

# BOPET 薄膜分切皱纹的产生及解决措施

陈小常 杨秀莲 刘 斌

温州强润新材料科技有限公司 浙江温州 325802

**摘要:** 随着 BOPET 薄膜行业的发展, 人们对于 BOPET 薄膜分切工艺越来越重视。其中, 皱纹问题是分切问题中的首要问题, 影响因素众多。因此, 本文介绍了 BOPET 薄膜生产中, 在分切时产生皱纹的原因, 探讨了收卷张力、收卷压力、厚度均匀性及卷芯质量等因素对皱纹产生的影响, 并采取针对性的调整措施, 以避免分切时产生皱纹。

**关键词:** BOPET 薄膜; 分切皱纹; 产生; 解决措施

## Generation and Solution of Slitting Wrinkles in BOPET Films

Xiaochang Chen, Xiulian Yang, Bin Liu

Wenzhou Qiangrun New Material Technology Co., Ltd. Zhejiang Wenzhou 325802

**Abstract:** This paper briefly introduces the concept and function of BOPET film slitting in the development of the BOPET film industry. Wrinkling is the primary issue in slitting, and there are many factors that can affect it. Therefore, this paper discusses the reasons for wrinkling in BOPET film production during slitting, explores the influence of factors such as winding tension, winding pressure, thickness uniformity, and core quality on wrinkling, and proposes targeted adjustment measures to avoid wrinkling during slitting.

**Keywords:** BOPET film; slitting wrinkles; generation; solution

双向拉伸聚酯薄膜(BOPET)是二十世纪五十年代开始工业化生产的, 目前已经广泛用于电容膜、热转移膜、胶带膜、光学膜等领域, 其加工步骤包括结晶干燥、熔融挤出、铸膜、双向拉伸、收卷分切等工序。而分切是产品加工的最后一步, 对 BOPET 薄膜的品质有很大的影响。在实际生产中, 由于分切不当, 易产生皱纹、暴点、窜边、翘边、划伤等问题, 从而影响到用户的使用。

### 一、BOPET 薄膜分切皱纹产生的原因

BOPET 薄膜的分切工艺首先是把制膜后的 BOPET 大母卷放入放卷站, 然后穿过分切机的张力控制辊、导向辊、展平辊等, 在张力的作用下, 通过切刀将 BOPET 薄膜切割成不同的尺寸, 最后通过分切压辊, 将其均匀地卷绕在卷芯上。当 BOPET 薄膜卷绕时, 周围的空气会跟随 BOPET 薄膜移动, 导致气流会被卷进 BOPET 薄膜膜卷里。在分切压辊的压力作用下, 大多数的空气在卷绕之前都会被压辊阻挡, 但是, 由于 BOPET 薄膜的弹性和微观上的不均匀性, 还是会有部分空气被卷绕进 BOPET 薄膜膜卷中, 滞留在膜层和膜层之间<sup>[1]</sup>。

BOPET 薄膜在收卷过程中, 在收卷张力的作用下, 沿纵向拉伸。同时, 因为材料的泊松效应, 所以使 BOPET 薄膜在横向上出现了轻微的收缩。在收卷成膜后, 因 BOPET 薄膜弹性延伸还没有复原, 仍然存在着张力残留, 而张力残留将沿卷筒的径向向内形成一种附加压

强, 膜卷内层和层之间的空气会受到该附加压强的影响, 从端面慢慢地逸出。当空气逸出时, 膜卷的卷径会变小, 周长也会缩小, BOPET 薄膜的弹性伸长回复, 从而应力就会减轻, 导致在横向上得到一定程度的松弛。在这个过程中, 如果空气没有得到充分的排出, 使得 BOPET 薄膜的弹性变形不均匀, 横向松弛不畅, 便会产生皱纹。

### 二、BOPET 薄膜分切皱纹产生的影响因素

#### 2.1 收卷张力

BOPET 薄膜的收卷速度一般比放卷和行走速度稍大, 而且, 收卷速度增加会使 BOPET 薄膜的弹性延伸, 从而形成收卷张力。在分切时, BOPET 薄膜要维持合适的张力, 以保证膜面处于绷直状态, 防止松弛, 使 BOPET 薄膜在卷筒上平滑地卷绕。

收卷张力的大小设定要视 BOPET 薄膜的厚度及幅宽而定。同样的情况下, 如果收卷张力太大, BOPET 薄膜的弹性延伸和横向的收缩就会增大, 弹性变形也会变得更不均匀, 而且在收卷之前的行走状态下, BOPET 薄膜很可能出现褶皱, 平整度不高, 在行走时, 膜面的褶皱会卷到卷筒上后即产生皱纹。但收卷张力也不可太小, 如果收卷张力太小, 则膜面会发生松弛, 无法维持紧绷状态。并且, 在收卷过程中, 夹带的空气会增加, BOPET 薄膜的膜卷收卷会变松, 内层则会发生压皱, 然后产生皱纹<sup>[2]</sup>。

## 2.2 收卷压力

在分切压辊两端的气缸运行过程中,会产生收卷压力。分切压辊两端在收卷时,受压辊支架杠杆原理的影响,对压辊施加适当的压力,压辊以线接触的形式将 BOPET 薄膜压在卷筒上进行卷绕,利用分切压辊的弹性变形,从而让膜面展开,使空气得以排出。

收卷压力的设定也要适当,如果收卷压力太小,则随 BOPET 薄膜一同卷入膜卷的空气会使膜卷收卷变得柔软,并易出现皱纹。在收卷压力过大时,由于空气排出过多,BOPET 薄膜的层与层之间过于黏合,会影响后道使用时的放卷。可根据 BOPET 薄膜膜卷的硬度适当调整收卷压力大小,通常,BOPET 薄膜表面的硬度为邵氏 90° ~96°。

## 2.3 厚度均匀性

对于 BOPET 薄膜的厚度来说,不管如何控制,都有可能出现厚度上的误差,厚度过薄或过厚都会对皱纹的产生造成影响。

在厚度不足的情况下,BOPET 薄膜在收卷时会出现轻微的凹陷,凹陷位置膜层之间会有更多的空气聚集在一起,随着多层卷绕之后,空气会越来越多,厚度累积也会越来越少,以至于分切压辊不能触及到该膜面。凹陷位置的 BOPET 薄膜属于一种比较自由的状态,因此,容易变形产生皱纹。

在厚度过厚的情况下,在收卷过程中,偏厚的部位会有轻微的凸起。而在收卷的直径增大之后,由于偏厚的部位积聚过多,会出现明显的凸起状皱纹,这个部位的皱纹比较硬。另外,偏厚的部位由于粘合过度,将会使周围的空气从小卷端部排出,使相邻区域的空气积聚,从而形成皱纹<sup>[3]</sup>。

10 μm 以下的 BOPET 薄膜,其厚度误差一般为 4%。为了避免厚度不均匀,在放卷过程中,经常会进行周期性的左右摆动,以消除厚度误差的积累效应。但在厚度分布极不均匀的情况下,摆动的效果是有限的,为了改善 BOPET 薄膜的厚度均匀性,必须对制膜工艺进行优化。

## 2.4 卷芯质量

因为 BOPET 薄膜是收卷在卷芯上的,所以一般的卷芯都是由纸管制成,因此,纸管的加工质量也非常重要。在纸管的各项性能指标中,直线度、同心度是其最主要的参数。

纸管的直线度对收卷张力、压力横向分布的均匀程度有很大的影响。纸管的直线度愈低,收卷时的横向分布愈不均匀,愈容易产生皱纹。为了保证纸管的直线度,应适当增大纸管的壁厚度,选用优质的材质等方法,以改善纸管的刚性。

纸管的同心度对卷芯旋转的均匀性有一定的影响,而纸管的同心度越高,则卷绕速度越稳定,收卷张力的波动就越小。同时,与卷筒接触的压辊的跳动也减小,

收卷张力的波动也减小,有效地降低了皱纹的产生。此外,纸管的内径与卡头的配合也要紧密,纸管端部的内壁具有良好的耐磨性能,不会与卡头发生相对的滑动或跳动,从而更好地发挥出同心度的作用。

## 三、BOPET 薄膜分切皱纹的解决措施

### 3.1 厚度均匀性控制

#### 3.1.1 纵向厚度控制

结果表明,挤出机的挤出熔体压力稳定性、激冷辊速度稳定性、纵向拉伸工艺对 BOPET 薄膜纵向厚度的均匀性具有重要影响。在 BOPET 薄膜制造工艺中,采用连续多次扫描得到的厚度平均值,将纵向、横向截面的厚度与目标值进行对比,再通过调整挤压量或者调节激冷辊的转速,实现 BOPET 薄膜平均厚度的自动控制。如:选择改变激冷辊速度的方法,那么根据实际厚度偏差,该控制系统就会输出一个控制信号,从而改变该激冷辊的速度,达到对纵向平均厚度的控制。

#### 3.1.2 横向厚度控制

BOPET 薄膜横向厚度的均匀程度与模头的开度(各个热膨胀螺栓)的调整有直接关系。普通模头安装有多个热膨胀螺栓,用于对热膨胀螺栓进行加热和冷却的自动控制。每个热膨胀螺栓具有特定的加热功率,并且所有的加热螺栓都在 APC 的控制下。当对应螺栓位置处的 BOPET 薄膜厚度较大或偏小时,系统会根据设定的温度来控制螺栓的加热功率,也就是调整螺栓的温度,这样,螺栓的开度就会随着热胀冷缩的影响而减小或增大,从而使得厚度减小或增厚,以实现 BOPET 薄膜的横向厚度的持续优化和控制。

BOPET 薄膜横向厚度均匀度还随拉伸温度的变化而变化。拉伸温度包含了纵向和横向的拉伸温度。在将聚酯厚片送入纵拉机后,要保证各纵拉辊的横向温度均匀,尤其是辅助加热用的远红外线加热器。

### 3.2 分切压辊辊径和材质

在卷取过程中,由于分切辊的挤压,大多数的气流都被挤出了膜片。在这些因素中,辊子直径和材料对褶皱产生的影响最大。

在大的压力辊直径下,膜片与压力辊的夹角越大,而与卷轴的夹角越小,在没有充分排气的情况下,空气就会随着薄膜被夹紧,形成褶皱的概率会变高。在压辊直径小的情况下,薄膜和卷芯的夹角比较大,相对来说,空气更容易向四周扩散,同时也不会有褶皱。然而,随着压辊直径的减小,压辊的刚性降低,弯曲变形,对压辊材料的要求也随之提高。在实际生产中,应根据薄膜的厚度、幅宽等因素,选用适当的压辊直径。

压辊的另一项要求是材料和硬度,一般情况下,压辊的表面涂有橡胶,由于薄膜的厚度不均匀,因此,在压力的作用下,橡胶的弹性可以补偿膜片的不均匀,并且可以有效缓冲卷芯跳动带来的影响,从而达到均匀压力的目的。压辊的表面弹性和硬度都要适度,如果硬度

太低,则大部分的收卷压力都会被橡胶的变形所吸收,对薄膜的压紧力不够,使其不能充分地进行排气;由于其硬度太高,橡胶的弹性变形不够,且不能有效地补偿因厚度不均及压辊跳跃造成的不均匀压力,一般情况下,压辊的表面硬度应控制在邵氏 40° -60° 之间。

### 3.3 表面摩擦系数

由于 BOPET 薄膜在空气排出和横向松弛过程中,存在着微小的形变和相对位移,在表面摩擦系数较大的情况下,膜与膜间的滑移不明显,因此,很容易防止 BOPET 薄膜收缩变形,从而形成皱纹。在 BOPET 薄膜的表面存在着许多的外露分子链,而纯 BOPET 薄膜由于层之间的间距太小,外露分子链的作用力比较强,而层之间很难滑移,容易黏合。因此,通常都会添加一些开口剂,使 BOPET 薄膜表面出现凸起,形成一定的粗糙度,增加层之间的空隙,减少粘合力,使其更易于发生滑动。开口剂有多种类型,例如:氧化物( $\text{SiO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{MgO}$ 等)、无机盐(碳酸钙、磷酸盐等)。利用开口剂的添加量、粒径等因素来调节 BOPET 薄膜表面粗糙度和摩擦系数。

### 3.4 收卷机驱动和传动部分

在生产过程中,收卷机的驱动系统与生产线连成一体,通过前端设备的转速反馈和 BOPET 薄膜张力进行调节。在此过程中,产生皱纹的主要因素是收卷机的速度和张力。设备的反馈是否准确直接关系到收卷机的收卷质量,因此,收卷机的关键在于调整转速、控制张力。尤其是齿轮和铜头的磨损,会导致翻转角度的不精确和速度不稳定,导致收卷辊的定位偏差、收卷辊与接触辊间的间隙、平行度等发生变化。这种情况下,应检查转速调节系统、齿轮的磨损情况和铜头的收卷情况,如果有必要,必须进行齿轮的更换和抛光铜头。

### 3.5 收卷间隙

BOPET 薄膜收卷间隙的作用和收卷张力是一致的,收卷间隙大也等于松开收卷张力,反之亦然。但是要注意,缩小收卷间隙会增大母卷的硬度,一定要辅助松弛收卷张力,不然会导致母卷的硬度太高而引起其它问题。在换卷结束后,触辊与纸芯之间的空隙会从 0 变到 2mm,这是一个很大的变化,容易造成 BOPET 薄膜的皱纹。此时可以在触辊脱离纸芯的同时手动调整收卷间隙,产生收卷间隙逐渐增大的平滑效应,最大限度地减少突变的影响,从而实现 BOPET 薄膜出现皱纹的控制。

## 四、结束语

综上所述,BOPET 薄膜的分切收卷时产生皱纹,主要是因为收卷时吸入的空气太多,导致膜卷内部不均匀。在实际生产中,由于生产条件的改变,应根据以上原因,有针对性地调节和优化收卷张力、BOPET 薄膜厚度、纸管的配置等情况,以确保达到最佳收卷效果,降低皱纹的出现,满足客户对 BOPET 薄膜膜面平整度的需求。

## 参考文献:

[1] 祁晓然,孙月,李瑞,姚晔,郑云霞,刘洋.防止 BOPET 聚酯薄膜中低聚物析出的研究进展[J].信息记录材料,2022,23(04):1-3.

[2] 李秋林.BOPET 薄膜分切皱纹的产生及解决措施[J].现代工业经济和信息化,2022,12(03):276-278.

[3] 张鑫,张健,陈颖,董鹏.BOPET 薄膜市场现状分析及发展趋势[J].聚酯工业,2021,34(03):17-19.

个人简介:陈小常,1987.07.11,女,汉,浙江温州,助理工程师,本科,BOPET 薄膜质量管理,290651224@qq.com;杨秀莲,1985.07.08,女,汉,安徽蚌埠,助理工程师,专科,BOPET 薄膜质量管理,875946324@qq.com,刘斌,1988.04.11,男,汉,浙江温州,助理工程师,专科,BOPET 薄膜质量生产,260238706@qq.com