

BOPP 薄膜热封温度对其包装成型 光学性能的影响

贺 韧, 闫爱华, 方 鑫, 汤世祥, 黄正涛*
(湖北中烟工业有限责任公司, 湖北 武汉 430050)

摘要:双向拉伸聚丙烯(BOPP)薄膜热封温度对产品的质量、外观带来最直接的影响。目前 BOPP 薄膜的最佳热封温度范围为 135~160℃,通过对 BOPP 薄膜热封温度的控制,从薄膜的成分、表面形貌、透光率等方面展开了深入研究。结果表明,在热封温度为 155℃下的薄膜性能达到最优,其透光率达到 92.5%,薄膜表面形貌排列整齐;经过 3 个月的存放后,透光率仍能够达到 89.5%,仅降低 3.2%。

关键词:BOPP 薄膜;热封温度;透光率

中图分类号:TQ31

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2023)S2-0225-03

DOI:10.16606/j.cnki.issn0253-4320.2023.S2.044

Effects of heat-sealing temperature for BOPP film on its package molding and optical properties

HE Ren, YAN Ai-hua, FANG Xin, TANG Shi-xiang, HUANG Zheng-tao*
(China Tobacco Hubei Industrial Corporation Limited, Wuhan 430050, China)

Abstract:The temperature in heat-sealing BOPP film has direct impacts on the film's quality and appearance. Currently, the optimal heat-sealing temperature range for BOPP film is 135-160°C. Through controlling the heat-sealing temperature for BOPP film, an advanced study on the composition, surface topography and light transmittance of the film is performed. It is found that the film heat-sealed at 155°C shows the best performance with a light transmittance of 92.5% and a neatly arranged film surface topography. After being stored for three months, the light transmittance is still up to 89.5%, with a decrease of only 3.2%.

Key words:BOPP film; heat-sealing temperature; transmittance

双向拉伸聚丙烯(BOPP)薄膜是目前应用在产品包装上用量最大的薄膜,其主要应用于食品、医药、香烟、化妆品、礼品等硬盒的产品外包装^[1-3]。然而在产品生产的过程中由于不同设备烙铁烫封温度的差异化,会对薄膜的光学性能产生不良的影响^[4-6];BOPP 薄膜的光学性能是其产品外观的重要控制指标,其光学性能主要包括薄膜的透光率和薄膜的光泽度。薄膜的透光率主要体现在薄膜在可见光波段对光波的反射特性^[7-8],薄膜的光泽度体现在商品外包装抗划痕的特性^[9]。BOPP 薄膜的透光率和光泽度同样也会随着时间的推移而呈现递减的趋势,这主要是因为薄膜表面与外界环境相接触,环境中的温湿度会导致薄膜表面有机基团发生聚集,从而改变了薄膜表面的膜结构,使得薄膜的光学性能发生改变^[10-12]。笔者研究了烙铁的烫封温度和产品的存放时间对薄膜光学性能的影响。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

仪器和耗材如表 1 所示。

表 1 仪器与耗材

仪器与耗材	型号	生产厂家
同步热分析仪	STA-449-F5	德国耐驰
傅里叶红外光谱仪	PE Frontier	美国 PE
电子天平	FA2204C	上海越平科学技术有限公司
恒温鼓风干燥箱	DHG-9076A	上海精宏实验设备有限公司
紫外-可见光光谱仪	UV-2550	日本岛津
扫描电子显微镜	FE-JSM7100F	日本电子
BOPP 薄膜		海南赛诺实业有限公司
无水乙醇	分析纯	国药集团化学试剂有限公司

1.2 实验方法

1.2.1 BOPP 薄膜的成分分析步骤

将 BOPP 薄膜裁切成 20 mm×20 mm 的小块,利

收稿日期:2023-03-30;修回日期:2023-06-20

基金项目:科技项目(叶束式雪茄机械化包装装备研究与应用)基金(2022JSGY4SX2C055)

作者简介:贺韧(1974-),男,本科,工程师,研究方向为烟草工艺设备,631812522@qq.com;黄正涛(1995-),男,工学硕士,助理工程师,研究方向为高分子材料的合成与制备,通讯联系人,huang_ztao@163.com。

用傅里叶红外光谱对其结构进行分析,光谱扫描范围为 $4\ 000\sim 650\text{ cm}^{-1}$,分辨率为 8 cm^{-1} ;利用同步热分析仪(DSC)测定 BOPP 薄膜的耐热性,在空气气氛下升温速率为 $10^\circ\text{C}/\text{min}$,样品质量为 5 mg ,所有的数据均在恒温(25°C)、恒湿(60%)的条件下测得。

1.2.2 热封温度对透光率的影响测试

将 BOPP 薄膜置于烙铁工作台上进行烫封,热封的温度为 $130\sim 160^\circ\text{C}$,温度梯度为 5°C ;热封时间与包装机高速运行时的时间一致^[13-14],再将烫封后的薄膜裁切成 $20\text{ mm}\times 20\text{ mm}$ 的小块用于测定其可见光波段的透光率。

1.2.3 热封温度对薄膜表面形貌的影响测试

利用日本 JEOL 扫描电镜对热封后的薄膜表面形貌进行观察,扫描电压为 15 kV ,扫描电流为 $1.0\times 10^{-10}\text{ A}$ 。

1.2.4 产品存储时间对透光率的影响测试

将包装好的产品于恒温(25°C)、恒湿(60%)的环境下进行为期 3 个月的观测,探究存放时间与透光率下降的关系。

2 结果与分析

2.1 BOPP 薄膜的成分分析

BOPP 薄膜的傅里叶红外表征结果如图 1 所示。从图 1 中可以看出,在 $2\ 900$ 、 $1\ 500$ 、 $1\ 390\text{ cm}^{-1}$ 处出现 3 个较强的峰, $2\ 900\text{ cm}^{-1}$ 处的峰为 $-\text{CH}_3$ 的伸缩振动, $1\ 500$ 、 $1\ 390\text{ cm}^{-1}$ 为 $-\text{CH}_2$ 的特征吸收峰,从傅里叶红外光谱分析可知,BOPP 薄膜的成分是由 C、H 2 种元素组成的长链共聚物。

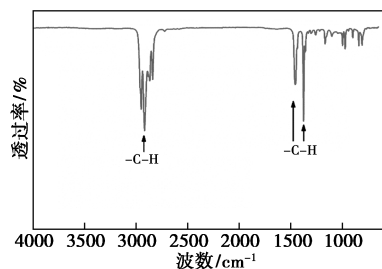


图 1 BOPP 薄膜傅里叶红外表征

为了进一步探究 BOPP 薄膜的成分及热稳定性,对其进行 TGA 分析,结果如图 2 所示,在空气气氛下,由室温(25°C)升高至 600°C ,升温速率为 $10^\circ\text{C}/\text{min}$ 。从图 2 中可以看出,薄膜在 200°C 以下时具有良好的热稳定性,当温度达到 245°C 时,薄膜有较小的失重,这是由于薄膜表面捕获的小分子逃

逸导致;当温度达到 385°C 时,由于 BOPP 薄膜的热分解,此时的失重率达到 97.44% ,这是由于薄膜只含有 C、H 2 种元素,受热分解生成气体逃逸。但是在 200°C 以下时,满足包装烫封需求的同时,薄膜仍具有较高的热稳定性。

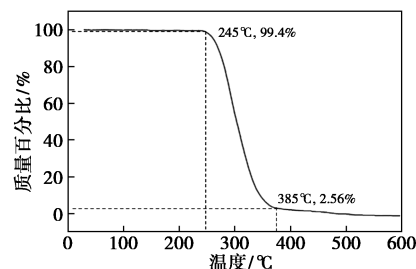
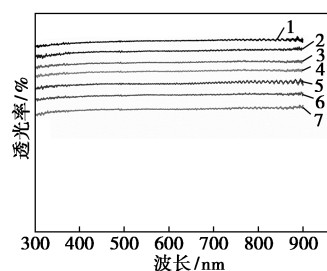


图 2 BOPP 薄膜热重分析(TGA)曲线

2.2 热封温度对透光率的影响

BOPP 薄膜的大多数性能都会随着温度的改变而改变^[15],其中受温度影响最大的是薄膜的透光率;而 BOPP 薄膜作为一种用途广泛的包装材料,薄膜的光学性能便是一个特别关注的指标,所以在产品包装的过程中对热封工艺的调节就变得十分关键。

可见光波段的烫封温度与透光率的关系如图 3 所示。从图 3 中可以看出,常温下的 BOPP 薄膜的透光率最高(94.1%),烫封温度为 155°C 下的透光率(92.5%)较其他温度下的透光率高。烫封温度为 135°C 下的透光率(87.5%)最低。



1—常温;2— 155°C ;3— 145°C ;4— 150°C ;5— 140°C ;
6— 160°C ;7— 135°C

图 3 不同烫封温度下 BOPP 薄膜的透光率

透光率随烫封温度的变化情况如图 4 所示。从图 4 中可以看出,随着热封温度的升高,BOPP 薄膜的透光率呈现逐渐上升的趋势,当温度达到 155°C 时,薄膜的透光率性能达到最优,其透光率为 92.5% ;当温度继续上升时,薄膜的透光率又随之下落。由此可以推断出,BOPP 薄膜的最佳烫封温度应控制在 155°C ,此时薄膜的光学性能最优。

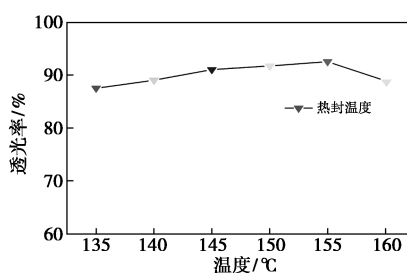
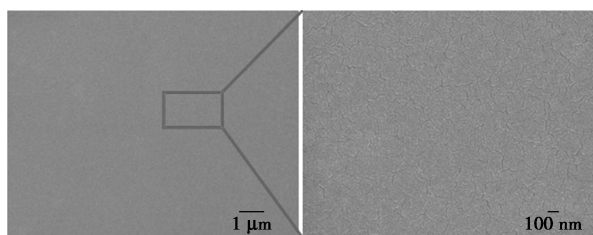


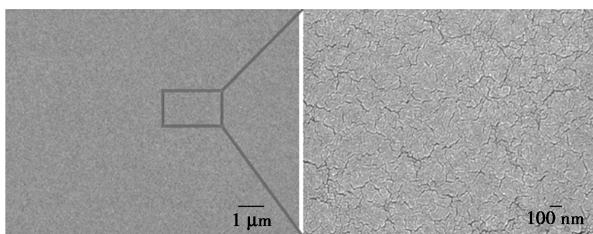
图4 BOPP 薄膜的透光率随烫封温度的变化情况

2.3 热封温度对薄膜表面形貌的影响

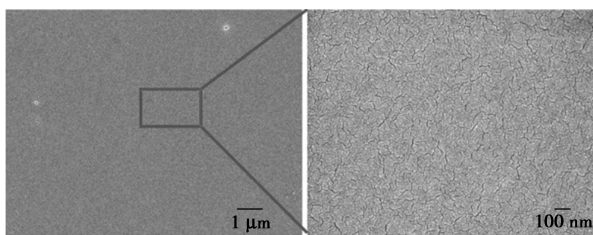
为了探究 BOPP 薄膜的表面形貌结构随热封温度的变化情况,通过场发射扫描电子显微镜(SEM, FE-SEM JSM 7500F)观察薄膜的微观形貌,如图5所示。从图5(a)中可以看出,常温下 BOPP 薄膜表面形貌较为均匀,通过局部放大图可以看出,薄膜的



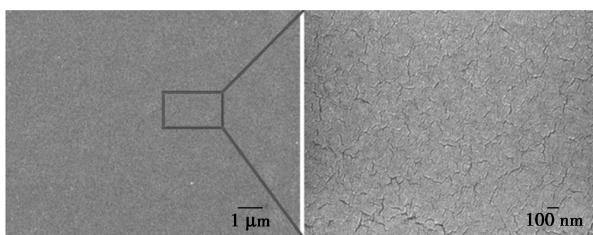
(a) 常温



(b) 145 °C



(c) 155 °C



(d) 160 °C

图5 不同热封温度条件下 BOPP 薄膜的表面形貌

表面呈现出沟壑,其沟壑的长度为几十到 100 nm 不等;从图5(b)中可以看出,与图5(a)相比,热封温度 145 °C 下的薄膜表面形貌的粗糙度明显增强,呈现出颗粒感,通过局部放大图可以看出,薄膜表面的沟壑变多且显现出块状结构,尺寸在 100 nm 左右;从图5(c)中可以看出,与图5(a)、图5(b)相比,在 1 μm 的尺度下,热封温度为 155 °C 下的表面粗糙度得到进一步增强,颗粒感更明显,通过局部放大图还可以进一步看出,沟壑尺寸和数量相对比图5(b)也显得更为紧凑,分布的更加均匀;从图5(d)中可以看出,与图5(a)、图5(b)、图5(c)相比,热封温度 160 °C 下的表面形貌粗糙度显得较为杂乱,颗粒感层次下降,薄膜表面相对不平整,通过局部放大图还能进一步看出,经过高温热封后,薄膜的块状结构变得杂乱,沟壑的宽度变宽,整体表面形貌发生了较大变化。

通过对比不同热封温度下的表面形貌结构不难发现,表面形貌结构与薄膜透光率呈现相对应的关系,在常温下, BOPP 薄膜透光率为 94.1%,此时表面形貌较为均匀,吸收的光强较少。但随着热封温度的上升,薄膜的表面粗糙度提升,沟壑、块状结构变得整齐,此时会导致有一部分光强被薄膜吸收,薄膜的透光率也会随着表面形貌的改变而改变,当热封温度达到 155 °C 时,薄膜整体表面形貌达到最优,透光率达到最大(92.5%);当热封温度继续上升时,薄膜的表面形貌又会随着温度的升高而变化,表面形貌变得相对杂乱,当光照到薄膜上时会因为杂乱的结构吸收掉部分光强,透过去的光强降低,导致透光率减小。

2.4 存储时间对透光率的影响

为评估热封后的 BOPP 薄膜对环境的适应性,选取热封温度为 155 °C 条件下的产品于室温 25 °C、湿度 60% 条件下进行了 3 个月的长期测试。BOPP 薄膜的透光率随时间的变化情况如图6所示。

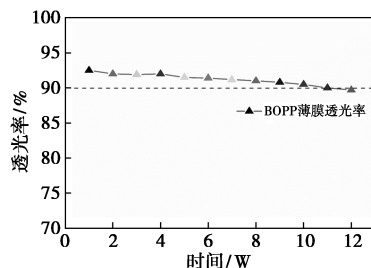


图6 热封温度为 155 °C 条件下 BOPP 薄膜的透光率随时间的变化情况

(下转第 232 页)

- [5] Chew T L, Ahmad A L, Bhatia S. Ordered mesoporous silica (OMS) as an adsorbent and membrane for separation of carbon dioxide (CO₂) [J]. *Advances in Colloid and Interface Science*, 2010, 153 (1/2): 43-57.
- [6] Ool Z L, Tan P Y, Tan L S, *et al.* Amine-based solvent for CO₂ absorption and its impact on carbon steel corrosion; A perspective review [J]. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 2020, 28(5): 1357-1367.
- [7] Choi S, Drese J, Jones C. Adsorbent materials for carbon dioxide capture from large anthropogenic point sources [J]. *ChemSusChem*, 2009, 2: 796-854.
- [8] 穆园园. 丙烯酸胺包覆丙烯酸酯合成 CO₂ 吸附材料与性能研究 [D]. 北京: 北京化工大学, 2019.
- [9] Creamer A E, Gao B, Wang S. Carbon dioxide capture using various metal oxyhydroxide-biochar composites [J]. *Chemical Engineering Journal*, 2016, 283: 826-832.
- [10] 徐晓亮, 赵兴祥, 孙林兵, 等. CO₂、CH₄ 和 N₂ 在不同硅铝比 β 沸石上的吸附分离性能 [J]. *化工进展*, 2009, 28(12): 2116-2121.
- [11] 朱晨明, 王保登, 张中正, 等. 金属-有机骨架复合材料的制备及其二氧化碳吸附性能 [J]. *化工进展*, 2016, 35(9): 2875-2884.
- [12] 杭咏平, 李金昊, 代钢, 等. 多孔固体吸附剂的 CO₂ 吸附性能研究 [J]. *应用化工*, 2020, 49(11): 2877-2881.
- [13] 胡小夫, 沈建永, 王桦, 等. 氨基修饰多孔固体吸附剂吸附 CO₂ 的研究进展 [J]. *华电技术*, 2020, 42(10): 36-40.
- [14] Maurin G, Lewellyn P L, Bell R G. Adsorption mechanism of carbon dioxide in faujasites; Grand canonical monte carlo simulations and microcalorimetry measurements [J]. *Journal of Physical Chemistry B*, 2005, 109, (33): 16084-16091.
- [15] Chen C, Kim S S, Cho W S, *et al.* Polyethylenimine-incorporated zeolite 13X with mesoporosity for post-combustion CO₂ capture [J]. *Applied Surface Science*, 2015, 332: 167-171.
- [16] Jadhav P D, Chatti R V, Biniwale R B, *et al.* Monoethanol amine modified zeolite 13X for CO₂ adsorption at different temperatures [J]. *Energy Fuels*, 2007, 21: 3555-3559.
- [17] Wang X, Chen L L, Guo Q J. Development of hybrid amine-functionalized MCM-41 sorbents for CO₂ capture [J]. *Chemical Engineering Journal*, 2015, 260: 573-581.
- [18] Wang Y S, Du T, Qiu Z Y, *et al.* CO₂ adsorption on polyethylenimine-modified ZSM-5 zeolite synthesized from rice husk ash [J]. *Materials Chemistry and Physics*, 2018, 207: 105-113.
- [19] Miles A S, Tan S, Christopher W J. Role of additives in composite PEI/Oxide CO₂ adsorbents; Enhancement in the amine efficiency of supported PEI by PEG in CO₂ capture from simulated ambient air [J]. *ACS Appl Mater Inter*, 2015, 7: 24748-24759.
- [20] Wang J T, Long D H, Zhou H H, *et al.* Surfactant promoted solid amine sorbents for CO₂ capture [J]. *Energy Environ Sci*, 2012, (5): 5742. ■

(上接第 227 页)

从图 6 中可以看出, 经过 11 周的存放后, 薄膜的透光率仍高于 90%, 随着时间的推移, 薄膜的透光率减小(从 92.5% 到 89.5%), 降低率为 3.2%。结果表明, 在热封温度为 155℃ 条件下的 BOPP 薄膜展现出了良好的透光特性。

3 结论

对 BOPP 薄膜的热封温度、透光率及其表面形貌结构进行了研究, 得出了以下结论: 随着热封温度的升高, 薄膜的透光率得到提升, 因为表面形貌由最初的均匀整齐慢慢变成以沟壑填充、成块分布的形貌特点; 当热封温度超过 155℃ 后, 薄膜的透光率降低, 因为此时的形貌分布杂乱, 吸收光强导致透光率减小; 在长期实效性方面, 热封温度为 155℃ 条件下的薄膜透光率的降低率低至 3.2%。因此, BOPP 薄膜的最佳热封温度为 155℃。

参考文献

- [1] 尹燕平. 双向拉伸塑料薄膜 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1999.
- [2] 陈广忠. BOPP 烟用薄膜的性能及应用 [J]. *塑料包装*, 2003, 13(3): 15-17.
- [3] 孔庆佳. 双向拉伸聚丙烯薄膜工业现状与前景 [J]. *江西化工*, 1998, (3): 4-8.
- [4] 涂志刚, 吴增青. BOPP 薄膜性能的时效性研究 [C]. 福州: 中国包装联合会塑料包装委员会第七届第一次年会暨塑料包装新技术研讨会, 2006: 65-71.
- [5] 涂志刚, 熊立贵, 陈利伟, 等. 添加剂对 BOPP 薄膜光学性能的影响 [J]. *包装工程*, 2020, 41(13): 139-144.
- [6] 姜巍. BOPP 光学膜专用料 PPH-FA03-S 的开发及应用 [J]. *齐鲁石油化工*, 2020, 48(1): 16-20.
- [7] 朱丽静. 溶胶-凝胶法制备 BOPP 基阻隔性包装复合薄膜及其性能研究 [D]. 杭州: 浙江理工大学, 2010.
- [8] 唐荣坡. 国产双向拉伸聚丙烯薄膜 (BOPP) 生产线开发成功的经验总结 [J]. *塑料包装*, 2003, 13(1): 6-8.
- [9] 夏晋威, 张龙, 董浩, 等. 透明 BOPP 薄膜耐磨性能与材料成分关系的实验方法 [J]. *仪器仪表学报*, 2012, 33(6): 1324-1330.
- [10] 陈岳. 外部环境对烟用 BOPP 薄膜物理性能检测的影响 [J]. *塑料工业*, 2011, 39(8): 2-3.
- [11] 储松潮, 常庆阳, 吴建章, 等. 耐高温 BOPP 电容薄膜的开发和应用 [J]. *电力电容器与无功补偿*, 2018, 39(1): 62-64.
- [12] 高新, 冯叶飞. BOPP 电容器薄膜市场现状与展望 [J]. *塑料包装*, 2015, 25(3): 6-8.
- [13] 王润霄. 热封型 BOPP 薄膜结构性能及其影响因素的研究 [D]. 无锡: 江南大学, 2008.
- [14] 黎勇, 霍云芳. 防粘连剂在 BOPP 薄膜中的应用技术 [J]. *塑料包装*, 2006, 16(2): 38-41.
- [15] 严国锋. BOPP 高透明膜的关键技术性能研究 [D]. 无锡: 江南大学, 2009. ■