

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2015.03.013

超临界 CO₂ 微孔发泡 PE-LLD/PE-UHMW 共混物*

刘智峰,李妍凝,孔维龙,诸婷婷,包锦标,陈忠仁

(宁波大学材料科学与化学工程学院,宁波市特种高分子材料制备与应用技术重点实验室,浙江宁波 315211)

摘要: 研究了线型低密度聚乙烯 (PE-LLD)/超高分子量聚乙烯 (PE-UHMW) 共混物的超临界 CO₂ 微孔发泡行为,探讨了 PE-UHMW 含量、发泡温度和饱和压力对泡孔形貌的影响。采用差示扫描量热仪和旋转流变仪对 PE-LLD 及其共混物的热性质和流变性质进行了测试和表征,并通过扫描电子显微镜表征和分析了发泡样品的泡孔形貌。结果表明,少量 PE-UHMW 的加入可以显著降低 PE-LLD 发泡样品的孔径,增加孔密度。随着发泡温度的升高,PE-LLD 样品的泡孔结构会发生塌陷现象,而加入少量 PE-UHMW 可以提高基体的黏度,起到支撑孔壁防止塌陷的作用,并最终得到均匀的开孔结构。另一方面,当温度一定时,饱和压力升高可以降低孔径并且得到开孔形貌的泡孔结构。

关键词: 线型低密度聚乙烯;超高分子量聚乙烯;超临界 CO₂;微孔发泡

中图分类号: TQ325.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2015)03-0065-07

Microcellular Foaming of PE-LLD / PE-UHMW Blend by Using Supercritical Carbon Dioxide

Liu Zhifeng, Li Yanning, Kong Weilong, Zhu Tingting, Bao Jinbiao, Chen Zhongren

(School of Materials Science and Chemical Engineering, Ningbo Key Laboratory of Specialty Polymers, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract : Microcellular foaming of PE-LLD / PE-UHMW blend was studied by using supercritical carbon dioxide. The influence of the content of PE-UHMW, foaming temperature and saturation pressure on cell morphologies was investigated. Firstly, the thermal properties and rheology behavior were studied. Thereafter, SEM was employed to analyze the cell morphologies. The results shows that the addition of small content of PE-UHMW results in the decrease of cell size and increase of cell density. With the increase of foaming temperature, the cell collapse collapses in PE-LLD foams. The viscosity of blend increases with the addition of PE-UHMW, which prevents the cell collapse, and finally leads to the uniform open-cell morphology. On the other hand, for the same foaming temperature, the increase of saturation pressure may reduce the cell size and result in the open-cell morphology.

Keywords : PE-LLD ; PE-UHMW ; supercritical carbon dioxide ; microcellular foaming

聚合物发泡材料的泡孔形态在很大程度上决定了其性能及应用领域,开孔发泡材料的物相和气相都是连续的,基体材料以连续的泡孔壁存在,其独特的三维开孔结构具有优异的吸收和穿透性能,在吸音材料、生物医药材料、导电材料、光学材料、过滤薄膜材料和生物医学材料等领域有广泛的应用。目前常见的开孔材料的制备方法主要包括粒子浸出法^[1-4]、相分离法^[5]、拉伸法^[6]、热分解法^[7]、超声波法^[8-12]以及微孔发泡法^[13-16],相对于以上几种制备方法,利用超临界流体发泡技术制备开孔材料具有工艺简单、绿色无污染等优点,在制备开孔发泡材料领域越来越引起人们的关注^[17-21]。线型低密度聚乙烯 (PE-LLD) 作为乙烯的一种,因其较窄的分子量分布和特殊的线型结构,增加了抗拉伸、抗冲击和抗撕裂性能,主要应用于薄膜、模塑、管材、电线电缆

等领域,其开孔发泡材料在污水过滤处理和吸音材料方面具有潜在的应用前景^[22-25]。华南理工大学曹贤武等^[26]采用高熔体强度聚丙烯 (PP-HMS) 与 PE-LLD 共混的方法在超临界 CO₂ 动态发泡模拟机上制备得到开孔材料,实验表明 PE-LLD 的加入明显提高了 PP-HMS 发泡材料的开孔率。P. C. Lee 等^[27]为了提高开孔材料的开孔率,采用超临界 CO₂ 和正丁烷共混共同促进泡孔成核,提高泡孔密度,制备得到开孔率 100% 的低密度聚乙烯 (PE-LD) 开孔发泡材料。在开孔结构形成过程中,泡孔壁必须被打破,同时泡孔还要保持其独特的整体形状而

* 浙江省教育厅科研项目 (Y201327472), 宁波市自然科学基金项目 (2013A610019), 宁波大学王宽诚幸福基金项目

联系人: 包锦标, 博士, 讲师, 主要研究方向为高分子材料

收稿日期: 2014-12-11

不能坍塌,如何有效控制泡孔的结构和孔径尺寸,是目前制备开孔材料面临的难题。超高分子量聚乙烯(PE-UHMW)由于分子量大、分子链之间的缠绕多,较强的分子间力和庞大体积的链段给加工带来了极大困难,但其超强的耐磨性、高强度比和化学稳定性,吸引着大家不断改进加工条件^[28-30]。笔者在前人研究的基础上,以 PE-LLD 为基体材料,尝试添加少量 PE-UHMW 作为分散剂,充分利用 PE-UHMW 的优良性能,使其在 PE-LLD 发泡过程中起到成核剂和支撑骨架作用,提高 PE-LLD 发泡材料的开孔率,改善泡孔相貌。

现详细介绍利用超临界 CO₂ 制备 PE-LLD/PE-UHMW 开孔发泡材料的工艺过程,首先对 PE-LLD/PE-UHMW 的热性能和流变性能进行测试,掌握其熔融温度和结晶情况,再系统研究过程参数(PE-UHMW 含量、饱和压力和发泡温度等)和泡孔开孔结构形成的演变过程,最后讨论了如何调整工艺参数来获得高的开孔结构和可调控的泡孔尺寸,制备出了泡孔细密均匀、开孔率高的 PE-LLD 开孔发泡材料。

1 实验部分

1.1 原材料

PE-LLD: HES-1003 NT7, 熔体流动速率(MFR)为 3.3 g/10 min(190℃), 美国陶氏化学公司;

PE-UHMW: $M_w=300$ 万~600 万, RS-Aldrich 公司;

高纯 CO₂: 纯度 99.9%, 宁波市方辛气体公司。

1.2 主要仪器及设备

哈克微量混合流变仪: 德国 Thermo Scientific 公司;

旋转流变仪: HAAKE MARS III 型, 赛默飞世尔科技公司;

差示扫描量热(DSC)仪: 美国 Perkin Elmer 公司;

扫描电子显微镜(SEM): TM3000 型, Hitachi High-Technologies 公司;

超临界流体发泡装置: 自制。

1.3 试样制备

首先将 PE-LLD 和 PE-UHMW 按表 1 比例放入高速搅拌机中混合均匀, 在哈克微量混合流变仪上进行连续挤出制成样品, 然后将样品置于密封高压釜内。将高压釜置于预设温度的油浴里, 向高压

釜中充入 CO₂ 使其达到预设压力。将样品在此条件下饱和一定时间, 接着打开高压釜的阀门, 快速卸压, 取出发泡样品, 放入冰水浴中待其冷却, 放置 24 h 后对其进行各种分析表征。

表 1 试样配方

试样编号	PE-LLD 质量分数	PE-UHMW 质量分数
1 [#]	100	0
2 [#]	99	1
3 [#]	98	2
4 [#]	97	3
5 [#]	0	100

1.4 性能测试

(1) 热性能。

采用 DSC 分析仪, 将样品从 50℃ 以 10℃/min 升温到 200℃, 根据 DSC 曲线上熔融峰的面积测出晶体熔融热焓 ΔH , 根据式 (1) 求得各共混体系中各组分的结晶度 X_c 。

$$X_c = \frac{\Delta H}{\Delta H_m^0} \times 100\% \quad (1)$$

式中: ΔH_m^0 表示聚合物完全结晶的熔融热焓, PE-LLD 和 PE-UHMW 的完全结晶熔融焓分别为 293 J/g^[31] 和 288 J/g^[32]。

(2) 流变性能。

将一系列 PE-LLD/PE-UHMW 共混物的待测样品, 用压片机压成厚度为 1.2 mm, 直径为 25 mm 的圆片若干, 用旋转流变仪的平板测量头系统, 在同一温度(160℃)和压力(5%)下对它们进行一系列的测试, 着重讨论剪切速率对流变性能的影响。

(3) 泡孔形貌、尺寸和密度。

泡孔形貌: 将发泡样品浸入液氮, 然后取出脆断, 制成样片, 再对其断口表面喷金, 用 SEM 观察断口形貌。

泡孔尺寸和泡孔密度测试: 利用图形分析软件 Image-Pro Plus 对 SEM 照片进行处理, 所统计泡孔个数大于 100 个, 求平均值得到泡孔的平均直径。泡孔密度由公式 (2) 和 (3) 计算:

$$R_v = \frac{\rho_p}{\rho_f} \quad (2)$$

$$N_0 = \left(\frac{n}{A}\right)^{3/2} R_v \quad (3)$$

式中: R_v ——样品的发泡倍率;

ρ_p ——未发泡样品的密度;

ρ_f ——待测发泡样品的密度;

n ——统计泡孔的数目;

A——泡孔所占的面积。

2 结果与讨论

2.1 热物理性能

图 1 示出 PE-LLD, PE-UHMW 及共混物的 DSC 曲线。由图 1 可知, PE-LLD 和 PE-UHMW 的熔点分别是 122 °C 和 134 °C。而 PE-LLD/PE-UHMW 共混物除了 122 °C 的主峰之外, 在 131 °C 附近还有一个肩峰, 并且随着 PE-UHMW 含量增加, 肩峰的峰面积逐渐增大。此外, 从图 1 还可以看出, PE-UHMW 的结晶度明显大于 PE-LLD, 而 PE-LLD/PE-UHMW 的结晶度略微大于 PE-LLD。因此, 笔者认为 PE-LLD/PE-UHMW 共混物右侧的肩峰是由于 PE-UHMW 结晶形成的, 并且随着 PE-UHMW 含量的增大, 肩峰面积增大, 共混物的结晶度增大。众所周知, 在超临界 CO₂ 固态发泡结晶型聚合物过程中, 既需要熔融部分晶区以提供泡孔成核和生长的空间, 又需要部分晶区存在以起到限制泡孔生长防止泡孔塌陷的作用。因此, 少量 PE-UHMW 分散在 PE-LLD 基体中, 可以极大拓宽 PE-LLD 的发泡窗口, 使 PE-LLD 在远高于其熔点温度依然可以形成微孔结构。

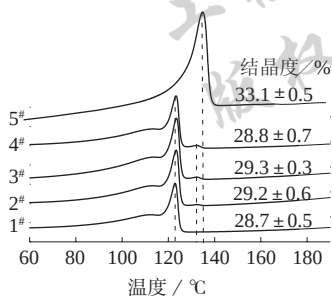
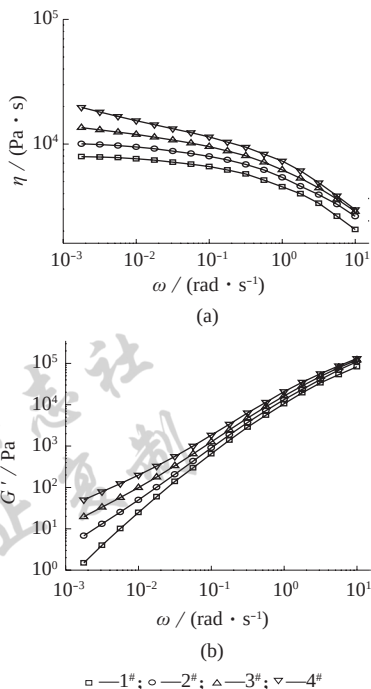


图 1 PE-LLD, PE-UHMW 及共混物的 DSC 曲线

2.2 流变性能

在聚合物发泡过程中, 聚合物熔体黏度对泡孔的生长阶段有很大的影响。图 2 示出不同 PE-LLD/PE-UHMW 共混物的流变性能曲线。由图 2a 可看出, 在低剪切频率条件下, 少量 PE-UHMW 作为分散相添加在 PE-LLD 基体中, 可以明显提高共混物的黏度, 并且随着 PE-UHMW 含量增加, 共混物的低频剪切黏度增大; 但随着剪切频率的不断提高, 不同含量的共混物黏度均急剧下降, 最终基本接近。从图 2b 可看出, PE-UHMW 的加入使分子链之间相互缠结增强, 分子链之间的相互滑动增加了链段相对运动的阻力, 分子量越高, 阻力越大。因此, 在低剪切频率下, 随着 PE-UHMW 含量的增加, 共混

物的储能模量和损耗模量也随着增强, 当剪切频率增大时, 这种效应慢慢变得不明显了。在聚合物发泡过程中, 既要有一定的黏度支撑不至于泡孔壁塌陷, 但黏度又不能太高。因此, 少量 PE-UHMW 的加入在一定程度上提高了 PE-LLD 的黏度, 有利于泡孔壁的支撑和泡孔结构的保持。



a—剪切黏度 (η)—剪切频率 (ω) 曲线; b—储能模量 (G')— ω 曲线

图 2 不同 PE-LLD/PE-UHMW 共混物的流变性能曲线

2.3 PE-UHMW 含量对泡孔结构的影响

图 3 示出不同样品在 120 °C 和 130 °C, 28 MPa CO₂ 饱和压力下的泡孔形貌。由图 3a~3d 可看出, 当发泡温度为 120 °C 时, 随着 PE-UHMW 含量增加, 泡孔孔径略有变小, 但变化并不明显, 这是由于发泡温度低于 PE-LLD 的熔融温度, 基体 PE-LLD 还有相当一部分晶区没有完全熔融, 混合物整体熔体强度较高, PE-LLD 的影响没有完全显现出来。当发泡温度为 130 °C 时 (图 3e~3h), PE-LLD 发泡的孔径明显增大, 而随着 PE-UHMW 含量的增加, 孔径减小。特别是当 PE-UHMW 含量为 2% 和 3% 时, 泡孔结构由闭孔转变成开孔。这说明当温度升高、黏度下降的情况下, PE-UHMW 的加入提高了共混物的黏度, 在一定程度上限制了泡孔生长过程中的凝并和塌陷现象。另一方面, 如果存在于孔壁位置的 PE-UHMW 含量足够多, 可以起到支撑孔壁防止塌陷的作用。这就是为什么当 PE-UHMW 含量为 2% 和 3% 时, 泡孔结构由闭孔转变成开孔。对比图

3g 和图 3h 发现, PE-UHMW 含量 2% 时可以得到更小孔径的泡孔结构,因此,在后续讨论中选取 2% 含量的共混物。

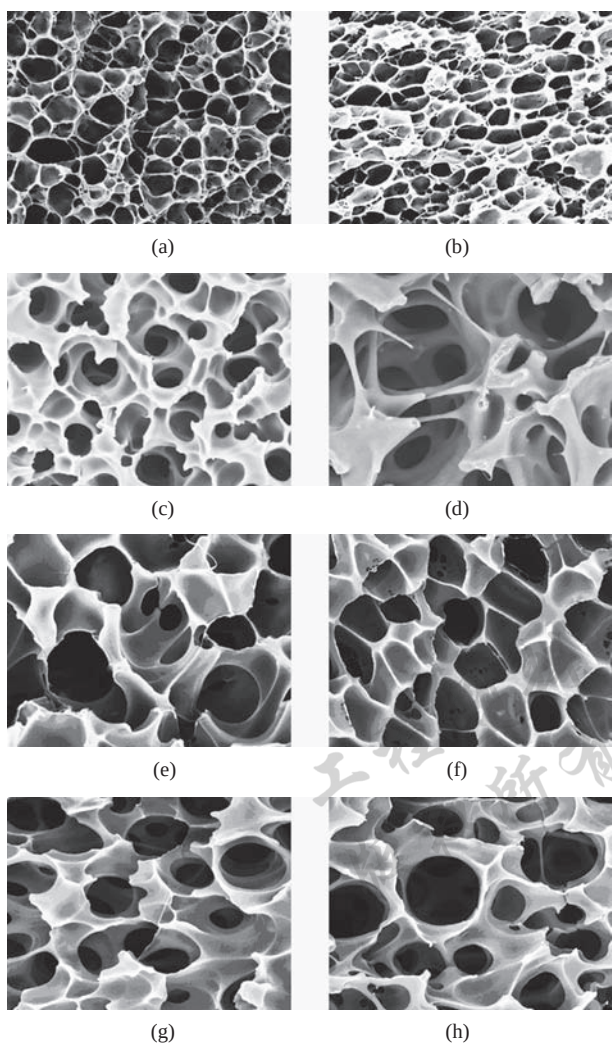


图 3 不同样品在 120℃ 和 130℃ 下的泡孔形貌
a—1[#], 120℃; b—2[#], 120℃; c—3[#], 120℃; d—4[#], 120℃;
e—1[#], 130℃; f—2[#], 130℃; g—3[#], 130℃; h—4[#], 130℃

图 3 不同样品在 120℃ 和 130℃ 下的泡孔形貌

2.4 发泡温度对泡孔结构的影响

在影响发泡材料的工艺参数中,发泡温度是主要的影响因素之一,因为发泡温度直接决定了聚合物的熔体强度和黏度,而熔体强度和黏度是成核、生长的关键因素。图 4 为 PE-LLD(1[#]) 和 PE-LLD/PE-UHMW(3[#]) 在相同压力 (28 MPa) 不同发泡温度条件下的泡孔形貌,图 5 为相应的孔径和孔密度统计结果。

从图中可以看出, PE-UHMW 的加入可以显著降低 PE-LLD 发泡材料的泡孔孔径,提高孔密度。这是因为 PE-UHMW 的加入增加了基体的黏度,限制了泡孔的凝并和塌陷。特别需要提出的是,当发

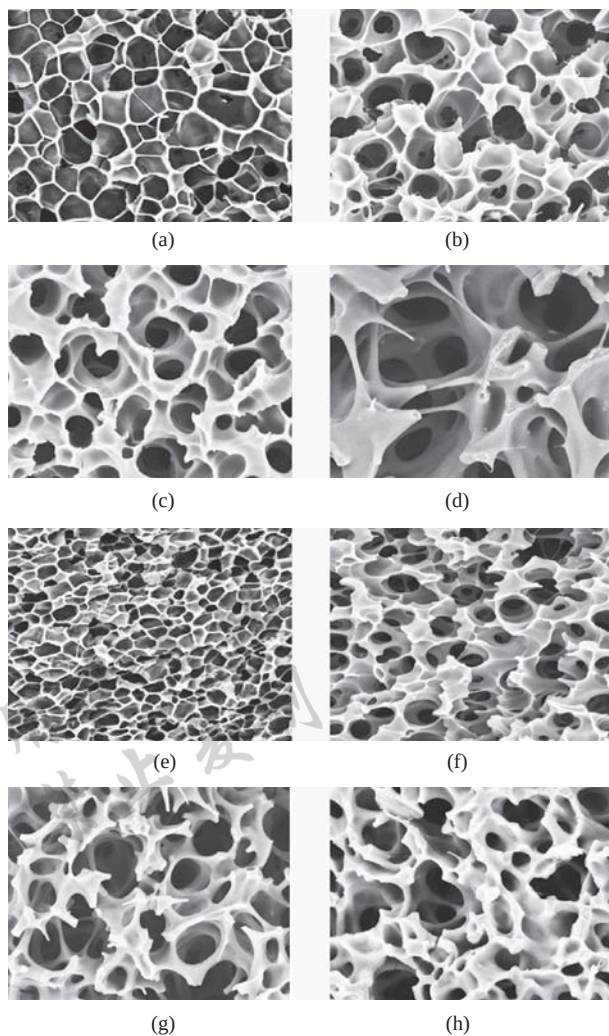
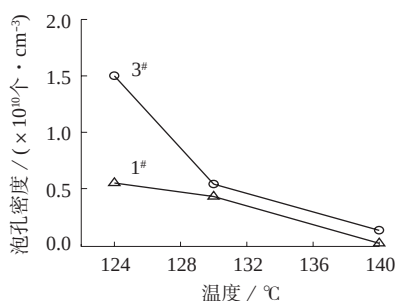
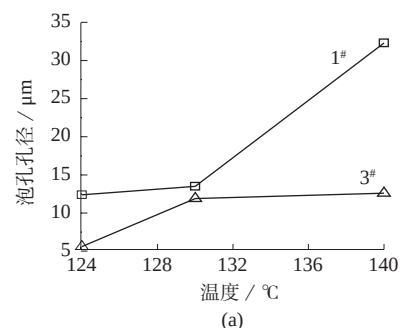


图 4 1[#] 和 3[#] 样品在不同发泡温度条件下的泡孔形貌
a—1[#], 124℃; b—1[#], 130℃; c—1[#], 140℃; d—1[#], 150℃;
e—3[#], 124℃; f—3[#], 130℃; g—3[#], 140℃; h—3[#], 150℃

图 4 1[#] 和 3[#] 样品在不同发泡温度条件下的泡孔形貌

泡温度达到 130℃ 时 (图 4b 和 4f), 泡孔形貌由闭孔结构转为开孔结构, 并且 PE-LLD/PE-UHMW 共混物的泡孔基本呈现均匀分布的开孔形貌, 孔壁整体呈“面支撑”的结构。当发泡温度进一步升高到 140℃ (图 4c 和 4g), 聚合物熔体强度和黏度都很低, 纯 PE-LLD 在保持“面支撑”开孔结构的同时, 部分区域开始塌陷并泡, 而 PE-LLD/PE-UHMW 依然保持均匀开孔形态, 只是开孔相貌发生转变, 由原来的“面支撑”开孔结构转变成“棒支撑”的三维结构, 泡孔壁由原来的“片状”变成了“棒状”, 极大地提高了开孔率。这是因为少量的 PE-UHMW 在此起到了支撑泡孔壁的关键作用。最后当发泡温度远远高于 PE-UHMW 的熔融温度时, (如图 4d 和 4h), 极低的熔体强度和黏度很难再支撑泡孔壁, 所以发生大面积的泡孔塌陷和泡孔并泡, 纯 PE-LLD 发泡

也出现了“棒支撑”开孔结构,但是泡孔孔径变大,分布不均匀,PE-LLD/PE-UHMW 共混发泡也出现了同样的问题,表明发泡温度已经达到上限。



a—泡孔孔径; b—泡孔密度

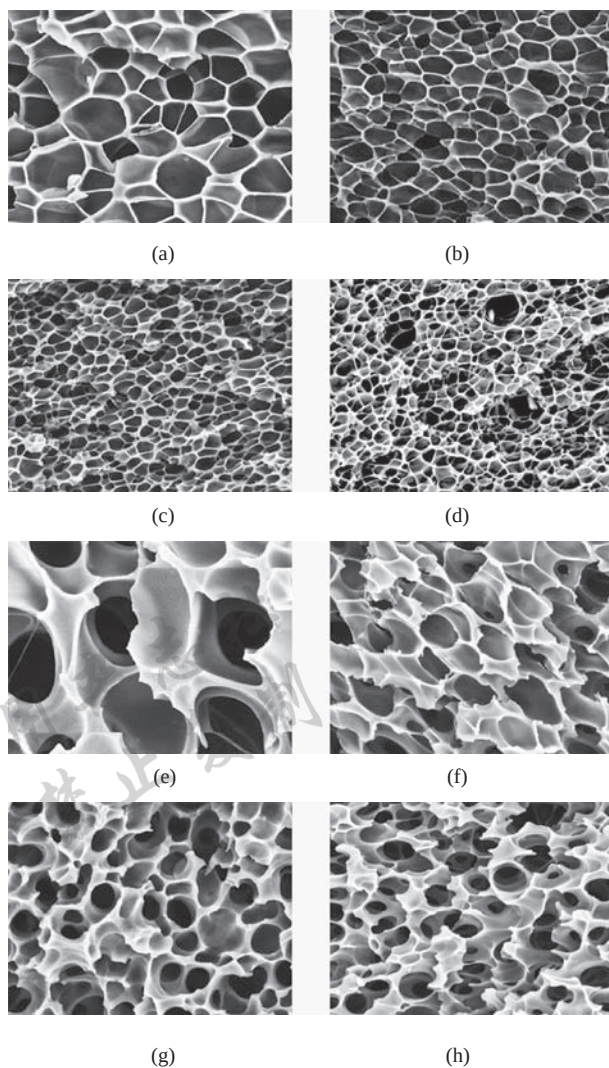
图5 1[#]和3[#]样品在不同发泡温度条件下的泡孔孔径和泡孔密度

2.5 饱和压力对泡孔结构的影响

在相同温度下,CO₂在聚合物中的溶解度随着饱和压力的增大而增大,而更多的CO₂溶解进聚合物基体,意味着卸压过程中更大的成核速率,因此研究饱和压力对泡孔结构的影响很有必要。图6示出PE-LLD/PE-UHMW(3[#])共混物分别在120℃和130℃,不同饱和压力下的泡孔形貌。从图6可以看出,随着饱和压力的增大孔径明显减小。在降压法发泡过程中,更高的压力意味着更多的成核点,因此随着饱和压力增大,泡孔密度增大,泡孔孔径也随着减小。特别是当发泡温度升高到130℃,随着饱和压力的增加,泡孔结果逐渐由闭孔向开孔转变。这可能是由以下两个因素导致:(1)更高的饱和压力意味着更多的塑化作用,导致基体黏度降低,更利于开孔;(2)更高的压力导致更多的泡孔成核,孔壁变薄,泡孔容易破裂。

3 结论

(1) 加入少量PE-UHMW可以显著降低PE-LLD发泡样品的孔径,增加孔密度。随着发泡温度升高,PE-LLD样品的泡孔结构会发生塌陷现象,加入少量PE-UHMW则可提高基体的黏度,起到支撑孔壁防止塌陷的作用,并最终得到均匀的开孔结构。



a—120℃,13 MPa; b—120℃,18 MPa; c—120℃,23 MPa; d—120℃,28 MPa; e—130℃,13 MPa; f—130℃,18 MPa; g—130℃,23 MPa; h—130℃,28 MPa

图6 3[#]样品在不同温度不同饱和压力下的泡孔形貌

(2) 当温度一定时,饱和压力的升高可以降低孔径并且得到开孔形貌的泡孔结构。PE-LLD/PE-UHMW(3[#])共混物在130℃/28 MPa发泡时,孔壁整体呈“面支撑”的结构,而在140℃/28 MPa发泡条件下,开孔相貌发生转变,由原来的“面支撑”开孔结构转变成“棒支撑”的三维结构,泡孔壁由原来的“片状”变成了“棒状”,极大地提高了开孔率。

参考文献

- [1] Mosanenzadeh S G, Naguib H E, Park C B, et al. Effect of biopolymer blends on physical and Acoustical properties of biocomposite foams[J]. Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics, 2014, 52(15):1 002–1 013.
- [2] Mosanenzadeh S G, Naguib H E, Park C B, et al. Development,

- characterization, and modeling of environmentally friendly open-cell acoustic foams[J]. *Polymer Engineering & Science*, 2013, 53(9):1979–1989.
- [3] Mosanenzadeh S G, Naguib H E, Park C B, et al. Development of polylactide open-cell foams with bimodal structure for high-acoustic absorption[J]. *Journal of Applied Polymer Science*, 2014, 131(7):518–529.
- [4] Mosanenzadeh S G, Dutres O, Naguib H E, et al. Modeling the acoustic absorption behaviour of polylactide open cell foams with bimodal structure for high acoustic absorption[J]. *Proceedings of Meetings on Acoustics*, 2013, 19(1):14–23.
- [5] Li N, Xiao C, Mei S, et al. The multi-pore-structure of polymer-silicon hollow fiber membranes fabricated via thermally induced phase separation combining with stretching[J]. *Desalination*, 2011, 274(1):284–291.
- [6] Taki K, Tabata K, Kihara S, et al. Bubble coalescence in foaming process of polymers[J]. *Polymer Engineering & Science*, 2006, 46(5):680–690.
- [7] Whang K, Thomas C H, Healy K E, et al. A novel method to fabricate bioabsorbable scaffolds[J]. *Polymer*, 1995, 36(4):837–842.
- [8] Wang X, Li W, Kumar V. A method for solvent-free fabrication of porous polymer using solid-state foaming and ultrasound for tissue engineering applications[J]. *Biomaterials*, 2006, 27(9):1924–1929.
- [9] Guo G, Ma Q, Zhao B, et al. Ultrasound-assisted permeability improvement and acoustic characterization for solid-state fabricated PLA foams[J]. *Ultrasonics Sonochemistry*, 2013, 20(1):137–143.
- [10] Seo J, Ohm W, Cho S, et al. Effects of repeated microcellular foaming process on cell morphology and foaming ratio of microcellular plastics[J]. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 2011, 50(6):588–592.
- [11] Gandhi A, Asija N, Kumar Gaur K, et al. Ultrasound assisted cyclic solid-state foaming for fabricating ultra-low density porous acrylonitrile-butadiene-styrene foams[J]. *Materials Letters*, 2013, 94:76–78.
- [12] Wang X, Li W, Kumar V. Creating open-celled solid-state foams using ultrasound[J]. *Journal of Cellular Plastics*, 2009, 45(4):353–369.
- [13] Rodeheaver B A, Colton J S. Open-celled microcellular thermoplastic foam[J]. *Polymer Engineering & Science*, 2001, 41(3):380–400.
- [14] Lee P C, Wang J, Park C B. Extruded open-cell foams using two semicrystalline polymers with different crystallization temperatures[J]. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2005, 45(1):175–181.
- [15] Krause B, Diekmann K, Van der Vegt N, et al. Open nanoporous morphologies from polymeric blends by carbon dioxide foaming[J]. *Macromolecules*, 2002, 35(5):1738–1745.
- [16] Krause B, Sijbesma H, Mönüklü P, et al. Bicontinuous nanoporous polymers by carbon dioxide foaming[J]. *Macromolecules*, 2001, 34(25):8792–8801.
- [17] Ginty P J, Howard D, Upton C E, et al. A supercritical CO₂ injection system for the production of polymer / mammalian cell composites[J]. *The Journal of Supercritical Fluids*, 2008, 43(3):535–541.
- [18] Gong P, Taniguchi T, Ohshima M. Nanoporous structure of the cell walls of polycarbonate foams[J]. *Journal of Materials Science*, 2014, 49(6):2605–2617.
- [19] Kiran E. Foaming strategies for bioabsorbable polymers in supercritical fluid mixtures. Part I. Miscibility and foaming of poly (l-lactic acid) in carbon dioxide+acetone binary fluid mixtures[J]. *The Journal of Supercritical Fluids*, 2010, 54(3):296–307.
- [20] Salerno A, Zeppetelli S, Di Maio E, et al. Design of bimodal PCL and PCL-HA nanocomposite scaffolds by two step depressurization during solid-state supercritical CO₂ foaming[J]. *Macromolecular Rapid Communications*, 2011, 32(15):1150–1156.
- [21] Santo V E, Duarte A R C, Gomes M E, et al. Hybrid 3D structure of poly (d, l-lactic acid) loaded with chitosan / chondroitin sulfate nanoparticles to be used as carriers for biomacromolecules in tissue engineering[J]. *The Journal of Supercritical Fluids*, 2010, 54(3):320–327.
- [22] Atalla Y, Fu J, Atalla N, et al. Study of the effects of processing parameters on the sound absorption of open-cell microcellular polymeric foams[J]. *Noise Control Engineering Journal*, 2010, 58(1):18–26.
- [23] Mosanenzadeh S G, Naguib H E, Park C B, et al. Effect of biopolymer blends on physical and Acoustical properties of biocomposite foams[J]. *Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics*, 2014, 52(15):1002–1013.
- [24] Johnson D L, Koplik J, Schwartz L M. New pore-size parameter characterizing transport in porous media[J]. *Physical Review Letters*, 1986, 57(20):2564.
- [25] Mosanenzadeh S G, Naguib H E, Park C B, et al. Development, characterization, and modeling of environmentally friendly open - cell acoustic foams[J]. *Polymer Engineering & Science*, 2013, 53(9):1979–1989.
- [26] 曹贤武, 何丁, 伍巍, 等. 共混法制备聚丙烯开孔泡沫材料的研究 [J]. *塑料工业*, 2011(8):99–103.
Cao Xianwu, He Ding, Wu Wei, et al. Study on preparation of polypropylene open-cell foam using polymer blend [J]. *China Plastics Industry*, 2011(8):99–103.
- [27] Lee P C, Naguib H E, Park C B, et al. Increase of open-cell content by plasticizing soft regions with secondary blowing agent[J]. *Polymer Engineering & Science*, 2005, 45(10):1445–1451.
- [28] 李志, 王艳令, 刘持政, 等. 超高分子量聚乙烯成型技术研究进

- 展[J]. 塑料, 2014(2):38-43.
- Li Zhi, Wang Yanling, Liu Chizheng, et al. Development of ultrahigh molecular weight polyethylene pressing[J]. Plastics, 2014(2):38-43.
- [29] 秦建华, 郝绘坤, 王兴隆, 等. 超高分子量聚乙烯耐热性能的改善[J]. 武汉工程大学学报, 2014(6):25-27.
- Qin Jianhua, Hao Huikun, Wang Xinglong, et al. The improvement of the performance of ultrahigh molecular weight polyethylene heating [J]. Journal of Wuhan Institute of Technology, 2014(6):25-27.
- [30] 刘海洪, 刘梅玲, 蒋峰, 等. 超高分子量聚乙烯微粉在溴化丁基橡胶瓶塞中的应用[J]. 橡塑技术与装备, 2014(1):52-55.
- Liu Haihong, Liu Meiling, Jiang Feng, et al. The application of ultrahigh molecular weight polyethylene in the bottle stopper of brominated butyl rubber[J]. China Rubber / Plastics Technology and Equipment, 2014(1):52-55.
- [31] 杨其, 田野春, 毛益民, 等. PP/LLDPE 共混体系的相容性及结晶行为[J]. 高分子材料科学与工程, 2004, 20(5):155-158.
- Yang Qi, Tian Yechun, Mao Yimin, et al. Crystallization behavior and compatibility of PP/LLDPE blends[J]. Polymer Materials Science and Engineering, 2004, 20(5):155-158.
- [32] 刘佑习, 郭誉文, 杨始塑, 等. HE-1 型催化剂异相聚合乙烯结晶性能研究 II 超高分子量 PE 结晶行为[J]. 高分子学报, 1995(2):135-140.
- Liu Youxi, Guo Yuwen, Yang Shikun, et al. Studies on crystallization behavior of polyethylene polymerized with HE-1 type catalyst II. crystallization of ultrahigh molecular weight polyethylene[J]. Acta Polymerica Sinica, 1995(2):135-140.

朗盛推出新型 Tepex 高性能复合材料

特种化学品巨头德国朗盛子公司——德国 Bond-Laminates GmbH 日前推出了新型 Tepex 牌连续纤维增强热塑性高性能复合材料, 包括无卤阻燃聚碳酸酯复合材料。

Bond-Laminates 总经理 Jochen Bauder 声称:“我们的新 Tepex FR 产品通过了美国保险商试验所的 UL94 消防安全标准, 样品厚度在 0.4~2 mm 时达到了 UL 最高标准 V0。”

Tepex FR 厚度主要在 0.5~1.2 mm。纤维体积含量为 45%~55%。该复合材料表现出优良的力学性能, 例如, 根据纤维含量, 碳加强级别的弯曲弹性模量为 40~54 GPa, 而玻璃纤维增强材料的模量在 20~24 GPa。

其力学性能好、质量轻和易于处理的特点使这些新型复合材料特别适合生产大型、薄壁和坚硬的外壳比如笔记本电脑、平板电脑和电视机。Bauder 表示:“他们可以代替铝和镁并更易于生产和处理。与注塑模部件相比, Tepex 可以用于制造厚度更薄的外壳以减少安装空间。” (工程塑料网)

爱色丽宣布推出新一代积分球式分光光度计

爱色丽有限公司及其子公司 Pantone LLC 于近日宣布推出一系列新颖的台式积分球式分光光度计, 实现遍及整个供应链——从概念设计直到最终产品精准的色彩测量。爱色丽的主力仪器 Ci7800 以及高性价比的 Ci7600 代表了新一代分光光度计, 有助于客户满足色彩规格要求并改进工艺控制。

在复杂的全球供应链中, 从设计、配色到制造以及原材料、零部件和最终产品的组装, 整个过程中存在许许多多可能出现色彩误差的地方。通过数字方式交流色彩标准并对材料各个色样之间拥有准确、可靠的色彩测量能降低误差, 减少代价昂贵的废品和返工, 加快产品上市时间。

“爱色丽新产品 Ci7800 和 Ci7600 提供了业内前所未有的杰出性能和广泛的适用性, 帮助用户解决最复杂的色彩管理和测量问题!” 爱色丽大中华区总经理潘若巍说。这些仪器为测量、管理和交流色彩数据设定了新的标准。Ci7800 和

Ci7600 能提供持续稳定的高性能, 而且与现今市场上其它任何台式积分球式分光光度计相比, 更易于维修。除此之外, 这些仪器还能对测量的每一个色样提供前所未有的审核信息, 提高供应链中整体色彩一致性。”

Ci7800 和 Ci7600 是塑料、纺织、汽车和颜料/涂料行业的理想之选, 可调整适用于任何色彩供应链。产品亮点包括:

(1) 高级审核功能。内置摄像机可捕获每次测量样品的图像, 色样视觉记录可以用于追溯测量时所用的详细设置信息。实现色彩测量和色彩管理流程的无缝衔接, 可以更容易地检查出无效测量和色样缺陷。内置传感器还可实时测量记录温度和湿度。

(2) 自动化仪器设置。软件能简化仪器配置, 并通过加载客户预设置消除错误, 保障测量一致性。

(3) 应用灵活。仪器可附带多达五个孔径和三个自动化 UV 滤镜, 提高了对各种不透明、透明和半透明材料进行测量时的灵活性。

(4) 轻松迁移原始色彩数据。无论数据是哪一种格式, 仪器都能帮助确保原始数据仍然有效, 确保新设备可无缝地融入现有环境。 (慧聪塑料网)

Tosaf 公司开发新型色母粒延长温室薄膜寿命

总部位于以色列的助剂、化合物和色母粒制造商 Tosaf 公司近日宣布, 开发出一款新型 UV4120PE 色母粒。少量加入这种色母粒, 就能延长可吸收紫外线的温室薄膜的使用寿命。

测试结果显示, 加入 Tosaf 的新型 UV4120PE 色母粒, 可以提高薄膜的紫外线吸收效果, 从而改善产品质量, 温室薄膜整体使用寿命可以延长 1~3 年。这样的薄膜除了长期耐候性提高外, 还具备一定的抗病毒效果。因为, 很多昆虫是潜在的病毒载体, 需要紫外线才会传播, 有了紫外线吸收薄膜后, 这些昆虫不会深入到种植领域中。该公司指出, 紫外线的缺乏也会阻止蜜蜂进入到种植区, 这意味着这样的薄膜不能用于需要蜜蜂授粉的作物种植。 (中化新网)