

Effect of Process Parameters of Melt Blown Polypropylene Heat Insulation Materials on its Properties

Lei Shi^{1a}, Wei-min Kang^{1b}, Bo-wen Cheng^{2c}, Jing Yan^{1d}

¹School of textiles, Tianjin Polytechnic University, 300160, Tianjin, China

²School of material science and engineering, Tianjin Polytechnic University, 300160, Tianjin, China

Email: ^ashilei8543@163.com, ^bkweimin@126.com, ^cbowen63@126.com, ^d490218671@qq.com

Abstract: Superfine fiber nonwoven heat insulation materials were prepared by melt-blown technology with polypropylene in this paper. The web microstructure of melt-blown nonwovens was analyzed using SEM, and the properties of air permeability, compressive and heat insulation under different melt-blown process were discussed. The conclusion shows that melt-blown microfiber and three-dimensional network structure make it have excellent heat retention; the increase of the air compressor speed and DCD can promote porosity and bulkiness, so that the heat insulation properties are improved.

Keywords: Melt-blown nonwovens; Polypropylene; Warmth retention; Fiber network structure

熔喷聚丙烯保暖材料加工工艺参数对其性能的影响

石磊^{1a}, 康卫民^{1b}, 程博闻^{2c}, 闫静^{1d}

¹天津工业大学纺织学院, 天津, 中国, 300160

²天津工业大学材料科学与工程学院, 天津, 中国, 300160

Email: ^ashilei8543@163.com, ^bkweimin@126.com, ^cbowen63@126.com, ^d490218671@qq.com

摘要: 本文以聚丙烯切片为原料, 制备熔喷超细纤维非织造布保暖材料, 采用电子扫描显微镜分析了该熔喷非织造保暖材料的纤网形态结构, 并对其在不同熔喷加工工艺参数下的蓬松度、透气性能和保暖性能进行了测试。结果表明: 熔喷超细纤维及三维网状结构使得其具有极好的保暖性; 空压机转速和接收距离的增加提高了纤网的孔隙率和蓬松度, 从而使熔喷保暖絮片的保暖性增加。

关键词: 熔喷; 聚丙烯; 保暖材料; 纤网结构

1 引言

保暖材料在日常生产生活中起着非常重要的作用, 一直以来保暖材料的开发与应用受到广泛的关注。熔喷非织造布具有纤维超细, 比表面积大, 孔隙度高, 能够在非织造布中形成大量的微细空隙, 广泛应用于过滤材料^[1-4]。由于非织造材料加工的多样性, 可以按照非织造布的特定用途和需要来选择加工工艺。关于保暖材料的不同制备方法的研究已有很多报道^[5-8], 如喷胶棉, 太空棉, 仿丝棉等。但对熔喷加工工艺参数对保暖材料结构和性能的影响的探讨并不多见。

本文采用导热系数很小的聚丙烯作为原料, 生产了蓬松度较高的熔喷保暖絮片, 提高产品的保暖性, 重点讨论了空压机转速和接收距离对保暖性的影响。

资助信息: 科技部 863 项目 (2007AA03Z359)

2 实验

2.1 原料与设备

聚丙烯切片 (熔喷级), 南京博利菲尔塑胶有限公司; 熔喷非织造布生产线, 北京赛博美隆科技有限公司。

2.2 熔喷聚丙烯保暖材料的制备

将聚合物切片喂入到螺杆挤压机中, 经过加热、熔融和挤压, 使熔体从喷头的喷丝孔中挤出, 当受到喷丝孔两侧及熔体喷出方向呈一定角度的高压热气流的喷吹时, 熔体被拉伸, 形成超细长丝, 或被吹断成具有一定长度的微细纤维, 在受到外侧冷却空气的冷却固化作用后, 凝聚于滚筒式纤维接收器或循环式网帘上, 形成熔喷纤网^[9]。熔喷保暖絮片的生产工艺流程如图 1 所示。

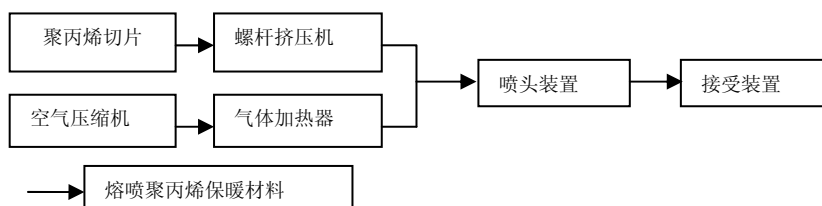


Figure 1. Process of melt-blown warmth material

图1 熔喷保暖材料工艺流程

2.3 性能测试

2.3.1 熔喷保暖材料扫描电镜观察

采用 FEI 公司生产的 QUANTA200 型电子扫描显微镜对非织造布形态结构进行观察。用图像处理软件 Image-ProPlus 测量纤维直径。

2.3.2 材料蓬松度的测试

按照标准 (FZ/T64003-93) 测量熔喷保暖絮片的蓬松度、压缩性能。

$$\text{蓬松度} \quad (\text{cm}^3 / \text{g}) = \frac{20 \times \frac{20 h_0}{10}}{W} \quad (1)$$

式中: h_0 -加压 0.1kPa 压缩下 30 秒时试样四角高度平均值; W-重量。

2.3.3 熔喷非织造布透气性能测试

按照标准 (GB/T5453-1997) 采用宁波纺织仪器厂的 YG461 型织物中压透气量仪对保暖材料的透气性进行测试。

2.3.4 保暖性能测试

按照标准 (GB11048-89) 采用日本大荣科学精器制作所的 A.S.T.M 保温性试验机对保暖材料的保暖性能进行测试。

2.3.5 熔喷保暖材料孔隙率的计算

孔隙率是指孔隙体积对总体积的比例, 采用公式 (2) 计算^[10]。

$$\eta = \left(1 - \frac{G}{\rho \cdot \delta}\right) \times 100\% \quad (2)$$

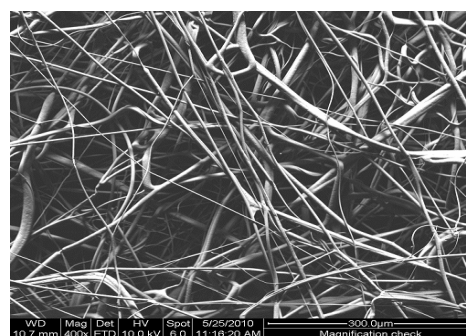
式中: G-单位面积质量 (g/m^2); ρ -原材料密度 (g/m^3); δ -厚度 (mm)。

3 结果与讨论

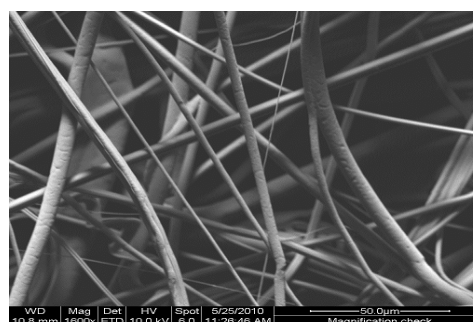
3.1 熔喷保暖材料形态结构分析

根据传热的原理, 保暖材料的有效导热系数决定于几个方面, 包括固体材料的导热系数和表面辐射特

性, 孔隙率和空隙的性质^[11]。图 2 为熔喷保暖材料的 SEM 电镜图。从图中可以看出熔喷非织造布纤网呈三维网状结构, 纤维排列紊乱, 纤网中的纤维相互缠结, 且以热粘合形式结合。纤维直径超细, 比表面大, 从而形成大量微细孔隙, 这种高孔隙率的结构使非织造布絮片内含有大量空气, 约在 90%以上。而空气的导热系数比一般纤维的导热系数要小得多, 经传导耗失的热量就小。另外熔喷保暖材料中无数超细纤维表面静止空气层中的纤维阻止了表面附近空气的流动, 起着隔热保暖作用。



×400



×1600

Figure 2. SEM×400, ×600 of melt-blown warmth materials

图2 熔喷保暖材料 400 倍、600 倍的 SEM 电镜图

3.2 空压机转速对熔喷聚丙烯保暖材料的性能的影响

空压机转速直接影响热气流速度,在一定范围内,空压机转速加大,产生的热气流速度、熔体的牵伸效率增加,纤维的直径减小、纤维的结晶度和取向度增大。但空压机转速过高使热气流速度超过某一极限值,

就会出现飞花现象,严重影响布面外观。在不同空压机转速的条件下生产的聚丙烯熔喷絮片的 SEM 图如图 3 所示。对应图 3,用图像处理软件 Image-ProPlus 测量的熔喷保暖材料的纤维直径如表 1 所示。

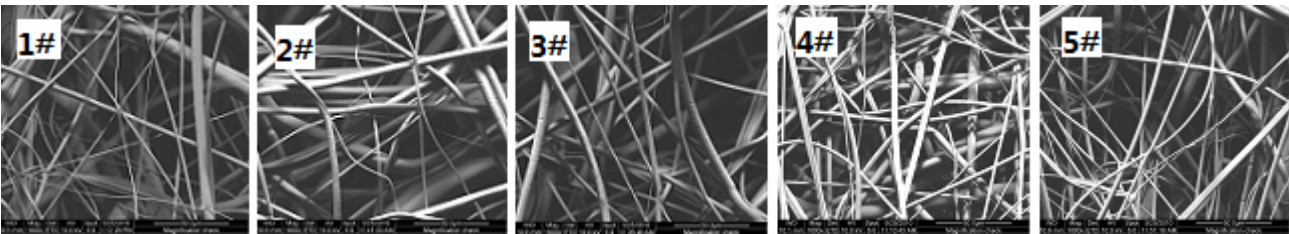


Figure 3. SEM $\times 1600$ of samples of different compressor speeds
图 3. 不同空压机转速絮片的 SEM $\times 1600$

Table 1. Fiber diameters of samples of different compressor speeds
表 1 不同空压机转速保暖材料的纤维直径

试样	1#	2#	3#	4#	5#
空压机转速 (Hz)	14.23	16.23	18.23	20.23	22.23
纤维直径(μm)	3.038	2.912	2.895	2.821	2.716

从图 3 和表 1 可知,随着空压机转速的增加,纤维直径逐渐减小。这主要是因为空压机转速增加,热气流速度也增加,气流与纤维间的速度差增加(虽然两者的速度都增加),结果施加在纤维上的拉伸力增加,在这种力的作用下,熔体被迅速牵伸,大分子会产生较高的取向,随着牵伸程度的增大,同一截面上的大分子数目会明显减少,因而形成的纤维变细。

根据公式(1)计算得出蓬松度的数据,根据公式(2)可以计算得出孔隙率的大小。图 4 给出了孔隙率、蓬松度和透气量随空压机转速变化的变化曲线。

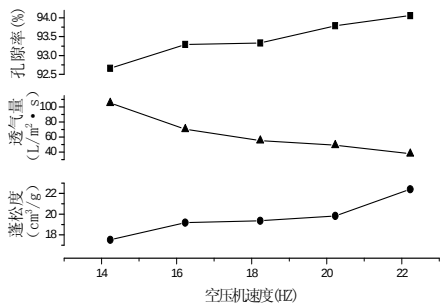


Figure 4. Air permeability and compressive properties of different compressor speeds

图 4 不同空压机转速下的孔隙率、蓬松度和透气性的变化

由图 4 可知,随着空压机转速增加,纤网孔隙率

增加,蓬松度增加,透气量下降。原因:当热气流速度增加时,纤维直径变细,重量变轻,运动的倾角变大,而且纤维所受的作用力也大,当纤维运动到某一位置时在气流所施加的轴向和切向力的共同作用下,容易发生较大的变形,进而纤维呈现折叠、屈曲状态,而且纤维之间的粘合程度下降,纤网的厚度增加,所以孔隙率增加,蓬松度也随着增加。同时,由于平均孔径减小,空气流动的阻力增加,透气量下降。

图 5 为空压机转速增加时,熔喷保暖材料的保暖性的变化曲线。

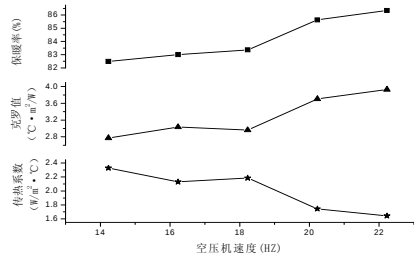


Figure 5. Warmth retention properties of different compressor speeds

图 5. 不同空压机转速下熔喷保暖材料的保暖性能

图 5 表明,随着空压机转速的增加,保暖材料的保暖性增加。这是因为:熔喷保暖材料主要是通过纤维本身及纤维与纤维间的空隙进行的,其中纤网内部的静态空气的含量对保暖率贡献最大。当空压机转速增加时,纤维直径变细,纤网的孔隙率增加,纤网中静止空气的数量增加,传热系数减小,而且纤网的厚度增加,热阻增加,所以纤网的保暖率增加。

3.3 接受距离 (DCD) 对熔喷保暖材料的性能的影响

本试验为了获得较好的蓬松度, 选择接收距离为 30~55cm, 纤维直径的测试数据如表 2 所示。

Table 2. Fiber diameters of samples of different DCD

表 2. 不同接收距离下的纤维的直径

DCD(cm)	30	35	40	45	50	55
平均直径 (μm)	2.716	2.747	2.712	2.725	2.714	2.707

从表 2 可以看出, 纤维直径无明显变化, 这与 Lee^[6]和 Randall^[12,13]等的研究结果相类似。因为熔体在挤出喷丝孔后在极短的距离内被高速高温空气迅速拉伸, 热气流速度一定时, 喷射的距离超过其临界值后, 纤维速度趋近气流速度, 热气流不再给纤维牵引力的作用, 纤维直径不再减小。可见与空压机转速不同, DCD 主要影响纤网的蓬松度、孔隙率和透气性如图 6 所示。

从图 6 可知, 蓬松度、孔隙率和透气性都随着接收距离的增加而增大。因为 DCD 越大, 纤维飞向成网帘的速率降低, 纤维冷凝越充分, 纤网的致密性变差, 蓬松度增加, 孔隙率增加, 透气量增加。图 7 为其它工艺参数不变接收距离增加时, 熔喷保暖絮片的保暖性的变化。

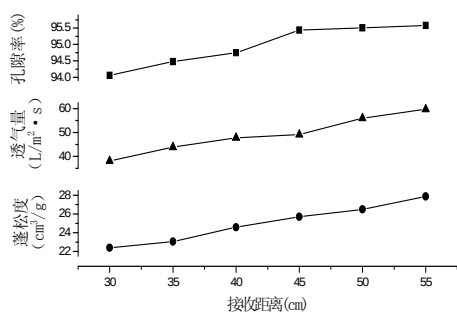


Figure 6. Air permeability and compressive properties of different DCD

图 6. 不同 DCD 下的蓬松度、孔隙率和透气性的变化

图 7 表明, 随着接收距离的增加, 熔喷保暖材料的保暖性增加, 这是因为, 接收距离增加时, 絮片的蓬松度增加, 孔隙率变大, 纤网中静止空气的数量增加, 传热系数减小, 而且纤网的厚度增加, 热阻增加, 纤网的保暖率增加。

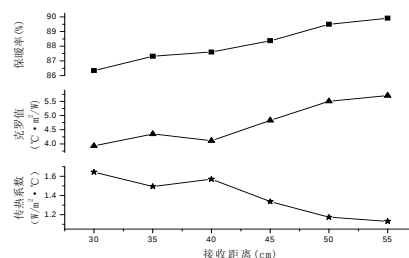


Figure 7. Warmth retention properties of different DCD

图 7 不同 DCD 对保暖性能的影响

4 结论

(1) 熔喷非织造布纤网呈三维网状结构, 纤维排列紊乱, 纤网中的纤维相互缠结, 以热粘合形式结合。纤维直径超细, 比表面大, 孔隙率高。

(2) 随着空压机速度的增加, 纤维直径减小, 纤网孔隙率增加, 蓬松度增加, 透气量下降, 纤网中静止空气的数量增加, 熔喷保暖材料的保暖性增加。

(3) 接收距离对保暖性的影响是主要通过纤网蓬松度改变而改变的, 随着接收距离的增加, 熔喷保暖材料的保暖性增加。

References (参考文献)

- [1] Lee Y., Wadsworth L.C. Structure and Filtration Properties of Melt-Blown Polypropylene Webs [J]. Polym.Eng.Sci.1990, 30(22): 1413-1419.
- [2] Peter Ping-yi Tsai. Characterization of Melt-Blown Web Properties Using Air Flow Technique [J]. International Nonwoven Journal, 1999, Fall: 36-41.
- [3] Weishi Liu. The Development and Application of Melt-Blown Nonwovens Technology [J]. Chemical Fiber & Textile Technology, 2007, 33. 刘伟时. 熔喷非织造布技术发展概况及应用[J]. 化纤与纺织技术, 2007, 33.
- [4] Chuangang Yuan, Yong Zhang. The Effect of Process Parameters of Melt blown polypropylene Filter Materials on its Properties [J]. Technical Textiles, 2008, 1:16-18. 袁传刚, 张勇. 熔喷法聚丙烯过滤材料加工工艺参数对其性能的影响[J]. 产业用纺织品, 2008, 1:16-18.
- [5] Hong Chen, Yi Zhang. Study Heat Retention of Polyester Jet Glue Padding [J]. Journal of Tianjin institute of textile science and technology. 2000, 19(14):62-64. 陈红, 张毅. 涤纶喷胶棉絮片保暖性能探讨[J]. 天津纺织工学院学报, 2000, 19(14): 62-64.
- [6] Jianchun Zhang, Sujuan Yue and Yumei Guo. Research and Development of a New Thermal Material--Down Felt and PTFE Film Lamination Fabric [J]. Melliand-China, 2002,(S1) 张建春, 邱素娟, 郭玉海. 羽绒絮毡及其与 PTFE 薄膜层压保暖新材料的研究与开发[J]. 国际纺织导报, 2002,(S1)
- [7] Qian Liu. Research on Thermal Insulation of Garment Fiber Fill[J]. Shanghai Textile Science & Technology, 2008, 16(32): 9-11. 刘茜. 服装絮填材料保暖性能的研究[J]. 上海纺织科技, 2008, 16(32): 9-11.
- [8] Chen Qian. The Research and Discussion of Warmth Retention

- Property of Nonwoven Wadding[J]. Technical Textiles, 1999(9):16-18
- 钱程. 非织造布絮片保暖性能的探讨[J]. 产业用纺织品, 1999(9): 16-18.
- [9] Bingchen Guo. Nonwovens [M]. China Textile & Apparel Press.2002.
- 郭秉臣. 非织造布学 [M]. 中国纺织出版社. 2002.
- [10] Rong Zhou, Hongdi Zhang and Yuezhuang Chao. Calculation Methods of Nonwovens Porosity [J]. Beijing Textile Journal, 2002, 3(23): 17-18
- 周蓉, 张洪弟, 晁岳状. 非织造布孔隙率计算方法探讨[J]. 北京纺织, 2002, 3(23): 17-18.
- [11] Xiangyu Jin. The Technology and Product Performance of Melt-blown Superfine Fibber [J]. Technical Textiles, 1988, (01)
- 靳向煜. 熔喷超细纤维非织造布工艺及产品性能探讨[J]. 产业用纺织品, 1988,(01)
- [12] Randall R Bresee, Wen-chien Ko. Fiber Formation during Melt blowing [J]. International Nonwoven Journal, 2003, Summer: 21-28.
- [13] Randall R Bresee. Fiber Motion Near the Collector during Melt Blowing [J]. International Nonwoven Journal, 2002, Summer: 27-34.