

# 新型聚乙烯防滑包装材料的制备及其性能研究

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2017.06.005

郝喜海 史堡匀  
肖颖喆

湖南工业大学  
包装与材料工程学院  
湖南 株洲 412007

**摘要:**以聚乙烯包装薄膜为基材、乙烯-醋酸乙烯酯(EVA)热熔胶为防滑涂层,经热喷涂和后期热处理,制备得到EVA喷涂PE防滑包装材料(E-S-PE)与热处理后EVA喷涂PE防滑包装材料(HE-S-PE)。通过扫描电镜、摩擦因数/剥离实验仪、智能电子拉力试验机进行表征,研究了喷涂定量和后续热处理工艺对材料防滑性能、黏结强度和力学性能的影响,并确定其最优喷涂定量。结果表明:E-S-PE与HE-S-PE的摩擦因数均随EVA喷涂定量的增加先增大后稳定,喷涂定量分别为 $40\text{ g/m}^2$ 和 $70\text{ g/m}^2$ 时,其摩擦因数较大,但其力学性能均随喷涂定量增大而整体下降,且HE-S-PE的力学性能较E-S-PE的下降更明显。因此,确定该防滑材料EVA的最优喷涂定量为 $40\text{ g/m}^2$ 。

**关键词:**聚乙烯;防滑包装材料;乙烯-醋酸乙烯酯热熔胶

**中图分类号:** TQ325.1

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1674-7100(2017)06-0032-07

## 0 引言

聚乙烯(polyethylene, PE)软包装材料具有高韧性、无毒性和耐低温性等特点,现已广泛应用于运输包装领域,例如:化工原料和分子颗粒包装袋及棉花运输包装袋等。但是PE包装材料表面摩擦因数较低,在货物运输过程中经常出现货物堆垛不稳定、运输效率不高以及在装车卸车过程中货物滑落砸伤压伤装载人员等安全问题。目前国内外的防滑材料主要以高分子涂料和发泡材料为主,前者已广泛应用于工厂地面、路面以及航海舰艇夹板的防滑<sup>[1-3]</sup>,而后者主要应用于生活用品领域,例如作为鞋底的防滑发泡材料<sup>[4-6]</sup>。而对于防滑运输包装材料的研究与应用较少,因此制备并研究一种新型PE防滑包装材料具有重要意义。

乙烯-醋酸乙烯酯(ethylene-vinyl acetate, EVA)是一种透明、无味、无毒的热塑性塑料<sup>[7-9]</sup>,

具有高极性、高耐候性、高表面摩擦因数、耐变色性以及优良的机械性能等特点,且由于其成本低廉、绿色环保、加工性能优越的优点,已被广泛应用于多个领域<sup>[10]</sup>。EVA树脂的性能和应用取决于不同比例的醋酸乙烯酯(vinyl acetate, VA)<sup>[11]</sup>,例如:VA质量分数为15%~20%的EVA发泡材料,具有密度小、防滑系数高以及弹性强等优点<sup>[12-13]</sup>;由VA质量分数为20%~45%的EVA树脂、增黏树脂、蜡、抗氧剂和填料混炼而成的EVA热熔胶<sup>[14]</sup>,具有黏结性能良好、易加工、耐低温等优点<sup>[15]</sup>。研究发现,高温处理后的EVA热熔胶表面摩擦因数较高,可通过特殊加工工艺将其作为一种新型防滑涂层,应用于塑料运输包装领域<sup>[16]</sup>。

本研究以包覆棉花用的PE包装膜为基底材料,EVA热熔胶为防滑涂层,通过热喷涂的加工方式,将两者进行复合,再经后期热处理二次粘结,制备得到新型PE防滑包装材料,并通过扫描电镜、摩擦因

收稿日期:2017-09-28

作者简介:郝喜海(1962-),男,吉林东丰人,湖南工业大学教授,博士生导师,主要从事生态型功能包装材料和通用包装技术研究, E-mail: 562808345@qq.com

数 / 剥离实验仪、智能电子拉力试验机进行表征, 研究材料的防滑机理、热处理对材料摩擦因数和复合强度的影响以及不同喷涂量对材料防滑效果的影响。

## 1 实验

### 1.1 主要原料和仪器

#### 1) 原料

EVA 热熔胶: 杭州邦林公司生产;

PE 包装薄膜: 新疆御丰包装有限公司生产。

#### 2) 仪器

热熔胶机: JTN106AS 型, 福建精泰设备制造有限公司生产;

电热管: 2 kW 1.2 m 直管型, 江苏兴达不锈钢电热制造有限公司生产;

摩擦因数 / 剥离实验仪: FPT-F1 型, 济南兰光机电技术有限公司生产;

扫描电镜 (scanning electron microscope, SEM): Phenom G2 Pro 型, 荷兰 Phenom-World BV 公司生产;

智能电子拉力试验机: XLW(L)-PC 型, 济南赛成电子科技有限公司生产。

### 1.2 新型 PE 防滑材料的制备

将 PE 基底材料切割成 150 mm × 1 500 mm 的矩形试样, 用去离子水冲洗表面去除灰尘, 放置于通风处自然风干。

称取 3 kg EVA 热熔胶, 倒入热熔胶机胶槽, 设定胶槽、胶管及喷嘴温度; 待胶槽内 EVA 热熔胶完全熔融, 将 PE 基底材料固定于喷嘴下方传送带上, 调节喷嘴压力恒定以保证喷涂均匀, 调节喷胶频率并同时打开喷胶与传送带开关; PE 基底材料匀速经过喷嘴进行喷胶处理, 得到 EVA 喷涂 PE 防滑包装材料, 记为 E-S-PE (EVA spraying PE)。喷涂工艺参数见表 1。

表 1 喷涂工艺参数

Table 1 Spraying process parameters

样品编号	喷涂压力 /MPa	喷涂频率 /Hz	定量 /(g·m <sup>-2</sup> )
1	200	2	10
2	200	5	20
3	200	7	40
4	200	10	70
5	200	15	90
6	200	20	110
7	200	25	130
8	200	30	150

基底试样经喷涂处理后完全冷却, 将电热管平行固定于传送带上方 150 mm 处, 并将 E-S-PE 试样固定于传送带上; 待电热管达到恒定功率后, 启动传送带, 使得 E-S-PE 试样匀速经过电热管下方, 试样表面均匀受热, 其表面的热熔胶二次熔融; 待试样完全脱离热源后采用冷风处理快速降温, 得到经热处理的 EVA 喷涂 PE 防滑包装材料, 记为 HE-S-PE (heat treatment EVA spraying PE)。

### 1.3 新型 PE 防滑材料的表征

1) 采用摩擦因数 / 剥离实验仪分别测定空白 PE、E-S-PE 与 HE-S-PE 之间的摩擦因数, 并分别将空白 PE 之间的摩擦因数记为空白摩擦因数; 空白 PE 与 E-S-PE/HE-S-PE 之间的摩擦因数记为单面摩擦因数; 将等喷涂定量 E-S-PE 之间的摩擦因数与 HE-S-PE 之间的摩擦因数记为双面摩擦因数。试样尺寸为 75 mm × 200 mm、63 mm × 63 mm, 经多次测量所得数据取均值作为结果。空白、单面及双面摩擦因数定义如图 1 所示。

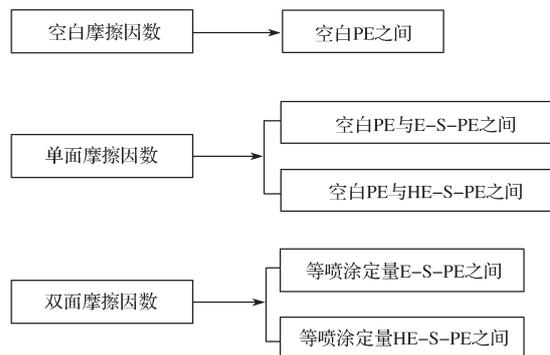


图 1 空白、单面及双面摩擦因数定义图

Fig. 1 Definition of blank, single and double friction coefficient

2) 采用扫描电镜分析热处理前后防滑材料断面结构。通过液氮冷冻淬断法制备 E-S-PE 与 HE-S-PE 断面试样, 将其放大 5 000 倍观察;

3) 采用万能试验机分析 E-S-PE 与 HE-S-PE 的力学性能。试样长度 50 mm, 宽度 5 mm, 拉伸速率 50 mm/min;

4) 根据百格测试法<sup>[17]</sup>原理, 设计划格法实验, 分析表面热熔胶涂层与 PE 基底材料的黏结强度。测试方法如下: 随机在选取试样上的 5 个区域, 用刀片划取间距为 10 mm 的 10 mm × 10 mm 网格, 刀片划痕应切割至 PE 基底材料表面, 然后采用 3M600 型胶带粘附于网格区域 (胶带停留不得超过 2 min) 并

以 60° 角快速撕下, 观察并统计 5 个区域胶层脱落情况, 对比黏结强度等级标准 (见表 2), 得到胶层黏结强度等级。

表 2 黏结强度等级标准

现象	ASTM 等级
无剥落	5B
剥落面积为 (0, 5%]	4B
剥落面积为 (5%, 15%]	3B
剥落面积为 (15%, 35%]	2B
剥落面积为 (35%, 65%]	1B
剥落面积为 (65%, 100%]	0B

## 2 结果与讨论

### 2.1 新型防滑材料表面宏观形貌

观察空白 PE、E-S-PE 和 HE-S-PE 的表面宏观形貌如图 2~3 所示。图 2a 和 3a 为空白 PE 试样表面宏观形貌, 由图可知该材料表面较为平整、均匀并具有一定光泽。图 2b~e 和图 3b~e 分别是喷涂定量为 10, 40, 90, 130 g/m<sup>2</sup> 的 E-S-PE 和 HE-S-PE 的表面宏观形貌, 由图可知, 经喷涂处理后, 喷涂定量低于 40 g/m<sup>2</sup> 的防滑材料表面 EVA 热熔胶呈点状和丝状结构均匀覆盖于 PE 基材表面, 这大幅度增加了材料的表面粗糙度; 当定量超过 40 g/m<sup>2</sup> 时, 则该结构转变为多层网状结构。经热处理后, 定量低于 40 g/m<sup>2</sup> 的材料表面呈均匀不规则的网状结构, 材料表面粗糙度进一步增加; 而定量超过 40 g/m<sup>2</sup> 的材料表面则出现不均匀块状团聚结构, 该结构会随定量的增加而增多, 且会降低其材料表面粗糙度。

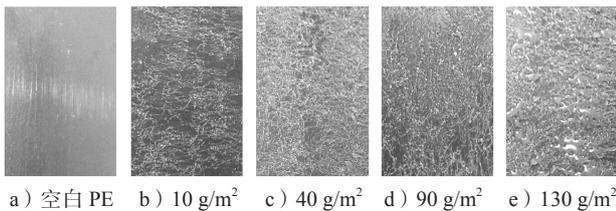


图 2 空白 PE, E-S-PE 表面宏观形貌图

Fig. 2 Blank PE, E-S-PE, surface macro-morphology

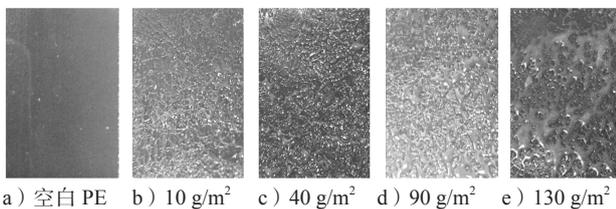


图 3 空白 PE, HE-S-PE 表面宏观形貌图

Fig. 3 Blank PE, HE-S-PE, surface macro-morphology

### 2.2 单面摩擦因数结果与分析

图 4 为 E-S-PE 与 HE-S-PE 单面摩擦因数随 EVA 喷涂定量变化趋势图。

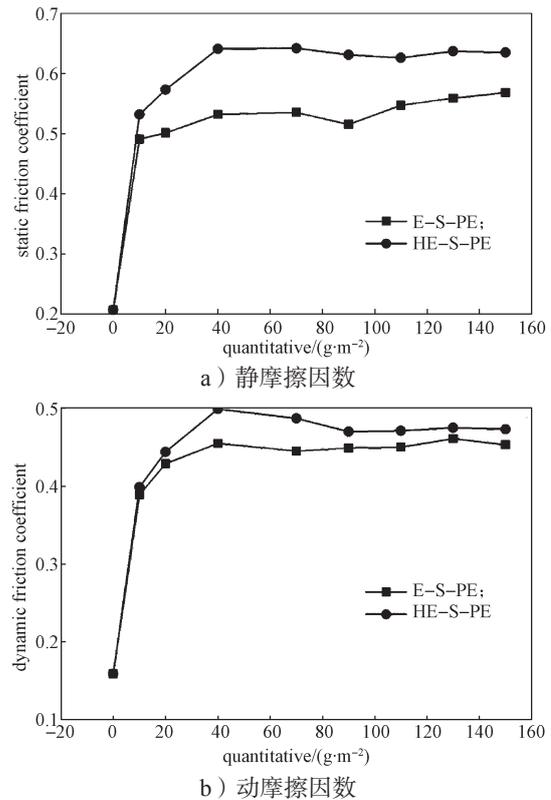


图 4 E-S-PE 与 HE-S-PE 单面摩擦因数随 EVA 喷涂定量变化趋势图

Fig. 4 Tendency of single-sided static friction coefficient and dynamic friction coefficient of E-S-PE and HE-S-PE

由图 4 可知, 随着喷涂定量的增加, E-S-PE 与 HE-S-PE 的单面静、动摩擦因数均呈先上升后下降再趋于小范围波动的趋势, 且 HE-S-PE 的单面静、动摩擦因数均高于 E-S-PE 的。当喷涂定量为 40 g/m<sup>2</sup> 时, E-S-PE 与 HE-S-PE 的单面静、动摩擦因数均达到较大值, 此时 E-S-PE 与 HE-S-PE 的单面静摩擦因数分别为 0.532, 0.641, 单面动摩擦因数分别为 0.455, 0.499, 约是空白 PE 单面静、动摩擦因数 (0.207, 0.159) 的 3 倍。

由 2.1 节对材料宏观形貌的分析可知, 随着喷涂量的增加, PE 基材表面的粗糙度呈现先急剧上升、后缓慢上升、最后下降并趋于稳定的趋势。因此, E-S-PE 与 HE-S-PE 单面静摩擦因数及动摩擦因数也相应呈现出此趋势。且材料经过热处理后, 低喷涂定量的 HE-S-PE 表面, 其热熔胶由单层点状和丝状结构转变为网状结构, 造成表面粗糙度进一步增加,

因此 HE-S-PE 摩擦因数大于 E-S-PE; 而高喷涂定量的 HE-S-PE 表面形成不规则团块, 虽然降低了 HE-S-PE 的表面粗糙度, 但其表面粗糙度仍大于相应的 E-S-PE, 因此 HE-S-PE 的摩擦因数比相应的 E-S-PE 高。

### 2.3 双面摩擦因数结果与分析

为了更好地模拟该防滑材料在实际应用中的情况, 通过实验对 E-S-PE 与 HE-S-PE 的双面摩擦因数随 EVA 喷涂定量变化的关系进行了研究, 结果如图 5 所示。

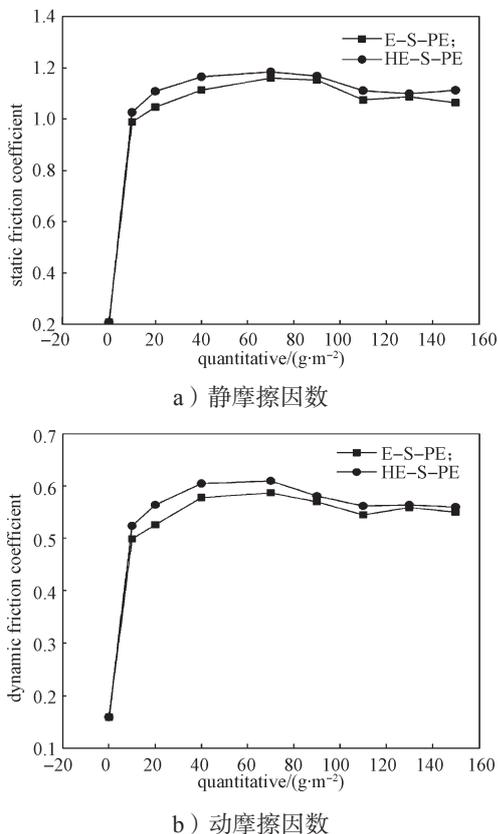


图 5 E-S-PE 与 HE-S-PE 双面摩擦因数随 EVA 喷涂定量变化趋势图

Fig. 5 Tendency of double-sided static friction coefficient and dynamic friction coefficient of E-S-PE and HE-S-PE

由图 5 可知, 随着喷涂定量的增加, E-S-PE 与 HE-S-PE 的双面静、动摩擦因数变化趋势与其单面静、动摩擦因数变化趋势相似, 均呈先上升后下降再趋于小范围波动的趋势, 且 HE-S-PE 的双面静、动摩擦因数也均高于 E-S-PE, 其原因也与 2.2 相同。而当喷涂定量为 70 g/m<sup>2</sup> 时, E-S-PE 与 HE-S-PE 的双面静、动摩擦因数达到最大, 此时 E-S-PE 与 HE-S-PE 的双面静摩擦因数分别为 1.160, 1.184, 约

为空白 PE 双面静摩擦因数 (0.207) 的 6 倍; 双面动摩擦因数分别为 0.587, 0.610, 约为空白 PE 双面动摩擦因数 (0.159) 的 4 倍。

### 2.4 涂层断面微观形貌表征

图 6 为 E-S-PE 表面涂层微观断面图。由图可知, E-S-PE 表面热熔胶涂层与基底材料之间粘结不完全, 存在较大的缝隙, 这主要因为在喷涂过程中, 喷嘴处的高压气流会使热熔胶胶丝外部迅速冷却, 热熔胶由黏流态迅速向高弹态转变, 当其与基底 PE 材料接触时热熔胶胶丝边缘温度已低于熔点, 所以两者结合不彻底, 存在缝隙。图 7 为 HE-S-PE 表面涂层微观断面图。由图可知, HE-S-PE 表面热熔胶涂层与基底 PE 材料结合紧密, 并且部分热熔胶已侵入基底 PE 层, 这主要因为在后期热处理过程中, 电热管温度均高于 PE 基材和表面热熔胶的熔融温度, 表面热熔胶二次熔融, PE 基材软化, 两者接触面积变大并在界面处发生微小互融, 使原有缝隙消失, 由此也可以推断热处理可以增大热熔胶涂层的黏结强度。

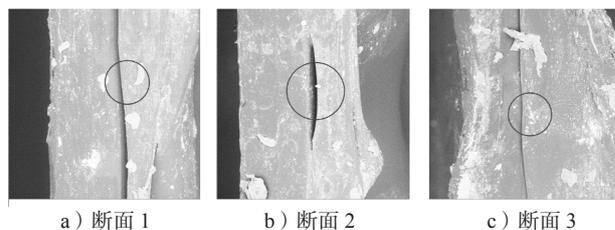


图 6 E-S-PE 表面涂层断面图

Fig. 6 E-S-PE surface coating cross-section

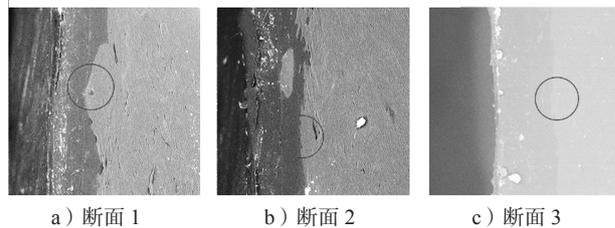


图 7 HE-S-PE 表面涂层断面图

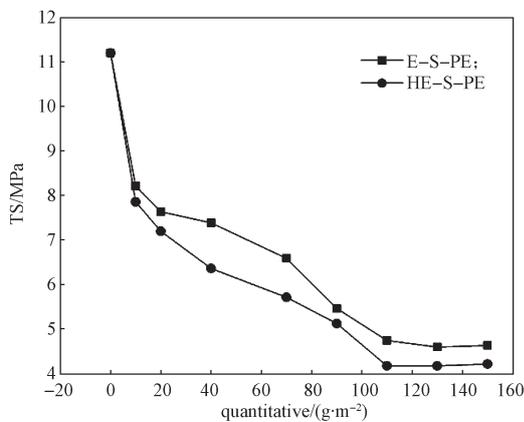
Fig. 7 HE-S-PE surface coating cross-section

### 2.5 力学性能结果与分析

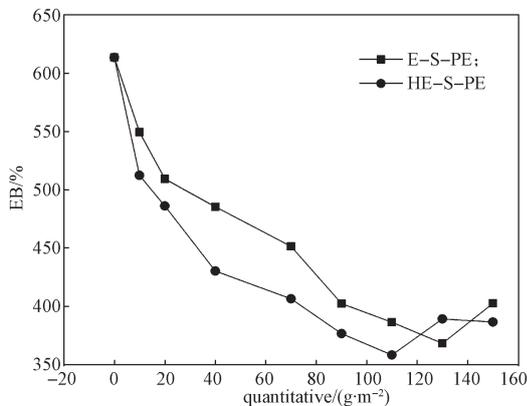
图 8 为 E-S-PE 与 HE-S-PE 的拉伸强度 (tensile strength, TS) 和裂断伸长率 (elongation at break, EB) 随 EVA 喷涂定量变化趋势图。由图可知, 随着喷涂定量的增加, E-S-PE 与 HE-S-PE 的拉伸强度和裂断伸长率均大体呈下降趋势, 且 HE-S-PE 力学性能下降更明显。这主要因为在喷涂过程中热熔胶胶丝温度较高, 当其与 PE 基材表面接触时, 会使 PE 基材软化, 热熔胶与 PE 基材两者产生微小互融, 这

破坏了 PE 基材表面原有的光滑、平整结构, 表面出现缺陷, 造成应力集中的现象; 且随着喷涂频率增加, 热熔胶胶丝的密度和体积增大, 使 PE 基底材料表面产生的缺陷逐渐增加, 产生应力集中的部分也随之增加, 因此 E-S-PE 的力学性能不断的下降。

经热处理后, HE-S-PE 表面的热熔胶二次熔融, PE 基材进一步软化, 部分热熔胶侵入 PE 层, 如图 7 所示, 这造成 PE 基材表面缺陷越来越多, 应力集中现象也更加严重, 力学性能进一步下降。因此实际应用中, 为保证 HE-S-PE 的力学性能, 其制备时喷涂定量不宜过高。



a) 拉伸强度



b) 断裂伸长率

图 8 E-S-PE 与 HE-S-PE 拉伸强度及断裂伸长率变化趋势图

Fig. 8 Tendency of tensile strength and breaking elongation of E-S-PE and HE-S-PE

### 2.6 黏结强度结果与分析

表 3, 4 分别为 E-S-PE 与 HE-S-PE 热熔胶涂层黏结强度等级表。由表可知, 随着 EVA 喷涂定量的增加, E-S-PE 的表面热熔胶涂层厚度与黏结强度增加, 而 HE-S-PE 的黏结强度等级较强, 均为 4B 及

以上等级。这主要因为当喷涂定量较低时, 热熔胶胶丝的密度和体积均比较小, 受到喷嘴处高压气体的降温影响较大, 当其与 PE 基底接触时粘结不彻底存在缝隙, 如图 6 所示, 因此其黏结强度较低, 表面胶层剥落现象严重。随着喷涂定量递增, 热熔胶胶丝的密度和体积均增大, 受到喷嘴处高压气体的降温影响减小, E-S-PE 表面胶层的密度和厚度增加, 热熔胶胶丝与基底材料的接触面积增大, 从而使得黏结强度不断增大。且经热处理后, HE-S-PE 热熔胶层二次熔融, 部分热熔胶进入 PE 层, 使原有缝隙消失, 因此其表面热熔胶涂层黏结强度大幅度增强, 表面胶层几乎无剥落现象, 图 7 也证明了这一点。

表 3 E-S-PE 表面热熔胶涂层黏结强度等级表  
Table 3 E-S-PE surface hot melt adhesive bond strength rating scale

定量/(g·m <sup>-2</sup> )	厚度/mm	ASTM 等级
10	0.264	1B
20	0.296	1B
40	0.315	1B
70	0.369	3B
90	0.445	3B
110	0.476	3B
130	0.536	4B
150	0.533	5B

表 4 HE-S-PE 表面热熔胶涂层黏结强度等级表  
Table 4 HE-S-PE surface hot melt adhesive bond strength rating scale

定量/(g·m <sup>-2</sup> )	厚度/mm	ASTM 等级
10	0.204	4B
20	0.299	4B
40	0.284	5B
70	0.338	5B
90	0.429	5B
110	0.530	5B
130	0.524	5B
150	0.562	5B

### 3 结论

本文通过热熔胶喷涂工艺制备 E-S-PE 材料, 并经电热管后期热处理得到新型 PE 防滑包装材料 HE-S-PE, 根据实验结果得到以下结论:

1) 经热喷涂制备的 E-S-PE 材料表面的点状、丝状和网状不规则胶层, 使其具有较高的摩擦因数, 且随喷涂定量的增加, 其摩擦因数呈先上升后下降再趋于小范围波动的趋势, 并在喷涂定量为 40 g/m<sup>2</sup> 时最大。但是由于喷涂过程中热熔胶对 PE 基材表面规

整结构存在破坏, 出现应力集中现象, E-S-PE 的力学性能随着喷涂定量的增加而下降。

2) E-S-PE 再经热处理制备的 HE-S-PE 表面结构发生改变, 随着喷涂定量的增加, 其表面由网状结构转变为团聚结构, 表面粗糙度先增大再减小, 因此其变化趋势与 E-S-PE 相似, 其摩擦因数在喷涂定量为  $70 \text{ g/m}^2$  时达到最大。相比 E-S-PE, HE-S-PE 表面热熔胶层与基底 PE 基材的黏结强度进一步增大, 但热处理过程中热熔胶二次熔融与 PE 基材的软化, 造成应力集中现象加剧, 其力学性能进一步下降。因此在实际应用中, 为同时保证 HE-S-PE 的防滑性能与力学性能, 制备时确定最优 EVA 喷涂定量为  $40 \text{ g/m}^2$ 。

#### 参考文献:

- [1] 洪伟宏. 国外航母甲板防滑涂料技术现状及发展趋势[J]. 舰船科学技术, 2015, 37(12): 166-169.  
HONG Weihong. Situation and Development Trend of Foreign Aircraft Carrier Deck Anti-Slip Coating Technology[J]. Ship Science and Technology, 2015, 37(12): 166-169.
- [2] SULITT R A, CALLT E, HUBERTT D. Arc Sprayed Aluminium Composite Non-Skid Coating for Airfield Landing Mats[J]. Surface Engineering, 1994, 10(1): 36-40.
- [3] EIGENMANN L. Anti-Skid and Wear Resistant Road Surface Marking Material: US 4020211 A[P]. 1977-04-26.
- [4] WANG B, WANG M H, XING Z H, et al. Preparation of Radiation Crosslinked Foams from Low-Density Polyethylene/Ethylene-Vinyl Acetate (LDPE/EVA) Copolymer Blend with a Supercritical Carbon Dioxide Approach[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2013, 127(2): 912-918.
- [5] HOFFENDAHL C, DUQUESNE S, FONTAINE G, et al. Decomposition Mechanism of Fire Retarded Ethylene Vinyl Acetate Elastomer (EVA) Containing Aluminum Trihydroxide and Melamine[J]. Polymer Degradation and Stability, 2015, 113: 168-179.
- [6] SPINA R. Technological Characterization of PE/EVA Blends for Foam Injection Molding[J]. Materials & Design, 2015, 84: 64-71.
- [7] 黄 诚, 彭粉成, 朱桂生. EVA 树脂生产技术现状及应用研究进展[J]. 乙醛醋酸化工, 2016(5): 6-11.  
HUANG Cheng, PENG Fencheng, ZHU Guisheng. Research Status and Application of EVA Resin Production Technology[J]. Acetaldehyde Acetic Acide Chemical, 2016(5): 6-11.
- [8] 吴文敬, 任文坛, 禹海洋, 等. 乙烯-醋酸乙烯酯橡胶的共混改性[J]. 高分子材料科学与工程, 2014, 30(2): 186-191.  
WU Wenjing, REN Wentan, YU Haiyang, et al. Ethylene-Vinyl Acetate Rubber Based Blends[J]. Polymer Materials Science and Engineering, 2014, 30(2): 186-191.
- [9] 郝喜海, 史堡匀. 乙烯-醋酸乙烯酯材料的改性与应用研究进展[J]. 包装学报, 2017, 9(4): 58-65.  
HAO Xihai, SHI Baoyun. Research on Modification and Application of Ethylene-Vinyl Acetate(EVA) Materials[J]. Packaging Journal, 2017, 9(4): 58-65.
- [10] DUTTA J, NASKAR K. Investigation of Morphology, Mechanical, Dynamic Mechanical and Thermal Behaviour of Blends Based on Ethylene Vinyl Acetate (EVA) and Thermoplastic Polyurethane (TPU)[J]. RSC Advances, 2014, 4(105): 60831-60841.
- [11] SONNIER R, VIRETTO A, DUMAZERT L, et al. Fire Retardant Benefits of Combining Aluminum Hydroxide and Silica in Ethylene-Vinyl Acetate Copolymer (EVA)[J]. Polymer Degradation and Stability, 2016, 128: 228-236.
- [12] 宋伟飞, 刘灿培, 卢庆新. EVA/EPDM 交联发泡材料摩擦磨损行为研究[J]. 福建师大学报(自然科学版), 2015, 31(4): 68-75.  
SONG Weifei, LIU Canpei, LU Qingxin. Investigation on the Friction and Wear Behaviors of EVA/EPDM Cross-Linked and Foamed Material[J]. Journal of Fujian Normal University (Natural Science Edition), 2015, 31(4): 68-75.
- [13] 刘灿培. 注射超轻 EVA/Fusabond 材料的交联发泡动力学[J]. 高分子材料科学与工程, 2005, 21(4): 244-247.  
LIU Canpei. The Kinetic Study on Crosslinking-Blowing Behavior of Injection Super Light EVA/Fusabond Blowing Material[J]. Polymer Materials Science & Engineering, 2005, 21(4): 244-247.
- [14] 陈长军, 陆 波, 胡 刚, 等. 氢化 C<sub>5</sub> 树脂对 EVA 热熔胶性能影响的研究[J]. 辽宁化工, 2017, 46(1): 27-29.  
CHEN Changjun, LU Bo, HU Gang, et al. Study on Effect of Hydrogenated C<sub>5</sub> Resin on Properties of EVA Hot Melt Adhesives[J]. Liaoning Chemical Industry, 2017, 46(1): 27-29.
- [15] 李申喆, 汪济奎, 郭卫红, 等. 无机填料对 EVA 热熔胶性能的影响[J]. 中国胶粘剂, 2016, 25(10): 36-

39.  
LI Shenzhe, WANG Jikui, GUO Weihong, et al. Influences of Inorganic Fillers on Properties of EVA Hot Melt Adhesive[J]. China Adhesives, 2016, 25(10): 36-39.
- [16] 赵淑媛, 王洪学, 宋克祥, 等. EVA 型热熔胶的成型与应用 [J]. 化学与粘合, 2000(2): 87-88.  
ZHAO Shuyuan, WANG Hongxue, SONG Kexiang, et al. Machine-Shaping and Application of EVA-Type Hot-Met Adhesive[J]. Chemistry and Adhesion, 2000(2): 87-88.
- [17] 全国涂料和颜料标准化技术委员会. 色漆和清漆 漆膜的划格试验: GB/T 9286—1998[S]. 北京: 中国标准出版社, 1998: 1-12.  
National Technical Committee on Paints & Pigments of Standardization Administration of China. Paints and Varnishes-Cross Cut Test for Films: GB/T 9286—1998[S]. Beijing: Standard Press of China, 1998: 1-12.

## Preparation and Properties of New Polyethylene Non-Slip Packaging Material

HAO Xihai, SHI Baoyun, XIAO Yingzhe

( School of Packaging and Materials Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China )

**Abstract:** Ethylene vinyl acetate hot melt adhesive was used as anti-skid coating to combine with PE packaging film, EVA sprayed PE anti-skid packaging material (E-S-PE) and heat treatment EVA sprayed PE anti-skid packaging material (HE-S-PE) were prepared after thermal spraying and heat treatment. The effects of spray quantity and heat treatment process on the anti-skid performance, bond strength and mechanical properties of the composites material were studied by means of scanning electron microscope, friction coefficient/peel tester, and intelligent electronic tensile testing machine, and the optimum quantity of spray coating was obtained. The results showed that the friction coefficient of E-S-PE and HE-S-PE increased then stabilized with the increase in spray quantity, and the friction coefficient reach the maximum when spray quantity was  $40 \text{ g/m}^2$  and  $70 \text{ g/m}^2$  respectively. However, the mechanical properties of the composite films decreased with the increase in spray quantity, and the mechanical properties of HE-S-PE further decreased more than those of E-S-PE. Therefore, the optimal spraying quantity of the anti-skid material was  $40 \text{ g/m}^2$ .

**Keywords:** PE; non-slip packaging material; EVA hot melt adhesive