

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2018.10.011

高发泡倍率三元乙丙弹性体材料模压发泡研究

廖华勇¹, 彭超¹, 李书齐², 陶国良¹, 刘春林¹

(1. 江苏省环境友好高分子材料重点实验室, 材料科学与工程学院, 常州大学, 江苏常州 213164, China ;

2. 机械与电子工程学院, 常州工程职业技术学院, 江苏常州 213164, China)

摘要: 用模压发泡法制备了三元乙丙弹性体 (EPDM) 发泡材料, 研究了 AC 发泡剂用量、氧化锌 (ZnO) 用量、过氧化二异丙苯 (DCP) 用量以及发泡温度、发泡压力、发泡时间等工艺参数对 EPDM 泡沫表观密度和力学性能等的影响。结果表明: 随着 AC 发泡剂用量的增加, EPDM 泡沫的力学性能和泡沫表观密度缓慢下降。随着 DCP 用量的增加, 泡沫的拉伸强度和撕裂强度逐渐增大。DCP 用量为 0.5 份时发泡倍率达到最大, 为 8.2。ZnO 用量对泡沫力学性能影响不大。发泡温度为 170℃ 时泡沫表观密度达到最小。随着发泡压力逐步升高, 泡沫表观密度缓慢上升。发泡压力为 0.5 MPa 和 5 MPa 时发泡倍率超过 8。发泡时间为 12 min 时表观密度最低, 为 0.124 g/cm³, 发泡倍率达到最大 8.2。扫描电子显微镜观察显示, EPDM 泡沫多为闭孔结构。

关键词: 三元乙丙弹性体; 发泡; 表观密度; 拉伸强度; 撕裂强度; 发泡倍率

中图分类号: TQ325 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3539(2018)10-0057-06

Investigation of Mold Foaming of EPDM Elastomer with High Expansion Ratio

Liao Huayong¹, Peng Chao¹, Li Shuqi², Tao Guoliang¹, Liu Chunlin¹

(1. Jiangsu Key Laboratory of Environmentally Friendly Polymeric Materials, School of Materials Science and Engineering, Changzhou University, Changzhou 213164, China ;

2. Department of Mechanical and Electronic Engineering, Changzhou Vocational Institute of Engineering, Changzhou 213164, China)

Abstract : The ethylene propylene diene monomer (EPDM) foam was prepared by molding method. The influence various factors such as AC foaming agent, zinc oxide (ZnO), dicumyl peroxide (DCP), foaming temperature, pressure and time on density and mechanical properties of EPDM foam were investigated. The results show that mechanical properties and density of EPDM foam decrease gradually as the increase of AC foaming agent. As DCP content increases, tensile strength and tear strength of EPDM foam increase gradually. The expansion ratio reaches the maximum, which is 8.2 when DCP content is 0.5 phr. The experiments show content of ZnO has little effect on mechanical properties of EPDM foam. The density of EPDM foam reaches the minimum when the temperature is 170℃. The density of EPDM foam increases gradually when foaming pressure increases. The expansion ration of the EPDM foam exceeds 8 when pressure is 0.5 and 5 MPa respectively. The density of EPDM foam has lowest value when foaming time is 12 min, which is 0.124 g/cm³, and the expansion ratio arrives the highest value 8.2. Scanning electron microscope shows the EPDM foam mainly has a structure with closed cells.

Keywords : ethylene propylene diene monomer elastomer ; foaming ; apparent density ; tensile strength ; tear strength ; expansion ratio

三元乙丙弹性体 (EPDM) 是一种饱和弹性体, 具有优异的耐老化性能, 较好的耐臭氧性和耐候性, 也具有低温柔软性, 广泛用于汽车工业和建筑业, 主要作为密封材料和隔热材料使用。同样作为耐热性优异的弹性体类材料有硅弹性体、氟弹性体、

EPDM 弹性体, 其中 EPDM 还具有价格更加低廉的优点。EPDM 发泡材料具有优异缓冲、压缩、密封及隔音等性能, 在各种领域获得广泛应用^[1-2]。吴其晔等^[3]研究了 EPDM 模压发泡过程中硫化速度与发泡剂分解速度的匹配问题, 研究表明, 当试样硫

通讯作者: 廖华勇, 博士, 副教授, 主要从事生物质高值化利用与聚合物复合材料研究 E-mail: roynetlhy@163.com

收稿日期: 2018-07-29

引用格式: 廖华勇, 彭超, 李书齐, 等. 高发泡倍率三元乙丙弹性体材料模压发泡研究 [J]. 工程塑料应用, 2018, 46(10):57-62.

Liao Huayong, Peng Chao, Li Shuqi, et al. An investigation of mold foaming of EPDM rubber with high expansion ratio[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(10):57-62.

化曲线与发泡剂分解速度曲线走势相同时两者匹配良好,发泡制品力学性能优良。牛杰等^[4]研究了配方因素对 EPDM 模压发泡材料性能的影响,结果表明,在发泡温度为 160℃、发泡时间为 14 min 时,当发泡剂聚环氧丙烷聚醚二醇 (DDL)101 用量 6 份、炭黑 30 份,采用硫化剂 DCP/硫磺体系,发泡材料性能最好,泡孔均匀。在发泡剂用量为 6~8 份时 EPDM 发泡材料的回弹值出现极大值。张军等^[5]采用模压一步法制备 EPDM 海绵,研究了发泡剂品种和用量对其性能的影响。结果表明,以发泡剂偶氮二甲酰胺 (AC),4,4'-氧代双苯磺酰肼 (OBSH) 或 N,N'-二亚硝基五次甲基四胺 (H) 制备 EPDM 海绵,单用 5 份 H 或 AC/OBSH 时,EPDM 海绵发泡倍率最大。在工业应用上,EPDM 泡沫发泡倍率与其力学性能密切相关^[6]。增加辐照剂量,EPDM 泡沫的交联表观密度也增加^[7]。W. Yamsaengsung 等^[8]研究表明,制备 EPDM 泡沫时,EPR-b-OBSH 复合发泡剂比纯 OBSH 发泡剂更有效,产生更多泡孔,且泡孔尺寸及分布更均匀。张秀斌等^[9]系统研究了 EPDM/聚乙烯-辛烯共弹性体 (POE) 共混胶硫化发泡配方,探索了发泡速度与硫化速度之间的匹配关系。应建行等^[10]运用超临界二氧化碳发泡技术获得了线型低表观密度聚乙烯 (PE-LLD)/EPDM 橡塑共混闭孔发泡材料。王明等^[11]也运用超临界二氧化碳发泡技术获得了聚丙烯 (PP)/EPDM 开孔发泡材料,并研究了其吸油性能。超临界二氧化碳发泡技术是国际国内的研究热点^[12-13],不需要使用化学发泡剂,对环境没有污染。笔者采用模压发泡方法研究了配方及工艺参数对 EPDM 泡沫的表观密度、力学性能的影响,获得有意义的结果。

1 实验部分

1.1 主要原材料

EPDM: 3720P, 美国陶氏公司;

AC 发泡剂: 平均粒径 $\leq 8 \sim 10 \mu\text{m}$, 上海文华化工颜料有限公司;

硬脂酸 (Hst): 分析纯, 国药集团化学试剂有限公司;

过氧化二异丙苯 (DCP): YH503, 市售;

氧化锌 (ZnO): 分析纯, 国药集团化学试剂有限公司;

抗氧剂 1010, 工业级, 市售。

1.2 主要设备及仪器

电子天平: TP-213 型, 北京赛多利斯仪器系统

有限公司;

电热恒温鼓风干燥箱: DHG-9140A 型, 上海慧泰仪器制造有限公司;

双辊开炼机: SK-160B 型, 上海弹性体机械厂;

平板硫化机: XLB-D350 $\times$ 350 $\times$ 2 型, 常州市第一弹性体设备厂;

微机控制电子万能材料试验机: WDT-Series 型, 深圳市凯强利试验仪器有限公司;

冲片机: CP-25 型, 上海化工机器四厂;

弹性体硬度计: LX-A 型, 上海六菱仪器厂;

扫描电子显微镜 (SEM): S-2150 型, 日本日立公司。

1.3 发泡工艺

发泡工艺路线图如图 1 所示。

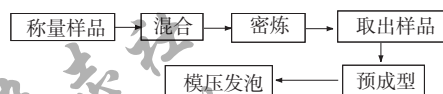


图1 EPDM发泡工艺路线

(1) 称料: 将 EPDM 主料、发泡剂、交联剂、发泡促进剂等按配方要求进行称量。

(2) 密炼: 将上述称好的料在一定温度 (55℃) 下的密炼机内混合 5 min, 转速 40 r/min。

(3) 预成型: 在平板硫化机上使密炼好的料成型, 温度 55℃, 压力 5 MPa, 时间 5 min。

(4) 发泡: 将预成型的样品片在平板硫化机上于一定温度和压力下发泡一定的时间。

1.4 性能测试

制品表观密度由单位体积质量得到。拉伸强度和断裂伸长率测试按照 GB/T 528-1998 测试。撕裂强度按照 GB/T 529-1999 测试。发泡材料硬度通过邵氏硬度计按照 GB/T 531-1999 测试。

1.5 SEM 测试

将泡沫塑料长条在液氮下冷冻 24 h, 使其变脆, 然后脆断, 喷金, 用 SEM 观察其断裂面, 拍出照片。

2 结果与分析

2.1 AC 发泡剂用量对 EPDM 泡沫性能与发泡倍率的影响

影响 EPDM 发泡的因素很多^[14], 如发泡剂、发泡助剂及发泡工艺等。首先考虑发泡剂的影响。表 1 是 EPDM, ZnO, DCP、硬脂酸 (Hst) 用量均保持不变, 仅改变 AC 发泡剂用量的发泡配方。实验中发泡温度保持 160℃ 不变, 发泡成型压力保持 5 MPa 不变。表 2 是根据表 1 配方实验测得 EPDM 泡沫

的性能和参数。由表 2 可看出,随着配方中 AC 发泡剂用量的增加,泡沫表观密度逐渐缓慢下降。发泡剂用量增加,则泡沫中产生的气体增加,泡孔数量增多,泡孔体积增大,因此泡沫表观密度减小。发泡剂用量超过 8 份以后,发泡剂分解产生的气体达到饱和,泡沫表观密度基本保持不变。由表 2 看出,随着 AC 发泡剂用量的增加,EPDM 泡沫的力学性能逐渐下降,拉伸强度从 0.68 MPa 降到 0.32 MPa,断裂伸长率从 552% 降到 332%,撕裂强度由 7.12 N/mm 降到 2.51 N/mm,邵氏硬度 A 由 7.2 降到 3.5。表明泡孔削弱了泡沫材料的力学性能。大量的气泡占据了 EPDM 分子链间隙,单位面积泡沫承受外力的有效负载面积减小,泡沫力学性能下降。表 2 最后一列表明,EPDM 泡沫的发泡倍率随着 AC 发泡剂用量的增加逐渐增加,由 6.5 增加到 8.7。也可看出,AC 发泡剂由 6 份增加到 10 份,发泡倍率仅仅增加了 0.5。如果需要力学性能和发泡倍率均较好的 EPDM 泡沫,可折中选取 AC 发泡剂用量为 6 份的配方。文献 [5] 用 6 份复配发泡剂 AC/OBSH (1 : 1) 获得 EPDM 泡沫表观密度为 0.158 g/cm^3 ,略高于 6 份 AC 发泡剂对应的 EPDM 泡沫表观密度 0.139 g/cm^3 。

表 1 EPDM 发泡配方

EPDM	ZnO	AC	DCP	Hst	1010
100	3	2	0.5	1	0.1
100	3	4	0.5	1	0.1
100	3	6	0.5	1	0.1
100	3	8	0.5	1	0.1
100	3	10	0.5	1	0.1

表 2 AC 发泡剂不同用量时 EPDM 泡沫性能

AC 用量 / 份	表观密度 / $(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	拉伸强度 / MPa	断裂伸长率 / %	撕裂强度 / $(\text{N} \cdot \text{mm}^{-1})$	邵氏硬度	发泡倍率
2	0.156	0.68	552	7.12	7.2	6.5
4	0.142	0.50	520	4.58	6.1	7.3
6	0.139	0.42	434	3.46	4.2	8.2
8	0.124	0.36	416	3.04	4.0	8.5
10	0.124	0.32	352	2.51	3.5	8.7

图 2a、图 2b 分别对应表 1 中 AC 发泡剂为 2 份和 6 份的 EPDM 泡沫 SEM 照片,对应的泡孔直径分别为 $181.2 \mu\text{m}$ 和 $230.7 \mu\text{m}$ (由尺寸统计软件测得)。6 份 AC 发泡剂对应的泡孔尺寸更大。由图看出,泡孔基本为闭孔。2 份 AC 发泡剂对应的 EPDM 泡孔直径小至 $27 \mu\text{m}$,大至 $180 \mu\text{m}$ 。用离散系数表示泡孔大小均匀度。离散系数越小,表示泡孔尺寸均匀性越好。统计得泡孔离散系数为 0.6。6 份 AC 发泡剂对应的 EPDM 泡孔直径小至

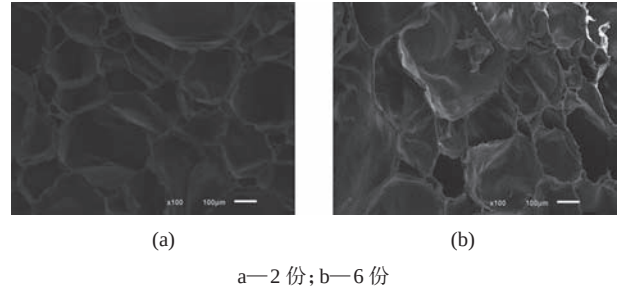


图 2 AC 发泡剂为 2 份和 6 份对应的 SEM 照片

$85.5 \mu\text{m}$,大至 $442.5 \mu\text{m}$,其离散系数为 0.4,表明泡孔直径均匀性稍高。

2.2 DCP 对 EPDM 泡沫性能与发泡倍率的影响

表 3 是以 DCP 用量作变量的发泡配方,其他组分用量固定不变。发泡温度为 160°C ,发泡成型压力为 5 MPa。表 4 为测得发泡材料的性能参数。

表 3 EPDM 发泡配方

EPDM	ZnO	AC	DCP	Hst	1010
100	3	6	0	1	0.1
100	3	6	0.5	1	0.1
100	3	6	1	1	0.1
100	3	6	1.5	1	0.1
100	3	6	2	1	0.1

表 4 DCP 不同用量时 EPDM 泡沫性能

DCP 用量 / 份	表观密度 / $(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	拉伸强度 / MPa	断裂伸长率 / %	撕裂强度 / $(\text{N} \cdot \text{mm}^{-1})$	邵氏硬度	发泡倍率
0	0.517	0.80	315	11.14	37.5	2.5
0.5	0.139	0.42	434	3.46	4.2	8.2
1	0.145	0.77	632	4.45	7.1	6.4
1.5	0.228	0.95	315	4.78	8.5	5.8
2	0.233	1.06	246	5.80	9.2	4.2

由表 4 看出,配方中没有 DCP 时,泡沫材料表观密度较大,为 0.517 g/cm^3 。DCP 是交联剂,使线性的 EPDM 分子链交联,形成三维网状结构,增加 EPDM 泡沫的熔体强度。没有 DCP,则泡沫材料熔体强度低,难以抗衡发泡剂分解产生的气泡压力,气泡难以被 EPDM 分子链束缚,结果泡孔容易破裂,因此难以获得表观密度较小的 EPDM 泡沫。当 DCP 用量从 0.5 份逐渐增加到 2 份时,EPDM 泡沫表观密度由 0.139 g/cm^3 逐渐增加到 0.233 g/cm^3 份。发泡成型是样品交联和发泡的动态平衡。DCP 用量增加,熔体强度提高,发泡剂分解产生的气泡遇到的阻力更大,因此单位体积的泡沫中泡孔占据的体积较小,泡沫表观密度增大。泡沫力学性能也与此相关,随着 DCP 用量的增加,泡沫的拉伸强度逐渐增大。而断裂伸长率变化趋势不是单调的,在 DCP 用量为 1 份时达到最大,然后随 DCP 用量的增加而逐渐减小。而泡沫的撕裂强度随着 DCP 用

量的增加而增大,但都不及未添加 DCP 时的泡沫,说明泡孔的存在削弱了泡沫的撕裂强度。泡沫的邵氏硬度也随着 DCP 用量的增加而增加,但都远不及未加入 DCP 的泡沫硬度。泡沫的发泡倍率随着 DCP 用量的增加而降低,DCP 用量为 0.5 份时发泡倍率达到最大,为 8.2。

2.3 ZnO 对 EPDM 泡沫性能与发泡倍率的影响

表 5 是以 ZnO 作变量的 EPDM 发泡配方,其中发泡温度保持 160℃ 不变,发泡成型压力保持 5 MPa 不变。表 6 是泡沫材料的性能参数。由表 6 可知,随着 ZnO 用量从 1 份增加到 5 份,EPDM 泡沫表观密度在 2 份 ZnO 时达到最小,之后有所上升,4~5 份 ZnO 时泡沫表观密度保持不变。ZnO 是一种碱性氧化物,作为发泡促进剂能有效降低 AC 发泡剂的分解温度,用于调节发泡速度与交联速度匹配。总体上看,ZnO 用量对泡沫力学性能影响不大。从影响泡沫发泡倍率看,ZnO 用量以 2 份为宜。

表 5 EPDM 发泡配方

EPDM	ZnO	AC	DCP	Hst	1010
100	1	6	0.5	1	0.1
100	2	6	0.5	1	0.1
100	3	6	0.5	1	0.1
100	4	6	0.5	1	0.1
100	5	6	0.5	1	0.1

表 6 ZnO 不同用量时 EPDM 泡沫性能

ZnO 用量	表观密度 / (g·cm ⁻³)	拉伸强度 / MPa	断裂伸长率 / %	撕裂强度 / (N·mm ⁻¹)	邵氏硬度	发泡倍率
1	0.146	0.43	445	3.06	5.0	7.4
2	0.128	0.46	442	3.43	3.9	8.2
3	0.139	0.42	434	3.46	4.2	7.8
4	0.141	0.47	438	3.52	3.7	7.6
5	0.141	0.48	440	3.56	4.0	7.5

2.4 发泡温度对 EPDM 泡沫性能与发泡倍率影响

发泡工艺对于泡沫材料的性能具有重要的影响。首先考察发泡温度的影响。发泡配方固定不变:EPDM 100 份,ZnO 2 份,DCP 0.5 份,AC 发泡剂 6 份,硬脂酸 1 份,抗氧剂 1010 0.1 份。发泡压力保持 5 MPa 不变,发泡时间保持 10 min 不变。表 7 是测得的 EPDM 泡沫性能参数。由表 7 看出,发泡温度为 150℃ 和 160℃ 时,泡沫表观密度基本不变,发泡温度为 170℃ 时泡沫表观密度达到最小,随后发泡温度上升到 180 和 190℃ 时,泡沫表观密度逐渐上升。随着温度的上升,发泡剂分解速度加快,在 170℃ 时发泡剂分解速度与交联速度匹配最好。温度再升高,发泡剂分解过快,而交联剂分解速度滞后,泡沫壁强度不足,气泡压力大,冲破泡沫壁,反而

使得泡沫表观密度升高。随着发泡温度的升高,泡沫的拉伸强度逐渐下降,然后趋于平缓。断裂伸长率逐渐下降。撕裂强度先下降,然后趋于平缓。邵氏硬度先下降然后有所上升,这与表观密度变化相反,表观密度下降了,硬度上升。发泡倍率在 170℃ 时达到了 8 以上。从表 7 看出,要得到较低表观密度的 EPDM 泡沫,发泡温度在 170℃ 时为最佳。

表 7 不同发泡温度时 EPDM 泡沫性能

发泡温度 / ℃	表观密度 / (g·cm ⁻³)	拉伸强度 / MPa	断裂伸长率 / %	撕裂强度 / (N·mm ⁻¹)	邵氏硬度	发泡倍率
150	0.139	0.53	496	4.25	4.7	7.6
160	0.139	0.42	434	3.46	4.2	7.7
170	0.124	0.40	410	3.50	3.7	8.2
180	0.145	0.40	392	3.52	4.5	7.5
190	0.158	-	-	-	5.0	7.0

2.5 发泡压力对 EPDM 泡沫性能与发泡倍率影响

发泡压力也是影响发泡成型的重要因素。发泡配方仍然固定不变:EPDM 100 份,ZnO 2 份,DCP 0.5 份,AC 发泡剂 6 份,硬脂酸 1 份,抗氧剂 1010 0.1 份。发泡温度保持 160℃ 不变,发泡时间保持 10 min 不变。考察发泡压力对于 EPDM 泡沫性能的影响,取 3 种发泡压力:0.5,5,10 MPa。压力为 0.5 MPa 是能够调节平板硫化机的最低压力。表 8 列出了泡沫材料的性能。随着发泡压力的升高,泡沫表观密度缓慢上升。因为发泡压力阻碍了气泡的生长,抑制其膨胀。由表 8 可知,泡沫的拉伸强度、断裂伸长率和邵氏硬度在发泡压力为 5 MPa 时略低,撕裂强度在发泡压力为 5 MPa 时略高。发泡压力为 0.5 MPa 和 5 MPa 时发泡倍率超过 8,压力为 10 MPa 时发泡倍率降低。

表 8 不同发泡压力时 EPDM 泡沫性能

发泡压力 / MPa	表观密度 / (g·cm ⁻³)	拉伸强度 / MPa	断裂伸长率 / %	撕裂强度 / (N·mm ⁻¹)	邵氏硬度	发泡倍率
0.5	0.136	0.45	488	3.14	4.3	8.3
5	0.139	0.42	434	3.46	4.2	8.2
10	0.144	0.46	445	3.26	4.4	7.9

2.6 发泡时间对 EPDM 泡沫性能与发泡倍率影响

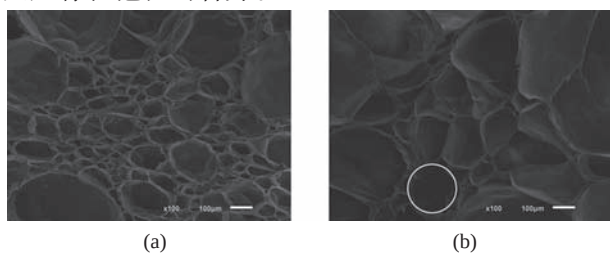
发泡时间影响泡沫的性能,所以有必要考察时间因素。发泡配方仍然为:EPDM 100 份,ZnO 3 份,DCP 0.5 份,AC 发泡剂 6 份,硬脂酸 1 份,抗氧剂 1010 0.1 份。发泡温度保持 160℃ 不变,发泡压力保持 5 MPa 不变。考察 5 种发泡时间(5,8,10,12,15 min)对 EPDM 泡沫性能的影响。测试结果见表 9。表 9 显示,随着发泡时间的延长,EPDM 泡沫的表观密度逐渐下降,发泡时间为 12 min 时,表观密度降低到 0.124 g/cm³,随后发泡时间为 15 min

时,表观密度有所上升,达到 0.131 g/cm^3 。发泡时间增加,发泡剂分解更加充分,产生更多的气体,降低了泡沫表观密度。但发泡时间过长,泡孔壁变得更薄,气体可能冲破泡壁,产生气泡合并,甚至气泡逃逸,这样泡沫表观密度反而增加。泡沫的拉伸强度、撕裂强度也有类似的变化趋势,原因在于泡孔削弱了泡沫的强度。断裂伸长率随着发泡时间增加而逐渐增大,在 12 min 时达到最大,随后在 15 min 时降低。随着发泡时间的增加,交联剂分解也更加充分,泡沫材料弹性和韧性提高。但发泡时间过长,产生泡孔合并及气体逃逸,泡沫弹性和韧性变差,断裂伸长率有所下降。而在发泡时间为 15 min 时泡沫硬度有所增加。而在 5~12 min 范围内,随着发泡时间延长,泡沫硬度逐渐下降。发泡倍率与泡沫表观密度成反比,在发泡时间为 12 min 时,发泡倍率达到最大 8.2。综合表 9 看出,合适的发泡时间为 12 min。

表 9 不同发泡时间时 EPDM 泡沫性能

发泡时间/min	表观密度/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	拉伸强度/ MPa	断裂伸长率/%	撕裂强度/ ($\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$)	邵氏硬度	发泡倍率
5	0.145	0.51	356	3.59	4.5	7.6
8	0.141	0.45	392	3.52	4.2	7.8
10	0.139	0.42	434	3.46	4.2	7.8
12	0.124	0.40	486	3.21	3.9	8.2
15	0.131	0.44	388	3.56	4.5	8.0

图 3 显示了发泡时间分别为 5 min 和 12 min 时 EPDM 泡沫的 SEM 照片。由图 3 可看出,发泡时间为 5 min 时,泡沫的泡孔大小分布不均,泡孔直径小至 $39 \mu\text{m}$,大至 $518 \mu\text{m}$,平均泡孔直径 $137 \mu\text{m}$,统计得泡孔离散系数为 0.67。发泡时间为 12 min 时对应的 EPDM 泡孔较均匀,泡孔直径小至 $88 \mu\text{m}$,大至 $382 \mu\text{m}$,平均泡孔直径 $210 \mu\text{m}$ 。统计得泡孔离散系数为 0.36,泡孔大小均匀度大于 5 min 发泡的泡沫。由图 3b 看出画圆圈处存在泡孔的合并。



a—5 min; b—12 min

图 3 发泡时间为 5 min 和 12 min 时 EPDM 泡沫的 SEM 照片

3 结论

研究了发泡剂用量、氧化锌用量、DCP 用量

以及发泡温度、发泡压力、发泡时间等工艺参数对 EPDM 泡沫力学性能等的影响。随着配方中 AC 发泡剂用量的增加,EPDM 泡沫的表观密度和力学性能逐渐下降。发泡剂用量超过 8 份以后,泡沫表观密度基本不变。随着 DCP 用量的增加,泡沫的拉伸强度逐渐增大。而断裂伸长率在 DCP 用量为 1 份时达到最大。而泡沫的撕裂强度随着 DCP 用量的增加而增大,但都不及未添加 DCP 的值。EPDM 泡沫的发泡倍率随着 DCP 用量的增加而降低,DCP 用量为 0.5 时发泡倍率达到最大,为 8.2。随着 ZnO 用量从 1 份增加到 5 份,EPDM 泡沫表观密度在 2 份 ZnO 时达到最小,之后有所上升,4~5 份时泡沫表观密度保持不变。ZnO 用量对泡沫力学性能影响不大。发泡温度为 150°C 和 160°C 时,泡沫表观密度基本不变,为 170°C 时泡沫表观密度达到最小,随后发泡温度上升到 180°C 和 190°C 时,泡沫表观密度逐渐上升。随着发泡温度的升高,泡沫的拉伸强度和断裂伸长率逐渐下降。撕裂强度先下降,然后趋于平缓。邵氏硬度先下降然后有所上升。随着发泡压力逐步升高,泡沫表观密度缓慢上升。泡沫的拉伸强度、断裂伸长率和邵氏硬度在发泡压力为 5 MPa 时较低,撕裂强度在发泡压力为 5 MPa 时较高。发泡压力为 0.5 MPa 和 5 MPa 时发泡倍率超过 8。随着发泡时间的延长,EPDM 泡沫的表观密度逐渐下降,发泡时间为 12 min 时表观密度降低到 0.124 g/cm^3 ,为 15 min 时,表观密度有所上升。泡沫的拉伸强度、撕裂强度也有类似的变化趋势。在发泡时间为 12 min 时,发泡倍率达到最大 8.2。扫描电镜观察表明,EPDM 泡沫多为闭孔结构。

综上,研究获得相对较优的发泡配方:EPDM 100 份,ZnO 2 份,DCP 0.5 份,AC 发泡剂 6 份,硬脂酸 1 份,抗氧剂 1010 0.1 份。发泡温度 170°C ,发泡压力保持 5 MPa,发泡时间 12 min。

参考文献

- [1] Liu Hao, Kang Yong. Superhydrophobic and superoleophilic modified EPDM foam rubber fabricated by a facile approach for oil/water separation[J]. Applied Surface Science, 2018, 451:223-231.
- [2] 王巧玲,季承远,于世长,等. 炭黑及硫化体系对三元乙丙橡胶发泡减震制品硬度与动静刚度比的影响[J]. 橡胶工业, 2018, 65(6):678-680.
- Wang Qiaoling, Ji Chengyuan, Yu Shichang, et al. Influence of carbon black and curing system on hardness and spring rate ratio of foamed EPDM damping product[J]. China Rubber Industry, 2018, 65:678-680.

- [3] 吴其晔, 阎业海, 张振华, 等. EPDM 发泡过程中硫化及发泡速度的匹配 [J]. 合成橡胶工业, 2000, 23(4):226-229.
Wu Qiye, Yan Yehai, Zhang Zhenhua, et al. Match of vulcanization rate and foaming rate in EPDM foaming process[J]. China Synthetic Rubber Industry, 2000, 23(4):226-229.
- [4] 牛杰, 段宏, 李俊源, 等. 配方因素对 EPDM 发泡材料性能的影响 [J]. 橡胶工业, 2005, 52(8):476-479.
Niu Jie, Duan Hong, Li Junyuan, et al. Influence of formula factors on properties of EPDM foamed materials[J]. China Rubber Industry, 2005, 52(8):476-479.
- [5] 张军, 许治昕. 发泡剂对 EPDM 海绵性能的影响 [J]. 橡胶工业, 2006, 53(11):658-662.
Zhang Jun, Xu Zhixin. Influence of blowing agent on properties of EPDM sponge[J]. China Rubber Industry, 2006, 53(11):658-662.
- [6] 赵志正. EPDM 发泡海绵制品 [J]. 世界橡胶工业, 2005, 32(10):27-30.
Zhao Zhizheng. EPDM foamed sponge products[J]. World Rubber Industry, 2005, 32(10):27-30.
- [7] Mahmoud S H, Khaled F E. Dye sorption characters of gamma irradiated foamed ethylene propylene diene monomer (EPDM) rubber / clay composites[J]. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 2013, 19:1 371-1 376.
- [8] Yamsaengsung W, Sombatsompop N. Effect of chemical blowing agent on cell structure and mechanical properties of EPDM foam, and peel strength and thermal conductivity of wood / NR composite-EPDM foam laminates[J]. Composites: Part B, 2009 (40):594-600.
- [9] 张秀斌, 徐志敏. EPDM / POE 共混胶硫化发泡特性的研究 [J]. 弹性体, 2016, 26(3):33-38.
Zhang Xiubin, Xu Zhimin. Vulcanizing and foaming characteristics of EPDM / POE blends[J]. China Elastomers, 2016, 26(3):33-38.
- [10] 应建行, 刘智峰, 贺登峰, 等. LLDPE / EPDM 共混物的超临界 CO₂ 微孔发泡研究 [J]. 材料导报 B: 研究篇, 2018, 32(2):616-620, 635.
Ying Jianxing, Liu Zhifeng, He Dengfeng, et al. Study on microcellular foaming of linear low-density polyethylene / ethylene-propylene-diene Monomer blends using supercritical carbon dioxide[J]. Materials Review B, 2018, 32(2):616-620, 635.
- [11] 王明, 李星. 超临界二氧化碳技术制备的聚丙烯 / 三元乙丙橡胶开孔发泡材料的吸油行为 [J]. 材料导报 B: 研究篇, 2018, 32(4):1 236-1 240.
Wang Ming, Li Xing. Oil-absorbing behavior of PP / EPDM rubber blend open-cell foams prepared using supercritical CO₂ technique[J]. Materials Review B, 2018, 32(4):1 236-1 240.
- [12] Kong W L, Bao J B, Wang J, et al. Preparation of open-cell polymer foams by CO₂ assisted foaming of polymer blends[J]. Polymer, 2016, 90:331-341.
- [13] Fang Y W, Bao J B, Yan H K, et al. Preparation of open-cell foams from polymer blends by supercritical CO₂ and their efficient oil-absorbing performance[J]. Aiche Journal, 2016, 62(12):4 182-4 185.
- [14] Plachy T, Kratina O, Sedlacik M. Porous magnetic materials based on EPDM rubber filled with carbonyl iron particles[J]. Composite Structures, 2018 (192):126-130.

塑机创新人才培养基地揭幕

9月12日,北京化工大学和中国塑料机械工业协会联合发起的中国塑机创新人才培养基地在北京揭幕。

中国塑料机械工业协会常务副会长栗东平介绍,北化大作为中国塑机创新人才的摇篮,在推动我国塑料机械行业科技进步和人才培养方面作出了突出贡献。为推动我国塑机行业的不断发展,北化大机电工程学院和中国塑料机械工业协会向国内塑料机械企业发出倡议:让今天校园里的莘莘塑机学子成长为明天企业的技术骨干,将行业的主流和创新设备放在北化大“中国塑机创新人才培养基地”,以产学研相结合的模式,为所有参与企业提供一个“永不落幕的展示和试验平台”。

北京化工大学副校长任新钢表示,双方共建面向“先进制造”领域的创新人才培养基地,围绕产业链、创新链开展工程人才培养模式创新,旨在通过高校与协会共同努力,实现学校与行业企业的优势互补、资源共享、互惠互利、共同发展,为行业发展提供强有力的智力支持和人才支撑。

倡议发出后,海天塑机集团有限公司、博创智能装备股份有限公司、广东伊之密精密机械股份有限公司、宁波海太工贸有限公司等19家企业积极响应,为基地提供了各种类型、不同规格的高端装备20余台。此外,泰瑞机器股份有限公司捐赠1000万元支持北化大教育事业的发展。

在此基础上,北化大和塑机协会共同创立中国塑机创新人才培养基地,希望通过专业人才培养模式的创新,为我国塑机行业持续不断地输送高素质的青年英才。(中塑在线)

博禄聚丙烯产能将扩至224万吨

阿布扎比国家石油公司(Adnoc)和奥地利北欧化工的合资企业博禄与Maire Tecnimont集团签署了在鲁韦斯第五家聚丙烯工厂工程、采购和建设合同。按照计划,新建的聚丙烯工厂将于2021年第三季度投产,届时博禄的聚丙烯年产能将增加25%,达到224万t。Adnoc表示,在鲁韦斯建立第五家聚丙烯工厂有助于把博禄聚合物生产能力提高11%,达到每年500万t的目标,这与Adnoc和北欧化工提高聚合物生产能力的增长雄心密切相关。(中塑在线)