

Effect of Hardness of Polypropylene Layer on Friction Coefficient Stability of Soft-pack Aluminum-plastic Film

Ting Zhu

Shanghai Enju New Material Technology Co., Ltd., Shanghai, 200120, China

Abstract

Aluminum-plastic films containing different hot-sealed polypropylene layers were prepared through multi-layer co-extrusion and film-coating processes. A fixed proportion of slip agents was added to the hot-sealed polypropylene layer to ensure the prepared aluminum-plastic films possess excellent formability and processability. The hardness of the hot-sealed polypropylene layer was tested using a nanoindentation instrument, while the friction coefficient of the surface of the hot-sealed polypropylene layer was measured with a friction coefficient tester to investigate the impact of hardness on initial friction coefficient. Simultaneously, the prepared aluminum-plastic film rolls were stored in four different temperature test chambers at -5°C, 25°C, 40°C, and 60°C. The friction coefficient of the surface of the hot-sealed polypropylene layer after storage was tested using a friction coefficient tester to examine the effect of hardness on friction coefficient stability. The results indicate that the higher the hardness of the hot-sealed polypropylene layer, the lower the initial friction coefficient, and the better the stability of the friction coefficient.

Keywords

Heat-sealed polyethylene; Slip agent; Friction coefficient; Hardness

软包铝塑膜热封聚丙烯层的硬度对摩擦系数稳定性的影响研究

朱婷

上海恩捷新材料研究有限公司, 中国·上海 200120

摘要

通过多层共挤淋膜工艺制备含有不同热封聚丙烯层的铝塑膜, 热封聚丙烯层中添加固定比例的爽滑剂, 以保证所制备得的铝塑膜具有良好的成型能力与加工性。利用纳米压痕仪测试铝塑膜的热封聚丙烯层的硬度, 利用摩擦系数仪测试铝塑膜热封聚丙烯层表面的摩擦系数, 以考察硬度对初始摩擦系数的影响。同时将所制备得的铝塑膜卷样置于-5°C、25°C、40°C、60°C四个不同温度试验箱中保管, 利用摩擦系数仪测试保管后的铝塑膜热封聚丙烯层表面的摩擦系数, 考察硬度对摩擦系数稳定性的影响。结果表明, 热封聚丙烯层的硬度越高, 初始摩擦系数越低, 摩擦系数的稳定性越好。

关键词

热封聚乙烯; 爽滑剂; 摩擦系数; 硬度

1 引言

铝塑膜是软包锂离子电池的主要外包装材料, 由中间金属层, 通常为铝箔或钢箔的一侧通过胶粘剂复合尼龙膜与聚对苯二甲酸酯类膜, 另一侧与改性聚丙烯层、热封聚丙烯层复合。为了提高铝塑膜的成型深度与电池生产效率, 在铝塑膜的内外层上均设置爽滑剂层, 以起到润滑作用, 降低表面摩擦系数^[1]。铝塑膜内层爽滑剂添加在热封聚丙烯层中, 添加方式通常是将爽滑剂与聚丙烯共混、熔融、挤出、造粒, 再与热封聚丙烯层主体树脂以特定比例共混, 最后与改性聚

丙烯层多层共挤、流延到中间金属层上成膜。

目前, 为了改善聚丙烯薄膜的高摩擦性能的缺陷, 使用较多的爽滑剂为酰胺类爽滑剂^[2-5]。其中, 芥酸酰胺具有较高的熔点, 良好的热稳定性和抗氧化能力强, 分子结构中含有长不饱和碳链和胺基, 能赋予聚丙烯表面优异的极性作用和润滑性能^[6]。因此, 本文以芥酸酰胺添加到铝塑膜热封聚丙烯层中开展研究。芥酸酰胺与热封聚丙烯的相容性有限, 易从内部迁移至薄膜表面, 也易从表面回迁至薄膜内部, 从而导致铝塑膜表面的摩擦系数出现异动^[7-8]。这种迁移行为取决于芥酸酰胺的添加量, 热封聚丙烯的理化性能, 以及外界储存温度、时长等^[9]。本文利用纳米压痕仪测定铝塑膜热封聚丙烯层的理化性能参数——硬度, 并对具有不同硬度的热封聚丙烯层的摩擦系数受温度的影响进行研究, 以作为

【作者简介】朱婷(1990—), 女, 中国江苏靖江人, 硕士, 工程师, 从事材料化学与工程研究。

铝塑膜热封聚丙烯种类选型的参考依据。

2 实验部分

2.1 原料及设备

PP 1# (三元无规共聚聚丙烯, 28MFR=5g/10min)、PP 2# (三元无规共聚聚丙烯, 50MFR=7g/10min)、PP 3# (三元无规共聚聚丙烯, 39MFR=10g/10min)、爽滑剂 (含有 12% 重量比的芥酸酰胺的三元无规聚丙烯母粒)、马来酸酐接枝改性聚丙烯 (MFR=5g/10min)、挤出淋膜设备、摩擦系数仪 (兰光 MXD-02)、纳米压痕仪 (布鲁克)、环境试验箱 (ESPEC)。

2.2 材料准备

铝塑膜外层的制备: 铝箔的厚度为 40 微米, 尼龙的厚度为 15 微米, 聚对苯二甲酸乙二酯的厚度为 12 微米。将铝箔的暗面与亮面经过钝化处理, 然后暗面通过涂布聚氨酯的胶粘剂与尼龙以及聚对苯二甲酸乙二酯进行干式复合。

挤出淋膜: 分别将 PP 1#、PP 2#、PP 3# 与爽滑剂按照重量为 99:1 共混, 按照淋膜顺序加入料筒, 另一个料筒中固定加入马来酸酐接枝改性聚丙烯, 通过熔融挤出机的两个挤出模头采用两层共挤, 流延在上述铝塑膜的亮面, 冷却成膜。马来酸酐接枝改性聚丙烯与铝箔直接接触, PP 1#、PP 2#、PP 3# 会分别形成铝塑膜的热封聚丙烯层, 分别制备成

成品铝塑膜 1#、铝塑膜 2#、铝塑膜 3#。

2.3 性能测试

铝塑膜摩擦系数测试: 将样品按模具裁切出上片 (TD=63mm, MD=103mm), 与下片 (TD=100mm, MD=200mm), 样品保持平整, 下片固定, 上片固定在滑块上, 按照拉伸速度为 100mm/min, 测定行程为 100mm, 拖动滑块, 使铝塑膜的热封聚丙烯层与热封聚丙烯层相互摩擦, 读取内层摩擦系数数值, 将铝塑膜的外层 PET 与外层 PET 相互摩擦, 读取外层摩擦系数数值。

纳米压痕硬度测试: 将铝塑膜放置与载台上, 热封聚丙烯层朝上, 采用正三角锥型 Berkovich 压头, 使用连续刚度法 CSM 对表面进行测试, 施加载荷为 10mN, 振动频率 220HZ, 振幅 2nm, 共加载 40s, 以获取最大压入深度与纳米压痕硬度。

3 实验结果

3.1 热封聚丙烯层的纳米压痕硬度测量

首先, 分别对铝塑膜 1#、铝塑膜 2#、铝塑膜 3# 的热封聚丙烯层的纳米压痕硬度进行测定, 其中, 硬度 - 深度曲线如图 1 所示, 测试结果如表 1 所示。从测试结果得出, 所制备的三种铝塑膜的热封聚丙烯层的硬度大小为: PP 2# > PP 3# > PP 1#。

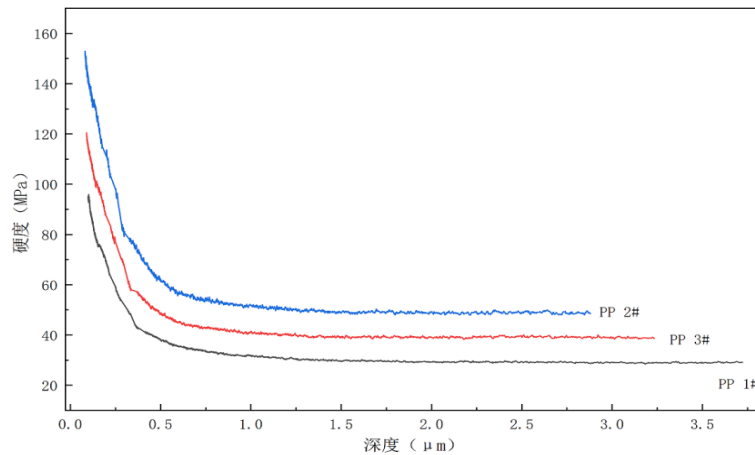


图 1 热封聚丙烯层的硬度 - 深度曲线

表 1 热封聚丙烯层的最大压入深度与硬度测试结果

铝塑膜	热封聚丙烯	PP 类型	MFR (g/10min)	最大压入深度 μm	硬度 MPa
铝塑膜 1#	PP 1#	三元系	5	3.78	28
铝塑膜 2#	PP 2#	三元系	7	2.88	50
铝塑膜 3#	PP 3#	三元系	10	3.25	39

3.2 热封聚丙烯层的硬度对初始摩擦系数的影响

图 2 是热封聚丙烯层的硬度对铝塑膜内层的初始摩擦系数的影响。根据纳米压痕仪对热封聚丙烯层硬度的测试结果, 如图 1 与表 1 所示, 已知硬度的大小为: PP 2# > PP 3# > PP 1#, 根据摩擦系数的测定结果, 可以得出, 在添加

爽滑剂的种类与含量相同的情况下, PP 的硬度越高, 其表面的初始摩擦系数越小。一般来说, 作为铝塑膜的热封聚丙烯层, 规定摩擦系数 < 0.3, 即能满足成型与工艺的需求。因此, 铝塑膜内层所选定的 PP 的硬度范围较宽, 硬度 < 50 均可。

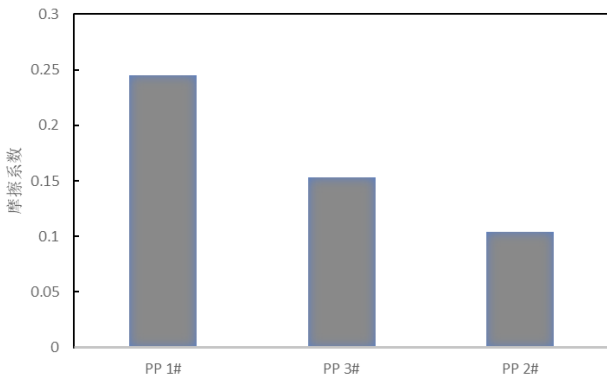


图 2 热封聚丙烯层的硬度对初始摩擦系数的影响

3.3 热封聚丙烯层的硬度对摩擦系数稳定性的影响

本文重点考察热封聚丙烯层的硬度对铝塑膜内层摩擦系数的稳定性的影响。将所制备得到的三种铝塑膜，铝塑膜 1#、铝塑膜 2#、铝塑膜 3# 的卷样分别存放在 -5℃、25℃、40℃、60℃ 四个温度环境箱内，存放时间为 60d (天)。存

放期间，在第 1d、3d、7d、14d、30d，含第 60d，将样品从环境箱中取出进行摩擦系数测定，测定结果分别如图 3、图 4、图 5 所示，图中 0d 的摩擦系数即初始摩擦系数。从图 3 得出，铝塑膜 1# 的热封聚丙烯层的硬度较低，为 28MPa，其内层表面的摩擦系数的稳定性较差。在 25℃ 的环境温度保管 14d 后，摩擦系数 > 0.3。在超过 40℃ 的环境温度保管 60d 后，摩擦系数异常增高至 0.7 以上。该现象于铝塑膜的运输、保管、成型、电池制造等环节非常不利。

从图 4 得出，铝塑膜 3# 的热封聚丙烯层的硬度比铝塑膜 1# 略高，为 39MPa，其内层表面的摩擦系数的稳定性相对于铝塑膜 1# 略高。在 25℃ 的环境温度保管 60d 后，摩擦系数 ≈ 0.3。在超过 40℃ 的环境温度保管 60d 后，摩擦系数在 0.4-0.5 范围内，该数值明显低于铝塑膜 1# 样品。

从图 5 得出，铝塑膜 2# 的热封聚丙烯层的硬度在三种铝塑膜中处于最高水平，达到 50MPa。其内层表面的摩擦系数的稳定性在三种铝塑膜中表现最佳。在 60℃ 的环境温度保管 60d 后，摩擦系数刚达临界值 0.3。

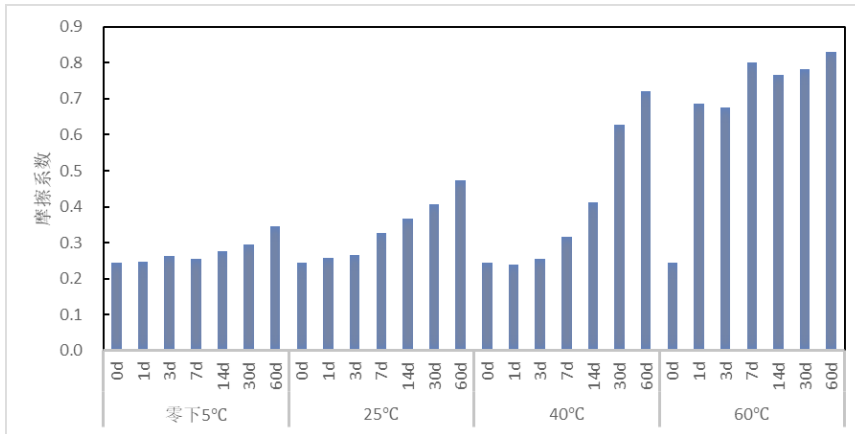


图 3 铝塑膜 1# 热封聚丙烯层的摩擦系数随温度、时间的影响

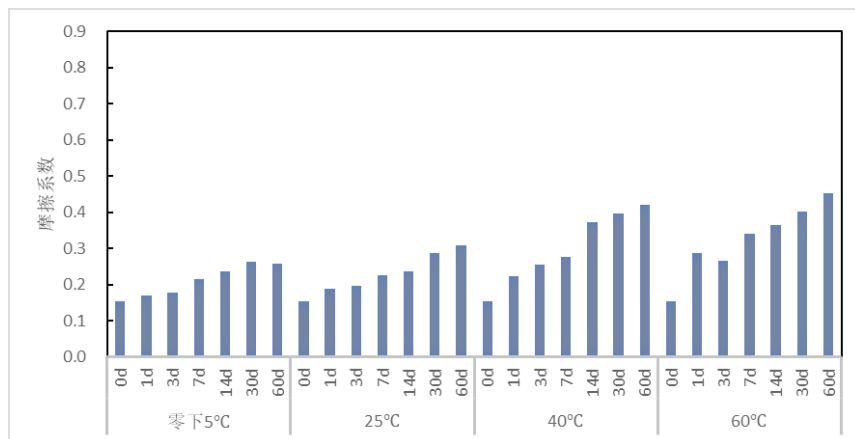


图 4 铝塑膜 3# 热封聚丙烯层的摩擦系数随温度、时间的影响

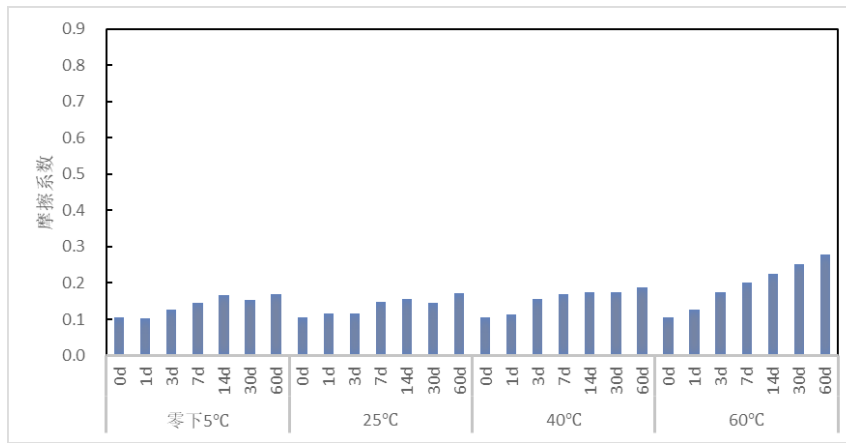


图5 铝塑膜2# 热封聚丙烯层的摩擦系数随温度、时间的影响

4 结语

经研究，铝塑膜内层的热封聚丙烯层的摩擦系数与PP的硬度具有相关性，在保证添加爽滑剂的种类与含量一致的前提下，PP的硬度越高，能获得较低的摩擦系数。同时，当PP的硬度在28-50MPa范围内，均能获得低于0.3水平的摩擦系数。在经过-5°C、25°C、40°C、60°C的环境温度的保管后，对铝塑膜内层的摩擦系数的演变趋势进行测定，得出，当PP的硬度越高，其表面的摩擦系数随环境温度的提高，更容易保持稳定；相反，但给PP的硬度越低，其表面的摩擦系数随环境温度的提高，稳定性较差。

参考文献

- [1] 聂海平, 吴剑, 吴国岚. 爽滑剂和纺粘开口剂在塑料薄膜中的应用[J]. 塑料助剂, 2017 (3): 19-22.
- [2] ZILLES J U. Anti-Block Additives[J]. Food Hydrocolloids, 2014,23(9):1-11.
- [3] 任晓兵. 开口爽滑剂在低密度聚乙烯薄膜中的应用[J]. 当代化工, 2017, 46 (1): 173-176.
- [4] 赵世亮, 高盟新材. 爽滑剂对复合制品表面摩擦因数的影响[J], 广东包装, 2012, 45 (12): 49-51.
- [5] ZILLESJU. Anti-Block Additives[J]. Food Hydrocolloids, 2014,23(9):1-11.
- [6] LUYIMA A, CUI W, HECKMAN C, et al. Examination of copper electro-winning smoothing agents. Part IV: Nucleation and growth of copper on stainless steel[J]. Minerals Metallurgical Processing, 2016,33(1):39-46.
- [7] CHEN J C, LI J S, HU T, et al. Fundamental study of erucamide used as a slip agent [J], Journal of Vacuum Science & Technology A, 2007,25(4):886-892.
- [8] DULAL N, SHANKS R, GENGENBACH T, et al. Slip-additive migration, surface morphology, and performance on injection moulded high-density polyethylene closures[J]. Journal of Colloid and Interface Sciences, 2017, 507:537-545.
- [9] DULAL N, SHANKS R, GENGENBACH T, et al. Migration and performance of erucamide slip additive in high density polyethylene bottle caps[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2018, 135 (43): 46822.