters, the shape, motion and breakup of gas bubble were observed, and the relation of the different helix flow field structures, the extrusion condition and the motion, the shape of gas bubble were analyzed.

KEYWORDS helix flow field, CO₂ bubble, polymer melt

陶氏推出阻燃聚碳酸酯新产品

陶氏化学公司推出一款用于信息技术设备领域的聚碳酸酯(PC)新产品。该产品主要采用陶氏公司的专有技术——有机硅类产品作阻燃剂来生产。据称,陶氏的这款新品要比使用溴类阻燃剂的PC产品具有更好的热力学稳定性和光稳定性,而与磷酸盐类阻燃剂型的PC产品相比,其冲击强度更高,耐热性能也更好。陶氏化学公司称,他们有信心使其最近新推出的这款PC产品在今后1~2年间,需求能有相当大的增长。该PC在液晶显示器市场将获得广泛应用。目前,液晶显示器占整个显示器的市场份额已达50%,预计今后几年间将以20%的速度继续增长。同时,陶氏化学公司还称,他们目前正在进行研发,以便为其客户特别是在信息设备领域的客户提供具有更多色彩和纹理的产品。陶氏化学公司现已在美国密歇根州设立了工程塑料色彩实验室,目前正在致力于将其开发出的“外观工程”技术进行商业化。应用这一技术能够模拟出各种不同聚合物产品最后所显示的各种颜色、光泽及纹理,客户可据此来选择所用的聚合物,而不必像以前那样,先以实物制成样品再进行各种试验,大大缩短了从新品设计到产品定型的周期。

(王秀兰)

全球塑料包装的发展趋势

近年来,随着塑料包装行业的包装材料、包装产品产量的平稳增长,包装新材料、新工艺、新技术、新产品不断涌现。当前世界塑料包装产品的发展呈现四大趋势。(1) 新型聚酯包装独领风骚。其中最引人注目的是聚萘二甲酸乙二酯(PEN)的应用。这是一种新型聚酯包装材料,具有良好的阻气性、防紫外线性和耐热性。市场分析人士预计,不久的将来,PEN将会大量进入包装领域。(2) 新型降解塑料受到关注。随着国际环境标准ISO 14000的实施,新的降解塑料备受关注。其中,德国巴斯夫公司推出了品牌为ECOHEXD的

脂肪族二醇与芳香族二羧酸聚合的降解聚酯树脂,可用于薄膜生产。(3) 企业大力发展茂金属塑料。茂金属聚合物具有许多优点,如加工性能好、强度高、刚性高及透明性好等,因而受到业界的极大关注,推出了许多新品。茂金属塑料将直接冲击PP、HDPE、LLDPE、弹性体塑料市场,适用于食品包装、医药包装、收缩薄膜及卫生用品等方面。(4) 发泡塑料走向零污染。在这方面,意大利A-MUT公司研制出的挤出发泡PP片材是泡沫塑料产品的最新发展。它应用高粘度树脂、高熔点聚丙烯(HMSPP)、PP均聚物与低ODP化学发泡剂配合,生产出具有细小微孔而且均匀分布的发泡聚丙烯片材(PP-E),发泡PP所用HMSPP仅占12.5%,具有很好的经济意义和环保意义。

(王晖)

富强鑫推出新型BMC注塑机

台湾富强鑫公司开发成功团状模塑料(BMC)专用注塑机,应用于汽车车灯罩的生产。由于原料性质特殊,BMC专用注塑机的供料装置及注射单元的设计是整个机器的技术关键。该注塑机采用单缸油压式自动供料装置,进料功能稳定。采用最新开发的FCS-2100型控制器,可进行精确的料温及模温控制。此外,并配置双ACC蓄压注射装置,可提供瞬间高速能量,进行高速注射成型。BMC通常由不饱和聚酯加上矿物填料及玻璃纤维增强材料组成块状塑料,属于热固性塑料的一种,具有耐高温、耐燃、耐腐蚀、力学强度高、尺寸稳定、电气绝缘等特性。除了应用于汽车零件外,还用于制造电子、家用电器及通讯器材的外壳及零件等。

(李新)

耐低温增强聚丙烯开发成功

南通市合成材料实验厂开发成功一种汽车用耐低温增强聚丙烯材料。用这种无机物填充改性聚丙烯制成的汽车空气过滤器外壳在-40℃气温下可保持24h不脆裂。据了解,该材料是专为上海桑塔纳汽车空气过滤器外壳国产化而研制的,产品质量与德国进口产品相当。

(海讯)