

双向拉伸聚丙烯薄膜的生产工艺研究

洪 伟

李青山

(山东劳动职业技术学院, 济南 250022) (燕山大学高分子材料系, 秦皇岛 066004)

摘要 介绍了双向拉伸聚丙烯(BOPP)薄膜的生产方法及工艺流程,分析了原材料、纵横拉伸比、温度等因素对BOPP薄膜物理、力学性能的影响,并且对生产中常见的问题进行了分析,提出了解决铸片常见缺陷及拉伸破膜的方法。

关键词 双向拉伸聚丙烯薄膜 铸片 加工

双向拉伸塑料薄膜是在低于薄膜材料熔点、高于玻璃化转变温度(T_g)时,对厚膜或铸片进行纵向和横向拉伸,然后在张紧状态下进行适当冷却或热定型处理或特殊的加工(如电晕、涂覆等)而制得的制品。双向拉伸聚丙烯(BOPP)薄膜就是用这种方法制得的。

BOPP薄膜是包装领域的重要产品,具有质轻、透明、无毒、防潮、透气性低、力学强度高等优点,被广泛用于食品、医药、日用轻工、香烟等产品的包装,并大量用作复合膜的基材,有“包装皇后”的美称。

双向拉伸法是一种技术要求十分高的塑料成型加工方法,除需要具备性能良好的加工设备外,更重要的是要求生产人员能够深入掌握PP的性能及加工条件对产品性能的影响,及时解决生产中存在的问题。

1 BOPP薄膜的主要生产方法及工艺流程

目前BOPP薄膜的生产方法主要有管膜法和平膜法。管膜法属双向一步拉伸法;平膜法又分为双向一步拉伸和双向两步拉伸两种方法^[1]。管膜法具有设备简单、投资少、占地小、无边料损失、操作简单等优点,但由于存在生产效率低、产品厚度公差大等缺点,自20世纪80年代以来几乎没有发展,目前仅用于生产BOPP热收缩膜等特殊品种。双向一步拉伸法制得的产品纵横向性能均衡,拉伸过程中几乎不破膜,但因设备复杂、制造困难、价格昂贵、边料损失多、难于高速化、产品厚度受限制等问题,目前尚未得到大规模采用。而双向两步拉伸法设备成熟、生产效率高、适于大批量生产,被绝大多数企业所采用,其工艺流程如图1^[2]所示。

2 影响BOPP薄膜物理、力学性能的因素

2.1 原材料性能

工业化生产BOPP薄膜用主料的主要成分是PP^[3]。PP是一种典型的立体规整性聚合物,根据烷基在分子平面两侧的分布,可分为等规PP、间规PP和无规PP。等规PP和间规PP具有不同的结晶结构,等规PP是以均相成核的三维生长方式进行结晶,而间规PP主要以均相成核的二维方式进行结晶,形成了外观尺寸不规则的小晶片,而且由于间规PP分子结构的规整度较低,使得间规PP具有较低的结晶速率和结晶度^[4]。研究表明,等规度越大,结晶速率越快,薄膜产品的屈服强度和表面硬度会明显增大,而无规PP在聚合物中起内部润滑剂的作用,并有利于聚合物定向,有助于改善薄膜的光学性能^[2]。

目前,BOPP薄膜品种繁多,性能也差异很大,造成这种情况的主要原因是使用的原料和生产工艺不同。实践证明,只有等规PP的质量分数为95%~97%,无规PP的质量分数为3%~5%的PP才适合生产BOPP薄膜^[2],并且一般选用熔体流动速率为2~4 g/(10 min)的PP。另外,通过在PP薄膜的表面上共挤出一层或多层熔点较低的共聚物,可以扩大BOPP薄膜在包装工业中的应用范围。

2.2 纵、横向拉伸比

拉伸比是一个很重要的工艺参数,无论是纵向拉伸比,还是横向拉伸比,对BOPP薄膜的物理、力学性能都有重大的影响。在一定的温度下,拉伸比愈大,PP分子链的取向度愈大^[2]。即薄膜的力学强度提高、模量增大、断裂伸长率减小,冲击强度、耐折性增大,透气、光泽性变好。BOPP薄膜生产过程中的取向主要发生在纵向拉伸和横向拉伸过程中,在

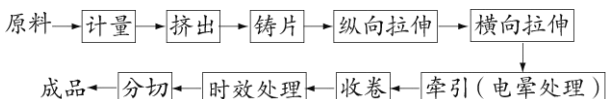


图1 BOPP薄膜双向两步拉伸法工艺流程

收稿日期: 2006-03-08

经过纵向拉伸后,高分子链呈单轴纵向取向,大大提高了铸片的纵向力学性能,而横向性能劣化。进一步横向拉伸后,高分子链呈双轴取向状态。

随着分子链取向度的提高,薄膜中伸直链段数目增多,折叠链段数目相应减少,晶片之间的连接链段逐渐增加,材料的密度和强度都相应提高,而断裂伸长率降低^[5]。因此双向拉伸可以综合改善 PP 薄膜的性能。

纵向拉伸比和横向拉伸比的差异最终决定 BOPP 薄膜纵、横向的物理、力学性能差异。如果纵向拉伸比和横向拉伸比相差不大,两个方向上的分子取向就没有明显的差异, BOPP 薄膜表现出各向同性。为了生产纵向性能高于横向性能的 BOPP 薄膜,纵、横拉伸比的选择相当重要,一般情况下,纵向拉伸比(4.5 ~5.5)小于横向拉伸比(7.5 ~9.0)^[6]。

BOPP 薄膜的横向拉伸是一个重要且复杂的过程,整个过程在一个连续的热环境中进行。横向拉伸过程具有多拉伸起始点,这主要是由横向上的某些薄弱点、较高的横向拉伸速率,以及薄膜中杂质、气泡和外观缺陷等因素造成的^[7]。多拉伸起始点易引起产品厚度不均匀。同时在横向拉伸时,有“阶梯拉伸”和“固有拉伸倍数”的问题^[2]。即在横向拉伸过程中,在薄膜的横向有若干个突然被拉伸到最大倍数的“阶梯”点。随着拉伸过程的进行,“阶梯”逐渐向两侧扩展,直至在整个幅面上全部被拉伸。在 BOPP 薄膜生产中,拉伸程度必须达到“固有拉伸倍数”,即薄膜的纵向拉伸比和横向拉伸比的乘积必须达到 40 左右。如果纵向拉伸比不足,拉伸后薄膜横向出现许多“斑马纹”或厚条道;如果横向拉伸比不足,两个边部就会出现厚条道^[8]。

2.3 温度

拉伸各区的温度分布是影响 BOPP 薄膜拉伸取向、结晶的关键因素。温度是通过聚合物粘度和松弛时间的作用来影响取向过程的。温度升高,聚合物粘度降低,在恒定应力作用下,高弹形变和粘性形变都要增大,高弹形变增加有限,粘性形变发展却很快,有利于聚合物取向。

(1) 当在高于粘流温度 T_f 或熔点 (T_m) 温度拉伸时,聚合物的大分子活动能力很强,在很小的外应力作用下就会引起分子链解缠、滑移和取向,然而在高温作用下,其分子的解取向速率也会加快,使有效取向度降低。

(2) 当温度逐渐升高到 T_g 以上时,聚合物具有

弹性,热运动的能量克服了某些物理交联点的牵制,使链段产生运动,但整个分子链尚不能移动。

(3) 当在 T_g 以下拉伸时,外力只能引起分子链伸缩、振动和键角的微小改变。塑料薄膜的拉伸温度一般在 $T_g \sim T_m$ (或 T_i) 之间,具体温度根据聚合物的性能决定。

实践证明,采用比较低的预热、拉伸温度或者拉伸后立即进行冷却,是提高 BOPP 薄膜取向度、减小结晶度的有效方法。预热温度过高会导致 PP 形成球晶,薄膜透明性下降;而拉伸温度过高,PP 链段易于解取向,不但引起热封性面层材料粘辊,而且大大降低 BOPP 薄膜的物理、力学性能。横向拉伸区的温度分布应力求均匀、稳定,否则会影响 BOPP 薄膜横向厚度的均匀性及拉伸的连续性。

PP 是结晶性聚合物,其最大结晶速率的温度约为 T_m 的 0.80 ~0.85 倍,温度越高(如在 T_m 附近)或越低(如在 T_g 附近),越难结晶。如果在拉伸过程中要防止预热、拉伸时 PP 结晶度的急剧增加^[5],选择拉伸温度时最好不要在其最大结晶速率的温度区域,而选在结晶开始熔融、分子链能够运动的温度下,即在低于 T_m 25℃ 左右的温度范围内进行拉伸^[2]。

3 BOPP 薄膜生产中常见的问题及解决办法

在生产 BOPP 薄膜过程中所要实现的主要目标首先是在尽可能高速的前提下实现连续生产,其次是提高 BOPP 薄膜的性能,保证质量,再次是降低能耗。然而,在实际生产过程中,由于多方面的原因, BOPP 薄膜出现各种各样的问题,使生产目标难以实现。笔者针对生产中常见的问题,结合引进的法国 DMT 公司的 8.2 m BOPP 薄膜生产线提出解决的办法。

3.1 铸片常见的缺陷和解决办法

3.1.1 横向条纹

(1) 大间距横向条纹 其产生原因主要有挤出熔体压力不稳、急冷辊转速或温度不均、风刀风量波动过大 3 点。其中第 1 点比较常见。造成压力不稳的因素有很多,最主要的一方面是生产线线速度提速过快,造成计量泵转速迅速提高,而另一方面主挤出机螺杆转速提高相对较慢,造成模头吐料不足,压力不稳^[9]。遇到此类情况,最好适当延长提速时间,待线速度稳定后,横向条纹自然消失。还有一种比较常见的情况,就是原料因素。在各项工艺条件控制较好,经多次调整无明显改善时,就要考虑更换

原料^[2]。

(2) 小间距横向条纹 小间距横向条纹在实际生产过程中并不常见,产生原因有 4 点:机头的角度不适宜、风刀角度或风量不适宜、机头附近气流影响、急冷辊转速不稳。可从这 4 个方面加以解决。

3.1.2 纵向条纹

在铸片过程中,有时会看到挤出铸片局部、固定位置处有连续纵向条纹。如果用这种铸片来生产 BOPP 薄膜,将导致薄膜横向厚度不均匀;收卷、分切薄膜外观出现明显的突起(暴筋)或纵向条纹。消除纵向条纹通常采取的措施有:①选用结构合理、质量好的模头,保证唇口光洁,不得有任何机械损伤。②加强熔体过滤。③及时清除唇口上的杂物,做好机头维护工作。④提高气刀吹风的均匀性。⑤合理控制挤出各段温度。⑥调整好机头相对急冷辊的位置。

3.1.3 两边翘曲

该现象主要是由附片效果不好、铸片过程中两面温差过大造成的。铸片翘曲将影响薄膜的平整性,就 PP 来说,由于铸片冷却不均匀,结晶不均匀,直接影响薄膜的成膜性。铸片边缘通常向温度较低的一面翘曲,因此在生产过程中可根据铸片的翘曲情况判断急冷辊面与水槽中冷却水温度的高低,进而考虑解决办法。

3.1.4 出现气泡

如果熔体中夹带杂质,原料含水率过高,挤出温度过高,物料加热时间过长或者挤出机、过滤器中积存空气或降解物等情况时,铸片中就可能出现气泡。在正常生产过程中如果出现气泡,要仔细观察气泡形状、颜色等,分析产生原因并加以解决。如果空螺杆开机挤出或更换新的熔体过滤器再次开机时,挤出机或过滤器中可能存有空气或降解物,此时铸片中一般会出现气泡。这种问题一般通过充分排料就可以解决。

3.1.5 边缘不整齐

铸片边缘不整齐可能是由于模唇两端密封件损坏造成边部漏料,也可能是压边系统不正常,或者是挤出熔体压力不稳。查明原因后要及时使用相应的方法解决,否则容易造成横拉脱夹。

3.1.6 其它缺陷

在铸片过程中可能还会出现铸片内含有晶点、焦料、未熔料,结晶度不适宜、光泽度不良及出现鲨鱼皮现象等缺陷。这些缺陷在工艺较成熟、技术水

平较高的生产线上一般不会出现。

3.2 拉伸破膜的原因及解决办法

在生产过程中,物料从铸片到收卷,整个过程中都有可能破膜。通常,根据破膜位置把破膜分为横拉前破膜、横拉破膜、横拉后破膜。

3.2.1 横拉前破膜

在铸片或纵拉过程中生产条件发生了明显变化、薄膜纵向厚度变化很大或铸片出现很大缺陷时,使得铸片在拉伸过程中局部拉伸应力超过了材料的允许承受应力,导致横向破膜。不过横拉前破膜在正常生产过程中很少见。

3.2.2 横拉破膜

横拉破膜在生产过程中最为常见。薄膜被高速横向拉伸时最容易破裂。一般把横拉破膜分为横向破膜、纵向破膜和脱夹破膜 3 种类型。

(1) 横向破膜 横向破膜原因很多,具体可分为:①原料中含有性能差异较大的杂质(低分子物、油污等)。②铸片上有明显的横向条纹、气泡。③各种不明显的横拉前破膜因素进一步扩大(纵向厚度波动等),使局部区域应变过大。④铸片的结晶、取向状况偏差过大。⑤过滤器损坏,片铸片杂质含量高。⑥机头漏料。⑦辊面压伤。⑧废料、设备划伤薄膜。⑨挤出、纵向拉伸温度设定不当。⑩烘箱顶部及风管上聚集的各种挥发物落到薄膜上。另外,链夹损坏也是其中一个重要原因。

(2) 纵向破膜 如果出现纵向破膜,可以从以下几个方面分析:①薄膜横向厚度偏差过大。②纵、横向拉伸比过大。③纵向拉伸时边缘温度过高。④纵向拉伸定型温度过高,铸片结晶取向不好。⑤链夹温度过高。⑥横拉烘箱内有废料划伤薄膜。

(3) 脱夹破膜 脱夹主要从膜片、夹具和工艺 3 方面分析:首先,如果铸片边缘不好或者厚度偏差大,就容易造成脱夹。此时要及时调整铸片工艺,把铸片的缺陷消除。其次,如果在正常生产中出现脱夹,经人工复位后仍然脱夹,此时就要考虑设备原因,可能是有链夹损坏无法闭合,也可能是有废膜挂在链夹上,或者可能是入口导边器失灵。出现此种情况,要立即停机,并认真检查。另外,薄膜横向拉伸时预热、拉伸温度过低,入口张力不适宜等也会造成脱夹。

3.2.3 横拉后破膜(牵引、收卷破膜)

横拉后破膜主要是由于设备故障或操作不当造成的。主要可以归纳为:①牵引、收卷张力过大。②

电晕电极与电晕辊间距过小,擦伤薄膜。③切边切刀不锋利,造成薄膜边缘不整。④吸边不及时。⑤薄膜包辊。⑥飞刀不合适,无法正常换卷等。

3.2.4 预防破膜的基本原则

- (1) 严格按照要求及规定选择使用原料。
- (2) 定期检修设备,确保设备处于正常工作状态。
- (3) 制定合理的生产工艺。
- (4) 提高工作人员的技术水平及责任心。
- (5) 及时找出破膜原因,并制定合理的解决方案。

4 结语

BOPP 薄膜生产技术进入我国不过几十年的时间,但由于对世界工业发达国家先进生产技术、设备的积极引进,加上我国专业技术人员的努力研究开发,我国的 BOPP 薄膜生产已在世界 BOPP 薄膜生产中占据重要一席。目前,BOPP 薄膜生产工艺已日趋成熟,BOPP 薄膜市场保持相对稳定,因此,在生产中及时解决问题,努力提高产品档次、质量,已

经成为各 BOPP 薄膜生产厂家共同关心的话题。

参考文献

1 聂家华.国内外 BOPP 薄膜现状及发展趋势.中国塑料,2002,16 (10):16

2 尹燕平.双向拉伸塑料薄膜.北京:化学工业出版社,1999.

3 李渝轮.双向拉伸聚丙烯薄膜横拉过程探讨.中国塑料,1994,8 (1):44

4 阚五义.关于双向拉伸薄膜拉伸比概念的讨论.塑料,1994,23 (1):35

5 Ynie H, Walzak M J, McIntyre N S. Draw-ratio-dependent morphology of biaxially oriented polypro-pylene films as determined by atomic forcemicroscopy. Polymer, 2000, 41: 2 213

6 吴增青,涂志刚. BOPP 薄膜生产过程中的取向与结晶.包装工程,2002,23(4):35

7 俞强,龚方红,刘建忠,等.间规立构聚丙烯非等温结晶行为研究.江苏石油化学学院学报,2001(1):10

8 胡小忠,柳和生,赖家美.聚丙烯薄膜的双向拉伸工艺研究.橡塑技术与装备,2004,30(4):13

9 杨学斌,崔跃飞. BOPP 薄膜生产中膜厚变化的分析与调控.中国塑料,1995,9(2):45

10 刘冠文,陈天俊.双向拉伸聚丙烯(BOPP) 薄膜.合成材料老化与应用,2001(1):24

STUDY ON PRODUCTION PROCESS OF BOPP FILMS

Hong Wei

Li Qingshan

(Shandong Labor Vocation Technology, Jinan 250022, China) (Yanshan University, Qinhuangdao 066004, China)

ABSTRACT The production and process flow of biaxially oriented polypropylene(BOPP) films are presented. The effects of material, aspect ratio in tension and temperature on the physical and mechanical properties of BOPP and generally practical problems are analyzed. The methods to solve general defects are put forward.

KEYWORDS biaxially oriented polypropylene film, cast sheet, process

北欧化工对管道行业的新贡献——独有的 PE100 管件注塑专用料

北欧化工(Borealis) 新近推出了一种专门用于 PE100 压力管道配件注塑成型的独特聚乙烯(PE) 产品——北星 Borstar HE3490-IM。该解决方案为管件制造商提供了一种替代其目前采用挤塑材料来注塑管件的更好选择——将 PE100 更高的耐压性能与 PE80 易于加工的性能相结合的材料。Borstar HE3490-IM 所达到的整体质量和性能使得从配件制造商到管道生产商、承包商和管道业主的整个价值链都将从中受益。Borstar HE3490-IM 由北欧化工特种聚烯烃产品的中东及亚太地区分销商和经销商博禄(Borouge) 进行销售。Eurostandard 公司专门生产用于压力燃气管道和水管的专用管件。该公司技术总监认为“Borstar HE3490-IM 可提供更宽的加工窗口,可使最终产品性能更优。生产周期较短、废品率较低、机械性能较好、表面质量优、翘曲变形较少、加工简便”。Borstar HE3490-IM 采用北欧化工最新推出的北星 Borstar PE 2G 专利技术开发而成,该技术是一种

可实现 PE 分子量定制以提供增值解决方案的多模式工艺。(塑机网)

东丽在华建工程塑料生产基地

东丽日前宣布将收购台资树脂化合物公司——吉祥塑料科技的 70% 股份,成立生产树脂化合物和着色品的新公司——东丽吉祥塑料科技(苏州)公司,注册资金约 500 万美元,生产能力为 1.8 万 t/a。东丽将通过此次成立新公司来强化中国华东地区的树脂化合物产品供应体制。华东地区一直是欧美汽车厂商的生产基地,但近年来日本、亚洲其它国家和地区以及欧美的电机(电子)产品厂商、家电厂商等相继涌入该地区。这样一来,工程塑料的需求量也将越来越大,因此东丽决定强化当地的供应体制。将在原来吉祥塑料科技所持技术的基础上,通过导入东丽的化合物技术,构筑高品质的生产体制。东丽将新公司定位于该地区工程塑料、ABS 树脂的高性能化合物核心基地。此前,东丽已经开始在其它地区增建或扩建工厂。华南地区方面,2005 年成立了树脂销售公司和树脂化合物生产公司。(塑工)