

一种提高婴儿纸尿裤可降解性能方案的研究

艾志伟

(欣龙控股(集团)股份有限公司,海南 澄迈 571924)

摘要:简要介绍了塑料污染的危害,吸收性卫生用品的中国市场份额、主要材料成分以及可降解性能分析。研究了一种水刺无纺布复合膜的性能测试与分析,其可降解成分高达80%,物理性能与克重相近的常规热风无纺布复合膜相当。将这种水刺无纺布复合膜引用到婴儿纸尿裤产品中,可将无纺布高分子复合芯体婴儿纸尿裤中的可降解成分由7%左右提高到36%左右;可将绒毛浆高分子吸收芯体婴儿纸尿裤中的可降解成分由35%左右提高到56%左右。

关键词:婴儿纸尿裤;可降解;复合膜;塑料污染

中图分类号:TS176+.4

文献标识码:A

文章编号:1673-0356(2022)01-0018-03

塑料制品因质轻、防水、耐用、生产技术成熟、成本低的优点,在全世界范围被广泛应用且呈逐年增长趋势。但是又因其难以降解,对人类生态环境造成潜在危害,视觉可见的白色污染,视觉不可见的微塑料污染,对人类生态环境的危害众所周知。资源和环境问题近年来受到越来越多的社会关注,目前全球已有60多个国家出台了限制或者禁止一次性不可降解塑料制品政策,限塑、禁塑正成为全球保护环境的共识和共同举措。

尽管婴儿纸尿裤/片、卫生巾、成人失禁用品等吸收性卫生用品暂未包含在新限塑政策范围内,但是吸收性卫生用品多为一次性用品,产品内含有大量不可降解的材料成分,例如聚乙烯、聚丙烯、吸水树脂、热熔胶等。随着国民生活水平的提高以及吸收性卫生用品的舒适性和方便性,2014~2019年我国吸收性卫生用品市场规模由670.7亿元增至1165.3亿元^[1]。至此,理应思考一下吸收性卫生用品与生态环境的可持续发展,以婴儿纸尿裤为具体分析对象,结合现有材料的可降解性,浅析了一种提高婴儿纸尿裤可降解性能的方案。

1 婴儿纸尿裤结构及材料分析

婴儿纸尿裤主要由结构辅材和吸收芯体组成。结构辅材主要包括面层、防侧漏隔边、底膜、底层、热熔胶、橡筋、前腰贴及魔术扣;吸收芯体可分为绒毛浆高分子吸收芯体和无纺布高分子复合芯体。

1.1 婴儿纸尿裤辅材可降解性能分析

经过对市面常规婴儿纸尿裤产品的辅材分析,可得出表1内容,由此可见市面常规婴儿纸尿裤的辅材基本上都是不可降解的材料。

表1 辅材主体材料及可降解性能

| 结构辅材 | 主体材料 | 主体成分 | 是否可降解 | 可降解率/% |
|-------|---------|-----------|-------|--------|
| 面层 | 热风无纺布 | 聚丙烯 & 聚乙烯 | 否 | 0 |
| | 纺黏无纺布 | 聚丙烯 | 否 | 0 |
| 防侧漏隔边 | 纺熔无纺布 | 聚丙烯 | 否 | 0 |
| 底膜 | 聚乙烯薄膜 | 聚乙烯 | 否 | 0 |
| 底层 | 热风无纺布 | 聚丙烯 & 聚乙烯 | 否 | 0 |
| | 纺黏无纺布 | 聚丙烯 | 否 | 0 |
| 热熔胶 | 热熔胶 | 热熔胶 | 否 | 0 |
| 橡筋 | 氨纶丝 | 聚氨酯 | 否 | 0 |
| 前腰贴 | 聚丙烯复合材料 | 聚丙烯 | 否 | 0 |
| 魔术扣 | 聚丙烯塑料扣 | 聚丙烯 | 否 | 0 |

1.2 婴儿纸尿裤吸收芯体可降解性能分析

市面常规婴儿纸尿裤的吸收芯体主要有无纺布高分子复合芯体和绒毛浆高分子吸收芯体,具体特点及主体材料见表2和表3。

表2 无纺布高分子复合芯体主体材料及可降解性能

| 芯体结构 | 主体材料 | 主体成分 | 是否可降解 | 可降解率/% | 425 g/m ² 芯体材料用量/g | 占比/% |
|------|-----------|-------------|-------|--------|-------------------------------|-------|
| 无尘纸 | ES纤维 & 木浆 | 聚乙烯、聚丙烯、纤维素 | 部分 | 65 | 80 | 18.82 |
| 蓬松布 | 热风无纺布 | 聚乙烯、聚丙烯 | 否 | 0 | 45 | 10.59 |
| 高分子 | 高分子吸水树脂 | 聚丙烯酸盐 | 否 | 0 | 270 | 63.53 |
| 包覆层 | 熔纺无纺布 | 聚丙烯 | 否 | 0 | 25 | 5.88 |
| 热熔胶 | 热熔胶 | 热熔胶 | 否 | 0 | 5 | 1.18 |

由表2可知,无纺布高分子复合芯体主要是由无尘纸、蓬松热风无纺布、高分子、包覆层及热熔胶复合而成。此类吸收芯体是中国市场主要的流行产品,主要优点是厚度薄,手感柔软,吸收尿液后不易断层,不

收稿日期:2021-08-16;修回日期:2021-08-20

作者简介:艾志伟(1986-),男,硕士,主要从事非织造材料在个人护理用品中的应用与开发。

易起坨;缺点是成本偏高,吸收下渗速度慢,可降解性能差,整个芯体可降解成分约占 12.23%。

表 3 绒毛浆高分子吸收芯体主体材料及可降解性能

| 芯体结构 | 主体材料 | 主体成分 | 是否可降解 | 可降解率/% | 芯体材料 | |
|------|---------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | | | | | 用量/g | 占比/% |
| 绒毛浆 | 木浆纤维 | 纤维素 | 是 | 100 | 10.00 | 45.45 |
| 高分子 | 高分子吸水树脂 | 聚丙烯酸盐 | 否 | 0 | 10.00 | 45.45 |
| 包覆纸 | 木浆卫生纸 | 纤维素 | 是 | 100 | 1.78 | 8.10 |
| 热熔胶 | 热熔胶 | 热熔胶 | 否 | 0 | 0.22 | 1.00 |

由表 3 可知,绒毛浆高分子吸收芯体主要是由绒毛浆、高分子、包覆纸及热熔胶制作而成。此类吸收芯

体是国外品牌流行的产品,中国早期市场上的产品也是此类吸收芯体,主要优点是吸收下渗速度快、成本低、成型工艺灵活、可降解性能好,整个芯体可降解成分约占 53.55%。其缺点是厚度偏厚,吸收尿液后易起坨、易断层。

2 水刺无纺布复合膜性能分析

2.1 水刺无纺布复合膜结构及物理性能分析

水刺无纺布复合膜与市场常规热风无纺布复合膜的性能分析见表 4、表 5。

表 4 2 种复合膜主体材料及可降解性能

| 材料结构 | 水刺无纺布复合膜 | | | 热风无纺布复合膜 | | |
|------|----------|------------------------------------|--------|----------|------------------------------------|--------|
| | 主体材质 | 克重/ $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ | 可降解率/% | 主体材质 | 克重/ $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ | 可降解率/% |
| 无纺布 | 全黏胶水刺无纺布 | 32 | 100 | ES 热风无纺布 | 24 | 0 |
| 底膜 | 热塑性聚酯弹性膜 | 7 | 80 | 聚乙烯薄膜 | 15 | 0 |
| 热熔胶 | 热熔胶 | 1 | 0 | 热熔胶 | 1 | 0 |

表 5 2 种复合膜的物理性能指标对比

| 样品号 | 水刺无纺布复合膜 | | | | | 热风无纺布复合膜 | | | | |
|-----|------------------------------------|-------------------------------|--|--|----------|------------------------------------|-------------------------------|--|--|----------|
| | 克重/ $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ | 抗静水压/ $\text{cm H}_2\text{O}$ | 透湿率/ $\text{g} \cdot (\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h})^{-1}$ | MD 断裂强度/ $\text{N} \cdot (\text{5 cm})^{-1}$ | MD 伸长率/% | 克重/ $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ | 抗静水压/ $\text{cm H}_2\text{O}$ | 透湿率/ $\text{g} \cdot (\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h})^{-1}$ | MD 断裂强度/ $\text{N} \cdot (\text{5 cm})^{-1}$ | MD 伸长率/% |
| 1 | 39.8 | 100.9 | 2 707.79 | 17.6 | 52.8 | 40.1 | 102.4 | 2 046.79 | 22.4 | 55.3 |
| 2 | 41.7 | 104.0 | 2 660.48 | 17.2 | 58.7 | 39.8 | 101.3 | 1 757.05 | 21.2 | 51.3 |
| 3 | 38.5 | 101.3 | 2 771.83 | 16.8 | 62.5 | 39.3 | 100.3 | 1 896.79 | 23.4 | 51.9 |
| 4 | 38.7 | 101.7 | 2 696.83 | 16.4 | 58.3 | 38.7 | 95.6 | 2 198.08 | 21.9 | 49.6 |
| 5 | 39.7 | 101.9 | 2 721.92 | 16.2 | 57.1 | 38.5 | 107.4 | 2 188.78 | 22.6 | 53.4 |
| 6 | 38.8 | 101.3 | 2 715.58 | 17.1 | 58.7 | 38.6 | 101.9 | 2 041.99 | 23.2 | 50.1 |
| 7 | 39.0 | 100.9 | 2 802.69 | 18.2 | 61.2 | 39.6 | 101.6 | 2 267.31 | 23.6 | 56.2 |
| 8 | 39.1 | 101.0 | 2 910.87 | 19.5 | 58.9 | 38.0 | 102.3 | 1 757.69 | 21.8 | 50.2 |
| 9 | 41.2 | 103.5 | 2 757.69 | 16.8 | 59.2 | 38.6 | 96.7 | 2 161.22 | 21.9 | 50.5 |
| 10 | 40.0 | 100.9 | 3 195.87 | 19.4 | 57.9 | 38.2 | 97.6 | 2 345.19 | 22.2 | 48.3 |
| 平均值 | 39.7 | 101.7 | 2 794.16 | 17.5 | 58.5 | 38.9 | 100.7 | 2 066.09 | 22.4 | 51.7 |

有表 5 可知,2 种复合膜在克重相近的情况下,抗静水压性能相近,水刺无纺布复合膜的透湿性能较优,热风无纺布复合膜的 MD 断裂强度稍好。

2.2 水刺无纺布复合膜耐磨性测试及对比分析

耐磨性测试仪器及参数。

测试仪器:YG(B)401T 型马丁代尔耐磨仪;

标准耐磨布:平纹、杂交精毛纺织布,直径 140 mm

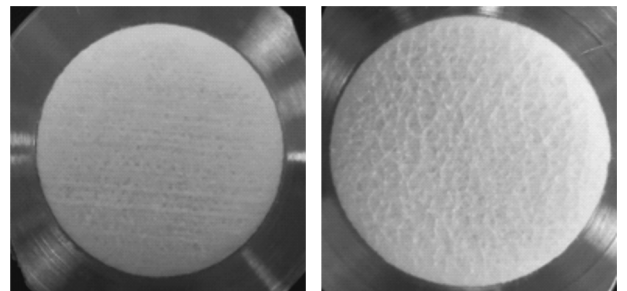
圆形;

测试样:直径 38 mm 圆形裁样;

夹持样品上压力重锤:9 kPa;

耐磨循环:160 个耐磨循环=10 个完整的 Lissajous 曲线。

测试结果如图 1、图 2 所示。



耐磨性测试前

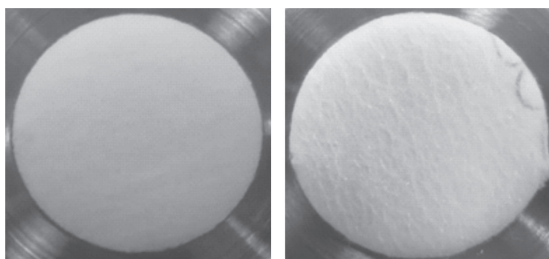
耐磨性测试后

图 1 水刺无纺布复合膜耐磨性对比

由测试图片图 1 和图 2 对比可知,经过 160 个耐磨循环之后,2 种复合膜都出现了较为严重的起球现象,但两者耐磨性相当。

经测试对比可得,水刺无纺布复合膜与市场常规

热风无纺布复合膜的性能非常接近,热风无纺布复合膜在婴儿纸尿裤中应用普遍,水刺无纺布复合膜也可应用到婴儿纸尿裤中。



耐磨性测试前

耐磨性测试后

图2 常规热风无纺布复合膜耐磨性对比

3 提高婴儿纸尿裤可降解性能的方案分析

经对市面常规婴儿纸尿裤产品的详细分析可得:无纺布复合芯体纸尿裤产品中的辅材占产品组分的

40%~50%,吸收芯体占产品组分的50%~60%。由表1可知,辅材基本上都是不可降解的材料。由表2可知,吸收芯体中可降解成分占芯体组分约12.23%,产品整体的可降解组分为6.12%~7.34%。

绒毛浆高分子芯体纸尿裤产品中的辅材占产品组分的30%~40%,吸收芯体占产品组分的60%~70%。由表1可知,辅材基本上都是不可降解材料。由表3可知,吸收芯体中可降解的成分约占芯体组分的53.55%,产品整体可降解组分为32.13%~37.49%。

建议方案是将可降解的水刺无纺布复合膜引用到纸尿裤的底层和防侧漏隔边结构处,从而提高婴儿纸尿裤的可降解性能。

以具体实例L码婴儿纸尿裤来分析底层和防侧漏隔边引入水刺无纺布复合膜后,其可降解成分可提高。

表6 L码婴儿纸尿裤无纺布高分子复合芯体产品

| 结构名称 | 材料克重 /g·m ⁻² | 材料宽度 /mm | 材料长度 /mm | 本文方案纸尿裤产品无纺布高分子复合芯体 | | | |
|--------------|----------------------------|-------------|-------------|---------------------|----------|---------|----------|
| | | | | 材料用量/g | 材料可降解率/% | 成分百分比/% | 产品可降解率/% |
| 无纺布高分子芯体 | 425 | 100 | 400 | 17.00 | 12.23 | 49.83 | 6.09 |
| 面层热风无纺布 | 25 | 148 | 490 | 1.81 | 0.0 | 5.30 | 0.00 |
| 单层隔边水刺无纺布复合膜 | 40 | 240 | 490 | 4.71 | 80.0 | 13.80 | 11.04 |
| 热塑性聚酯弹性膜 | 7 | 190 | 490 | 0.65 | 0.0 | 1.91 | 0.00 |
| 底层全黏胶水刺无纺布 | 32 | 330 | 490 | 5.18 | 100.00 | 15.18 | 15.18 |
| 弹性腰围全黏胶水刺无纺布 | 32 | 160 | 290 | 1.49 | 100.00 | 4.37 | 4.37 |
| 魔术贴 | 44 | 210 | 40 | 0.37 | 0.0 | 1.08 | 0.00 |
| 魔术扣 | 100 | 20 | 60 | 0.12 | 0.0 | 0.35 | 0.00 |
| 魔术扣无纺布 | 65 | 90 | 60 | 0.35 | 0.0 | 1.03 | 0.00 |
| 橡筋 | | | | 0.29 | 0.0 | 0.85 | 0.00 |
| 热熔胶 | | | | 2.15 | 0.0 | 6.30 | 0.00 |
| 合计 | | | | 34.12 | | 100.00 | 36.68 |

表7 L码婴儿纸尿裤绒毛浆高分子吸收芯体产品

| 结构名称 | 材料克重 /g·m ⁻² | 材料宽度 /mm | 材料长度 /mm | 本文方案纸尿裤产品绒毛浆高分子吸收芯体 | | | |
|--------------|----------------------------|-------------|-------------|---------------------|----------|---------|----------|
| | | | | 材料用量/g | 材料可降解率/% | 成分百分比/% | 产品可降解率/% |
| 绒毛浆高分子芯体 | | | | 22.00 | 53.55 | 56.24 | 30.12 |
| 面层热风无纺布 | 25 | 148 | 490 | 1.81 | 0.0 | 4.63 | 0.00 |
| 单层隔边水刺无纺布复合膜 | 40 | 240 | 490 | 4.71 | 80.0 | 12.04 | 9.63 |
| 热塑性聚酯弹性膜 | 7 | 190 | 490 | 0.65 | 0.0 | 1.66 | 0.00 |
| 底层全黏胶水刺无纺布 | 32 | 330 | 490 | 5.18 | 100.00 | 13.24 | 13.24 |
| 弹性腰围全黏胶水刺无纺布 | 32 | 160 | 290 | 1.49 | 100.00 | 3.81 | 3.81 |
| 魔术贴 | 44 | 210 | 40 | 0.37 | 0.0 | 0.95 | 0.00 |
| 魔术扣 | 100 | 20 | 60 | 0.12 | 0.0 | 0.30 | 0.00 |
| 魔术扣无纺布 | 65 | 90 | 60 | 0.35 | 0.0 | 0.89 | 0.00 |
| 橡筋 | | | | 0.29 | 0.0 | 0.74 | 0.00 |
| 热熔胶 | | | | 2.15 | 0.0 | 5.50 | 0.00 |
| 合计 | | | | 39.12 | | 100.00 | 56.80 |

- [3] 王晓飞. 新型煮茧机的设计及工艺性能研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2015.
- [4] 陈祥平, 刘季平, 王建平, 等. 减压煮茧新技术及设备研究[J]. 丝绸, 2016, 53(11): 22-28.
- [5] 卜献鸿, 刘季平, 杨晓瑜, 等. 基于减压自动煮茧新技术的丝胶溶失率机理分析[J]. 现代丝绸科学与技术, 2017, 32(3): 4-7.
- [6] 许凤麟, 赵骆建, 徐英莲. 柔软工艺对生丝性能的影响[J]. 丝绸, 2015, 52(3): 11-15.

Technology and Production Effect of the Decompressed Cocoon Cooking for Cocoon Cavity Guttation

LIU Yi¹, ZHANG Ming-ying², BU Xian-hong³, DUAN Chun-wen³, LI Fan³, LI Gang⁴

(1. Sichuan Academy of Silk Sciences Ltd., Chengdu 610031, China;

2. Sino-silk Tian Chen (Pan Zhi Hua) Silk Co., Ltd., Yanbian 617000, China;

3. Sichuan Provincial Silk Engineering Research Center, Chengdu 610031, China;

4. Technology Center of Chengdu Customs District, Chengdu 610041, China)

Abstract: In the process of cocoon cooking, the traditional circulating cocoon cooking machine made the cocoon spit through blind pipe insulation and ported sub uperize, so the temperature of cocoon cavity guttation was high. The decompression automatic cocoon cooking machine adopted the method dominated by "vacuum + steam". Vacuum played a guiding role, it conducted the steam energy into cocoon internal layer, helped to reduce the temperature of cocoon cavity guttation, protected the cocoon outer layer, and enhanced the quality of cocoon cooking. The technology and the control method of cooking for cocoon cavity guttation with the equipment of decompressed automatic cocoon-cooking were introduced.

Key words: pressure relief cocoon cooking; cooking for cocoon cavity guttation; silk quality; cocoon consumption

(上接第 20 页)

4 结论

(1) 市面常规婴儿纸尿裤的结构辅材基本都是不可降解材料。无纺布高分子复合芯体中材料的可降解率大概只有 12.23%。绒毛浆高分子吸收芯体中材料的可降解率大概可达 53.55%。

(2) 全黏胶水刺无纺布与热塑性聚酯弹性膜的复合膜材料可降解率高达 80%，其物理性能指标及耐磨性能与克重相近的常规使用的热风无纺布与 PE 膜复合膜相当，可替换不可降解的热风无纺布复合膜应用

到婴儿纸尿裤产品。

(3) 在无纺布高分子复合芯体的婴儿纸尿裤产品中应用全黏胶水刺无纺布复合膜，可将产品总体可降解率由 7% 左右提高到 36% 左右。在绒毛浆高分子吸收芯体的婴儿纸尿裤产品中应用全黏胶水刺无纺布复合膜，可将产品总体可降解率由 35% 左右提高到 56% 左右。

参考文献:

- [1] 孙静, 邢婉娜, 王娟, 等. 2019 年一次性卫生用品行业概况和展望[J]. 造纸信息, 2020, (8): 34-35.

Study on a Scheme to Improve the Degradability of Baby Diaper

AI Zhi-wei

(Xinlong Holding (Group) Co., Ltd., Chengmai 571924, China)

Abstract: The harm of plastic pollution, the market share of absorbent sanitary products in China, the main material component and the analysis of degradability of absorbent sanitary products were introduced. The properties test and analysis of a spunlaced nonwoven laminated film were comprehensively expounded. Its degradable component was up to 80% and physical properties was equivalent to hot wind nonwoven laminated film with similar grammage. By introducing the spunlaced nonwoven laminated film into baby diaper products, the biodegradable components could be increased from about 7% to about 36% in nonwoven and polymer laminated core baby diapers, or from about 35% to about 56% in villous pulp and polymer compound core baby diapers.

Key words: baby diaper; degradability; laminated film; plastic pollution