

挤出口模结构对微孔木塑复合材料片材性能的影响

贺湘伟 王美珍 吴智华

(四川大学高分子科学与工程学院,成都 610065)

摘要 研究了不同的挤出口模结构对聚丙烯和聚乙烯基微孔木塑复合材料片材拉伸性能、密度和孔隙率的影响。结果表明,改变口模结构获得较大熔体压力降或压力降梯度时,木塑复合材料的拉伸强度、断裂伸长率较高,密度较小,孔隙率较高;压力变化为正向梯度变化时,木塑复合材料的拉伸强度较高,密度较小,孔隙率较高。

关键词 挤出口模 微孔木塑复合材料片材 拉伸性能 密度 孔隙率

目前,木塑复合材料制品正日益受到人们的青睐。木塑复合材料兼具木材和塑料的双重特性,具有耐磨、耐腐蚀、尺寸稳定、外观与木材相似等优点^[1]。但木粉与塑料的复合导致复合材料的力学性能较未填充填料的塑料降低,同时木塑复合材料的密度大于纯塑料和木材的密度,这就限制了木塑复合材料在相关领域中的应用。而通过向木塑复合材料中加入发泡剂进行挤出发泡制备微孔木塑复合材料,则能显著减小材料的密度,同时由于材料中的微孔尺寸小于缺陷裂纹尖端的尺寸,使得这些微孔可以钝化裂纹尖端,增加材料的韧性,改善其力学性能^[2]。

微孔塑料的成型过程包括如下3个步骤^[3]:①聚合物/气体均相体系的形成;②气泡成核;③气泡长大及控制。其中气泡成核是一个非常关键的过程,其成核速率的高低决定着最终泡孔的结构。笔者为研究不同的挤出口模结构对微孔木塑复合材料片材结构与性能的影响,先将模具结构设计为可调的组合口模,通过改变口模狭缝的高度和长度来进行不同的组合,以调节聚合物熔体通过口模的压力降大小、压力降梯度及压力变化方式,并讨论了这些因素对微孔木塑复合材料片材性能的影响,为实际微孔木塑复合材料片材口模的优化设计提供依据。

1 挤出口模设计

1.1 平缝形口模

笔者设计的组合挤出口模包括平缝形口模和微孔成核口模两部分。平缝形口模起分散料流并使物料流出时流速均匀的作用。平缝形口模按结构又分为T形机头、鱼尾机头、衣架式机头、螺杆式机头和莲花瓣式机头等^[4]。其中鱼尾机头的物料分配效果较好,流道形状制作简便,适于实验室使用,故笔者选用鱼尾机头作为平缝口模。鱼尾机头设计主要包括机头部分扩张角设计和阻尼块设计。根据片材

宽度,设计扩张角为45°,查取相关资料在Matlab软件中迭加运算,然后在Pro/E软件中拟合得到阻尼块的边缘线条,如图1所示。



图1 拟合得到的阻尼块边缘线条

1.2 微孔成核口模

微孔成核口模是气泡成核并长大的场所,并能控制泡孔结构。根据经典微孔成核理论,当通过压力、温度的变化造成聚合物/气体均相体系热力学不稳定时,就能在聚合物中使气泡成核。根据聚合物熔体流变学,聚合物熔体通过模具流道时,由于摩擦等会有压力损失,使聚合物熔体在通过流道前后存在一个压力梯度。笔者运用这一原理,通过改变模具结构使溶有气体的聚合物熔体成核发泡。故将微孔成核口模设计为矩形流道,通过改变矩形流道的尺寸与结构来改变熔体通过口模的压力降大小、压力降梯度及压力变化方式。

根据聚合物流变学^[5],熔体通过如图2所示的等截面狭缝流道、图3所示的变截面狭缝流道时的压力降分别为:

$$\Delta P = (6q_v)^n \frac{2K''L}{W^n H^{2n+1}} \quad (1)$$

$$\Delta P = \frac{K''L}{n(H_1 - H_2)} \left(\frac{6q_v}{W} \right)^n (H_2^{-2n} - H_1^{-2n}) \quad (2)$$

式中: ΔP ——压力降;

q_v ——体积流量;

n ——非牛顿指数,0.3;

K'' ——表观稠度;

L ——狭缝流道长度;

W ——口模的宽度;

H ——狭缝流道高度;

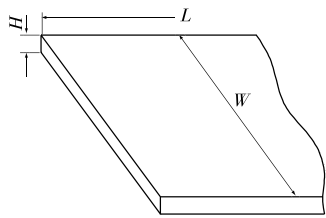


图 2 等截面狭缝流道 $[W/H > (10 \sim 20)]$

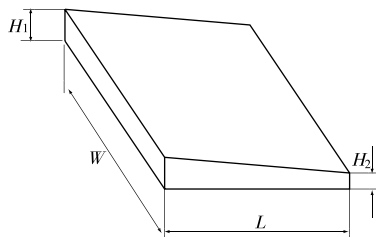


图 3 变截面狭缝流道

H_1 ——狭缝流道大高度;

H_2 ——狭缝流道小高度。

根据微孔塑料成核机理,成核段压力降一般为 20 ~30 MPa 比较理想^[6],实验中采用口模宽度 $W = 35 \text{ mm}$ 、长度 $L = 50 \text{ mm}$ 、高度 H 分别为 1、2、3 mm 的三段口模的不同组合即可达到所需的压力降范围。根据相关资料取非牛顿指数 $n = 0.3$ 、表观稠度 $K'' = 15\,510 \text{ N} \cdot \text{s}/\text{cm}^2$ 、体积流量 $q_v = 1.30 \text{ cm}^3/\text{s}$,计算得到如图 4a ~图 4g 所示的各种不同压力降的流道结构。另外,口模长度相同时,图 4c、4d、4e 和图 4g 中的压力降相对于长度方向的压力降梯度分别为 1.57、0.82、0.47、0.27 MPa/mm。

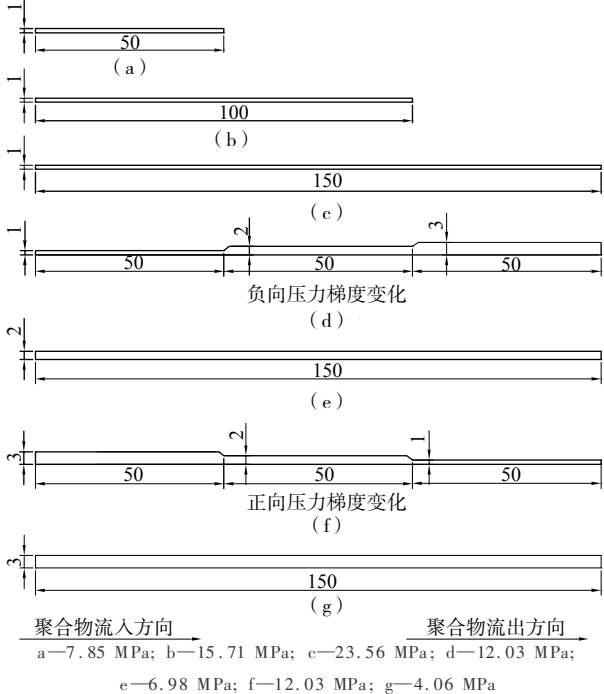


图 4 各种不同压力降的流道结构

2 实验部分

2.1 主要原材料

聚乙烯 (PE): 5000S, 甘肃兰港石化有限公司;

共聚聚丙烯 (PP): K8303, 北京燕山石化集团;

均聚 PP: F401, 兰州石油化工有限公司;

木粉: 150 μm , 市售。

2.2 主要设备

同向双螺杆挤出机: TSSJ - 25 型, 化工部晨光塑料机械研究所;

单螺杆挤出机: SJ - 20A $\times 25$ 型, 上海轻机模具厂;

转矩流变仪: XSS - 300 型, 上海轻机模具厂;

电热真空干燥箱: ZK - 82A 型, 上海市实验仪器总厂;

平缝形口模和微孔成核口模: 自制。

2.3 试样制备

(1) 木塑复合材料母粒的制备

将木粉在恒温 80℃ 的电热真空干燥箱中干燥约 24 h。然后将质量分数 40% 的干燥木粉与 PP 或 PE 在同向双螺杆挤出机中进行挤出造粒。挤出机各段温度分别设置为 150、180、185、185、185、185℃, 主螺杆转速 90 r/min, 喂料螺杆转速 11 r/min。然后将所得木塑复合材料母粒置于 80℃ 的真空干燥箱中充分干燥。

(2) 发泡母粒的制备

按配方将基体树脂 PP 或 PE 在转矩流变仪混炼头中进行熔融, 再加入发泡剂及分散剂等助剂混炼成块状料, 然后粉碎成粒料。混炼温度 140 ~ 160℃, 转子转速 35 r/min, 时间 10 min。

(3) 微孔木塑复合材料片材的制备

将木塑复合材料母粒和发泡母粒混合均匀后, 使用自制的微孔成核口模, 通过单螺杆挤出机进行挤出发泡, 经挤出的片材迅速通过三辊压光机牵引、冷却定型, 得到微孔木塑复合材料片材。

2.4 性能测试

拉伸性能按 GB/T 1040 - 1992 测试, 拉伸速率为 50 mm/min;

密度按式 (3) 计算:

$$\rho = M/V \tag{3}$$

式中: ρ ——表观密度, g/cm^3 ;

M ——试样质量, g ;

V ——试样体积, cm^3 。

孔隙率按式 (4) 计算:

$$F = \frac{(\rho - \rho)}{\rho} \times 100\% \tag{4}$$

式中: F ——孔隙率, %;
 ρ ——未发泡试样的密度, g/cm^3 ;
 ρ ——发泡试样的密度, g/cm^3 。

3 结果与讨论

3.1 口模压力降对微孔木塑复合材料片材性能的影响

图5示出压力降对微孔木塑复合材料片材应力-应变曲线的影响。从图5可以看出,两种微孔木塑复合材料片材的拉伸强度、断裂伸长率均随成核口模压力降的增大而提高。这是由于泡孔成核是在一定的压力降下完成的,随着压力降的增大,泡核数量增加,泡孔变小。

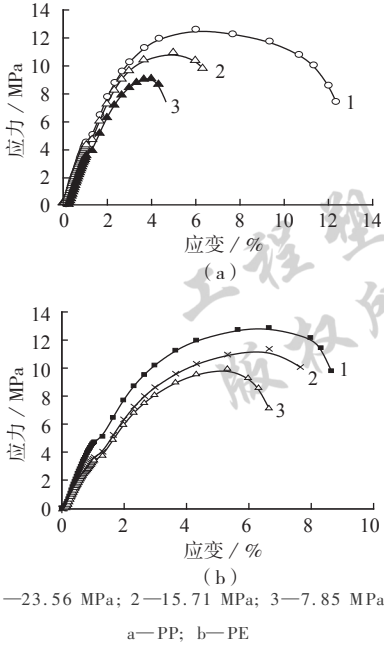


图5 压力降对微孔木塑复合材料片材应力-应变曲线的影响

图6示出压力降对两种微孔木塑复合材料片材密度和孔隙率的影响。由图6可知,两种微孔木塑复合材料片材的密度均随压力降的增大而减小,孔隙率随压力降的增大而增加。这也是与压力降增加有利于泡孔成核及泡孔数量增加有关。

3.2 口模压力降梯度对微孔木塑复合材料片材性能的影响

笔者恒定口模长度不变,通过改变口模狭缝高度即改变聚合物熔体经过口模流道时压力降梯度来研究口模压力降梯度对两种微孔木塑复合材料片材性能的影响,结果见图7、图8。

从图7可以看出,两种微孔木塑复合材料片材

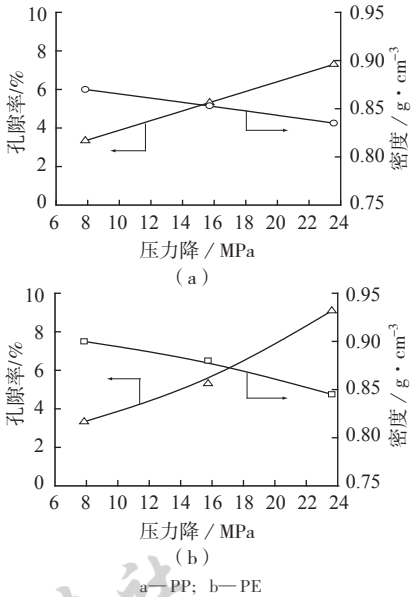


图6 压力降对微孔木塑复合材料片材密度和孔隙率的影响

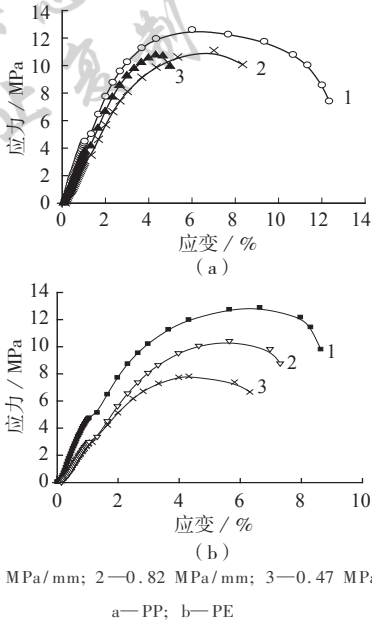


图7 压力降梯度对微孔木塑复合材料片材应力-应变曲线的影响的拉伸强度和断裂伸长率均随压力降梯度的升高而升高。由于口模长度固定,微孔木塑复合材料片材在口模中的停留时间大致相同,而所经受的压力降变化却不同,气泡成核是由于聚合物熔体体系的热力学不稳定引起的,且此种热力学不稳定的程度取决于压力降梯度。当压力降梯度高时,气体在熔体中的成核速率及成核密度相应增大,形成的泡孔数目较多。

从图8可以看出,压力降梯度对两种微孔木塑复合材料片材的密度和孔隙率的影响同上述压力降对密度和孔隙率的影响结果类似。

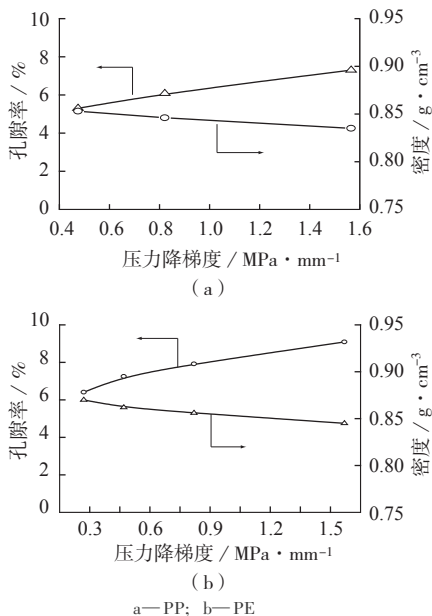
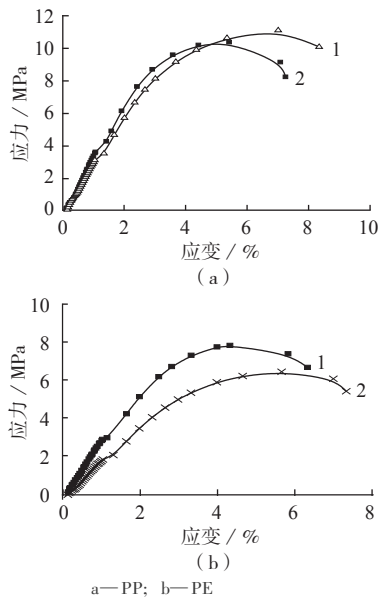


图 8 压力降梯度对微孔木塑复合材料片材密度和孔隙率的影响

3.3 口模压力变化方式对微孔木塑复合材料片材性能的影响

当口模长度相同、口模间隙变化时会引起压力降梯度变化;当压力降是由小变大时,称之为正向压力变化梯度,相反,当压力降变化由大变小时,则称为负向压力变化梯度。正、负向压力变化梯度变化对 PP、PE 基两种木塑复合材料的应力-应变曲线的影响如图 9 所示。



1—正向压力变化梯度; 2—负向压力变化梯度

图 9 压力变化方式对微孔木塑复合材料片材应力-应变曲线的影响

由图 9 可知,正向压力变化梯度时制备的木塑

复合材料的拉伸性能优于负向压力变化梯度时的复合材料。这是因为口模长度相同时,熔体通过口模时经历的压力降相同。当改变压力变化方式时,正向压力变化梯度的压力从小变大,体系的熔体压力保持较高值,随着压力降变化速率的增大,熔体压力快速增加,在这个过程中发泡剂分解生成的气体在开始阶段因熔体压力较高、泡核成长较慢而形成多而小的泡孔;负向压力变化梯度时压力由大变小,熔体压力迅速降低,在这个过程中,气体在开始阶段就大量成核,泡孔增长过快,因而形成多而大的泡孔。

图 10 示出在 0.82 MPa/mm 压力降梯度下,压力变化方式对微孔木塑复合材料片材密度和孔隙率的影响。由图 10 可知,正向压力变化梯度时制备的微孔木塑复合材料片材的密度较小、孔隙率较高。

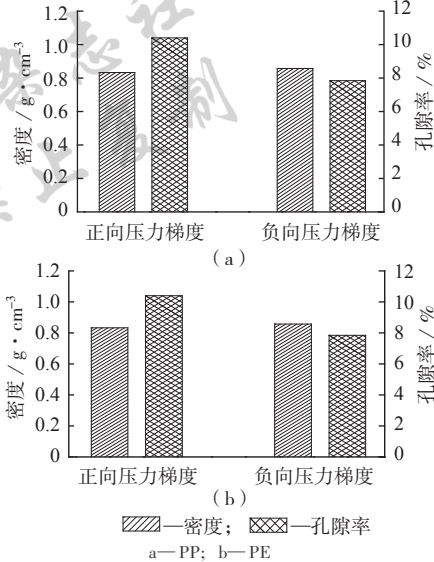


图 10 压力变化方式对微孔木塑复合材料片材密度和孔隙率的影响

4 结论

(1) 聚合物熔体通过口模的压力降梯度相同时,压力降越大,发泡越完全,微孔木塑复合材料片材的拉伸强度和断裂伸长率较高,材料韧性好,同时复合材料的密度也较小,孔隙率高。理论压力降约为 23.56 MPa 时所制微孔木塑复合材料片材的性能较好。

(2) 聚合物熔体在口模中的停留时间相同时,当理论压力降梯度较大时,泡孔成核较多,泡孔生长均匀,微孔木塑复合材料片材的拉伸性能较好,可以得到密度小、孔隙率高的复合材料。理论压力降梯度为 1.57 MPa/mm 时制备的复合材料性能最优。

(3) 当木塑复合材料熔体在口模中的停留时间和压力降相同时,压力变化为正向梯度变化时所制

木塑微孔复合材料片材的拉伸强度较好,同时材料的密度也较小,孔隙率较高。

参考文献

- [1] 刘涛.PVC木粉复合材料结构与性能研究[D].北京:北京化工大学,2004.
- [2] Rowell R W. Paper and composites from agro-based resources [M]. Chelsea: Lewis Publishers, 1997.
- [3] Baldwin D F, Park C B, Suh N P. An extrusion system for the pro-

cessing of microcellular polymer sheets: Shaping and cell growth control[J]. Polymer Engineering Science, 1996, 36(10): 1425 - 1435.

- [4] 唐志玉.塑料挤塑模与注塑模优化设计[M].北京:机械工业出版社,2000.
- [5] 徐佩弦.高聚物流变学[M].北京:化学工业出版社,2003.
- [6] Park C B, Cheung L K. A study of cell nucleation in the extrusion of polypropylene foams[J]. Polymer Engineering Science, 1997, 37: 1 - 10.

EFFECTS OF EXTRUSION DIE STRUCTURE ON PROPERTIES OF MICROCELLULAR WOOD-PLASTIC SHEET

He Xiangwei, Wang Meizhen, Wu Zhihua

(College of Polymer Science and Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

ABSTRACT Microcellular wood-plastic sheets were prepared by blending polyethylene or polypropylene with wood flour. The effects of extrusion die structure on tensile property, density and porosity of microcellular wood plastic sheet were studied. The results showed that the material with high tensile strength and elongation at break, low density and high porosity was prepared under the conditions of large melt pressure drop or pressure grads by changing extrusion die structure. The material with high tensile strength, low density and high porosity was prepared by high positive pressure grads.

KEYWORDS extrusion die, microcellular wood-plastic sheet, tensile property, density, porosity

Purac 和 Sulzer 携手开发新型聚乳酸材料

荷兰 CSM 麾下的 Purac 公司和 Sulzer Chemtech 公司联合开发一种新型高效的聚合工艺以生产高质量聚乳酸 (PLA)。这种新型工艺基于先进的聚合和液化技术并利用由 Purac 提供的特种丙交酯以高效生产各种各样的 PLA 产品。这项工艺可大幅度降低工艺和产品开发时间,从而促进 PLA 产品快速可靠地进入市场。这项新工艺仅要求较少的投资并具有放大化生产的巨大潜力。

第一个采用此技术的工艺将会在荷兰 Synbra 建造以制造 BIOFOAM,这是一种由 PLA 制造的泡沫产品,可对目前市场上广泛使用的聚苯乙烯泡沫材料进行补充。此年产 5000 t 的新工艺预计将会于 2009 年底运行。Synbra 期望能够在欧洲提供生物可降解聚合物领域处于领先地位,并计划将产能扩展至 50000 t/a。

(中聚网)

日本开发以废塑料作含碳材料的技术

日本国内每年废塑料的废弃量在 1000 万 t 左右,其中约 300 万 t 被填埋处理,因此最终会找不到填埋场所。基于此因,日本最近加快开发以废塑料中所含的碳元素作为电炉用的含碳材料的技术。采用该技术后,每年能对约 200 万 t 被填埋处理的废塑料进行有效的循环再利用。这一技术已引起人们的关注。

此次开发的废塑料循环再利用的工艺流程是把作为原料的废塑料在与铁粉混合之后,装入回转窑进行加热。由此能获得废塑料和铁粉混合的颗粒体。将所得的颗粒体采用固化挤压机制成致密后就成为了可投入电炉用的体积压缩固化的废塑料。体积压缩后的废塑料作为电炉的发热源,与

焦炭和无烟煤等含碳材料的效果基本相同。(中聚网)

杜邦热稳定剂提高聚乳酸包装材料耐热能力

杜邦公司(Du Pont)宣布扩大其 Du Pont™ Biomax 包装产品,包括 Biomax Thermal 300 热稳定剂,该热稳定剂可以使聚乳酸(PLA)热成型包装制品承受运输、贮存和使用期间的高温。

新型 Biomax Thermal 300 提高了 PLA 的使用温度,扩大了其应用范围,可用于非冷冻产品包装。

Biomax Thermal 是杜邦公司推出的第二种 PLA 改性剂。于 2007 年推出的 Biomax Strong 增韧改性剂提高了 PLA 的加工性、耐久性、冲击强度和弹性。

(中聚网)

科莱恩推出具有色彩过渡效果的色母粒

特别效果的专业知识结合多层吹塑技术再次为个人护理产品包装领域带来了一个新面貌。科莱恩色母粒公司(Clariant Masterbatches) ENIGMA 品牌推出最新的特殊效果——使包装瓶很自然地一种颜色过渡到另一种颜色。颜色的转变完全是在吹塑过程中完成的,因此这种外观既引人注目还具有成本效益。这种效果是通过使用配有一种特殊的挤压头的多层吹塑设备达到的。具有淡出效果的包装瓶必须至少有两个层次,基底和淡出层。

(慧聪网)

阿科玛甲基丙烯酸甲酯 10 月 1 日起欧洲提价

鉴于 2008 年第三季度公司投入购买原材料的成本快速增加,阿科玛公司(Arkema)宣布自 10 月 1 日起对 Norsocryl 甲基丙烯酸甲酯(MMA)的售价每吨上调 150 欧元,提价的地区将包括欧洲、非洲和中东地区。MMA 是生产聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)的主要原料,PMMA 主要应用在涂料和塑料添加剂中。

(慧聪网)