

十一层共挤下吹水冷高阻隔膜机组关键技术

陈俊鸿

(广东金明精机股份有限公司, 广东 汕头 515098)

摘要: 本文介绍了下吹水冷吹塑法的工艺特点及产品应用, 分析设备的现状及问题, 同时介绍十一层共挤下吹水冷高阻隔膜机组的工艺流程和关键技术。机组采用套碟组合式机头, 保证高质量复合, 缩短了物料热历程, 满足多种配方的加工; 采用风温式自动风环+测厚控制系统, 提升薄膜的厚薄均匀性; 采用真空水环, 满足宽幅生产, 提高产量; 采用低阻力夹板及低摆幅旋转牵引, 改善膜面质量; 采用智能协同控制技术, 实现了薄膜生产过程的精密闭环控制。

关键词: 下吹; 多层共挤; 套碟组合式机头; 真空水环; 夹板

中图分类号: TQ320.663

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2024)11-0019-05

DOI: 10.13520/j.cnki.rpte.2024.11.004

1 工艺特点及产品应用

下吹水冷法吹塑生产工艺最大的特点是熔体垂直往下挤出, 经水环冷却。下吹水冷法生产工艺的优势为: 一是熔体被骤冷, 薄膜制品分子间排列呈无定型结构便于加热后二次拉伸; 二是薄膜纵横向机械性能均衡并且透明度高, 可以充分展示包装物; 三是筒膜低颗粒物较适合医疗卫生要求。多层共挤是指采用三种以上功能不同的塑料粒子作为原料, 通过三台以上挤出机分别使每种塑料粒子熔融塑化后, 供入一副口模中, 经进一步加工处理, 制得多层复合薄膜, 主要目的是轻量化或减量化生产, 同时提升工艺的灵活性, 在原料成本和薄膜功能性方面取得最佳平衡点, 这一点在生产高品质、高阻隔薄膜时尤其关键。高阻隔膜是指具有一定含量的 PA、EVOH 等阻隔材料的薄膜, 具有阻水阻气等阻隔性能。

随着我国对食品安全和药品安全的监管完善, 高品质的阻隔膜市场需求越来越旺盛。其中有两个具有代表性的新增市场, 其一是预制菜, 其二是生物膜(生物科技所用的一次性膜材)。在食品包装领域(预制菜), 使用高阻隔性薄膜, 可防止由于氧气等气体的渗透而引起的微生物繁殖; 防止由于氧气渗透而引起的内容物的氧化; 防止香味、溶剂等的流出, 提高内容物的储存性; 防止由于水气的渗透而引起内容物的霉变。生物膜主要应用于抗体类药物、疫苗、血液制品、

重组蛋白类药物的生产, 对膜材性能要求为: 耐穿刺、高阻隔性、耐辐照、极低可提取物、低颗粒物。

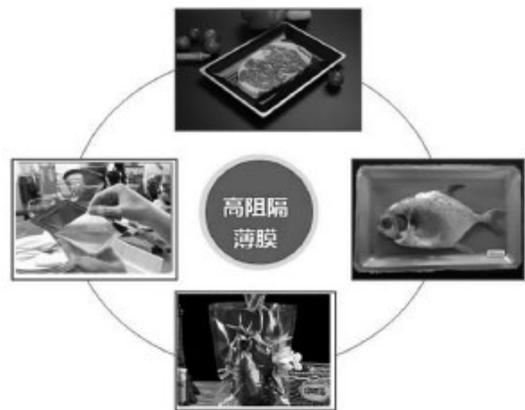


图1 高阻隔薄膜在食品包装方面的应用

2 设备现状及问题

目前我国下吹水冷装备以生产三、五、七层非阻隔膜装备为主, 其短板是很难克服膜泡自重的影响, 宽幅膜泡不稳, 单机产量受限, 很难加工高品质、高

作者简介: 陈俊鸿(1988-), 男, 机械工程师, 研发机械设计组经理, 主要从事塑料机械、多层共挤下吹水冷薄膜吹塑机组的研究开发与管理工作, 曾荣获中国轻工业联合会科学技术进步奖“高性能功能化包装膜共挤吹塑先进装备研发与应用”一等奖, 中国轻工业联合会科学技术进步奖“风电、航空专用宽幅多层膜吹塑成套装备研究及产业化”二等奖。

收稿日期: 2024-09-24

阻隔薄膜，薄膜的厚薄误差大，阻隔层无法有效减薄至 2~3 μm，配方成本高，另外装备自动化、智能化程度不高。而十一层共挤下吹水冷高阻隔膜机组能够解决或改善上述问题。

3 十一层共挤下吹水冷高阻隔膜机组的工艺流程

机组由七个单元组成，分别为供料单元、称重单元、挤出单元、冷却单元、牵引单元、收卷单元和控制单元组成，工艺流程如下：

原料烘干—原料+助剂配送—十一台三组份称重单元—十一台单螺杆挤出机—换网器—熔体管道—十一层共挤机头—风温式自动风环—真空水环—供、排水系统—V型夹板—第一牵引—除水风刀—旋转牵引—第二牵引—纠偏装置—测厚装置—微拉热定型装置—电晕处理—收卷前分边牵引—多功能组合式收卷机—包装入库。

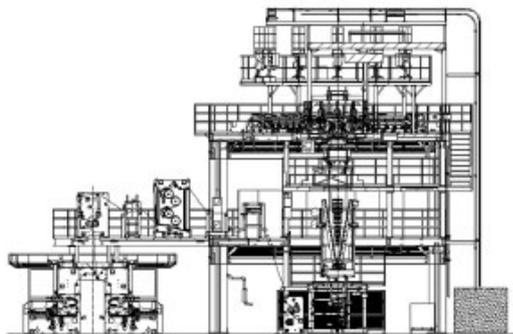


图2 机组工艺流程图

4 十一层共挤下吹水冷高阻隔膜机组关键技术

4.1 套碟组合式十一层共挤机头

机头是多层共挤装备核心部件，决定了设备的产量、成品率、薄膜的性能、薄膜的外观和能耗，制品层数越多，机头的结构就越复杂，结构不好的机头加工难、拆卸难、密封难，易产生流道线、水波纹、层间紊流、薄膜不透明、阻隔层厚薄不均、晶点多、换料换色慢等一系列问题。

目前传统多层共挤吹塑设备所采用的机头结构有两种：第一种是套筒机头（见图3），它的结构特点是每一层都有一个独立的套筒组成，套筒机头最大的优点是易于安装，热稳定性好，缺点是各层无法独立控温，各层螺旋流道长度差异大，外层流道长，滞留时

间长，外层配方切换慢，生产成本高；第二种是平面叠加机头（见图4），每一层都由两个或三个碟片组成，平面叠加机头的优点是各层独立控温，各层的螺旋流道长度相同，密封性好，缺点是汇合处流道长，特别是内层流道最长，内层配方切换慢，生产成本高。

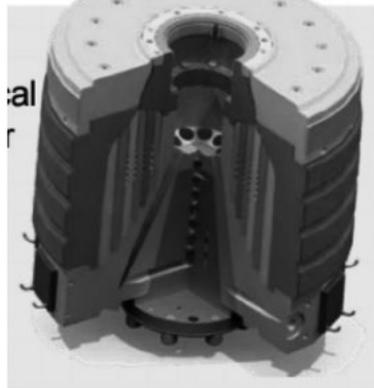


图3 套筒机头

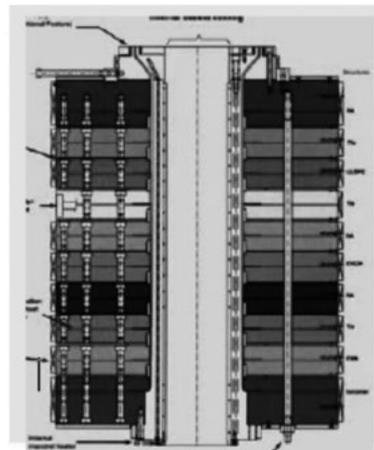


图4 平面叠加机头

十一层共挤下吹水冷设备结合套筒机头和平面叠加机头优缺点，设计成低形体、短流程的套碟组合式机头（见图5）。采用10套+1碟结构，热历程短，满足多种材料的加工；机头利用模壳做下碟片，结构更紧凑，旋套采用内外旋套分配结构，旋套壁厚可减薄30%，外形更小，热历程更短；“O”形流道设计，具有较好的自洁性，熔体流动时内部剪切差异小，分散性好，有利于缩短不同物料的切换时间及带颜色产品的生产。

4.2 自动风环与测厚控制系统

一般下吹的薄膜厚度控制是通过手动调节口模的螺丝来改变口模间隙，实现厚度的调节，且每次都要手动测量薄膜厚度再对口模间隙进行调整，调整的精

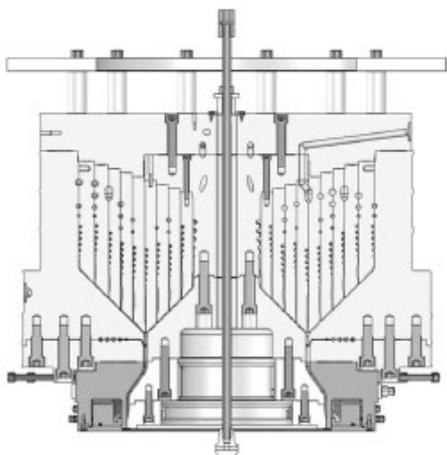


图5 套碟组合式十一层共挤机头

度较难控制，调整效率很低，过程浪费多。

该机组采用风温式自动风环+测厚控制系统实现薄膜的自动控制。一般自动风环有风量式和风温式两种，风量式自动风环是通过改变风环各点出风口的风量来调整厚薄，风量大，膜泡冷却快，后面拉伸小，所以厚度变厚，反之，风量小，薄膜变薄，但是下吹膜泡熔体强度低，风量太大容易造成膜泡不稳及水环入水口水流不稳，所以不适合下吹使用；风温式自动风环是在风环各点出风口处安装有加热棒，通过吹热风来调整厚薄，风温高，膜泡冷却慢，拉伸后薄膜变薄，反之，风温低，薄膜变厚。风温式自动风环风量不用太大，不会对膜泡及水流造成影响，适合下吹机组使用；

另外在膜路上安装测厚仪，测厚仪将测量的厚度反馈给控制系统，控制系统再根据设计好的程序调整自动风环加热棒的温度，实现薄膜厚度的自动控制。一般来说，采用自动风环可以将薄膜的厚度均匀性提升2~3个百分点。

4.3 真空水环

一般下吹水冷采用普通自溢式水环（见图6），即水室的水满了之后从水环内圈溢出，与膜泡接触，其冷却作用，但有几个难题需要解决：一是水和膜泡直接接触，若水量太大冲击导致膜泡抖动，会影响膜泡稳定性及制品的厚度均匀性；二是水附在膜上，会增加膜泡的重量，膜泡难以稳定，通常会在水环底部绑一圈纱布来托着膜泡，不过宽幅的膜泡一样很难稳定；三是水冷却速率快，薄膜柔软，膜泡内压低，易产生皱褶和凹兜；四是膜泡容易进空气，影响冷却效果及膜面质量。

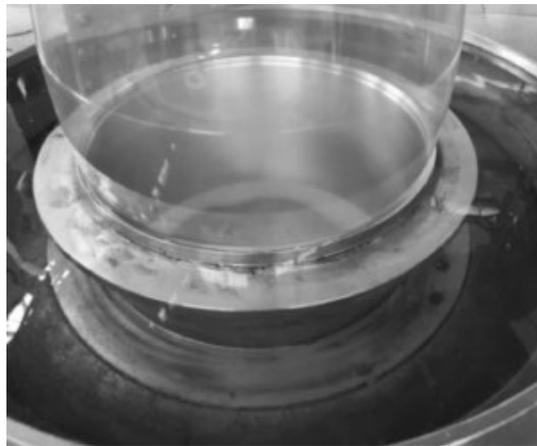


图6 普通自溢式水环

该机组采用真空水环（见图7），真空水环由带螺旋水道的内圈、水室、真空腔、羊毛毡、真空泵、供水系统等组成。供水系统主要分两路，主冷却水大流量，接水环内圈，经螺旋水道密闭循环，冷却水套内壁，间接冷却膜泡；辅冷却水经过水室溢出，和膜泡接触，水量较小，对膜泡的冲击减少；水室下方安装真空腔，一方面将膜泡和水环之间的空气抽走，保证膜泡和水环内壁贴紧，冷却界面稳定，另一方面，真空腔的负压会加速辅冷却水的流动，即使水量加大，也不会对膜泡有太大冲击，加大冷却效率；在真空腔内表面与膜泡接触的位置安装柔性羊毛毡，羊毛毡可透气透水，辅冷却水经过羊毛毡被抽走，膜泡贴紧羊毛毡产生摩擦力，以此抵消膜泡的自重，膜泡内压增大，可实现宽幅生产；真空泵变频调速，根据膜的宽度和厚度来调节抽气量，改变真空度，达到最佳的平衡点。



图7 水气分离式真空水环

真空水环的使用，解决传统普通水环易产生气泡、膜泡难稳定等问题，通过真空吸附克服膜泡自重，提升设备生产效率，解决了传统水环无法生产宽幅薄膜

的难题。

4.4 低阻力带托举功能的 V 字夹板

一般下吹设备的 V 字夹板是采用不锈钢板加工而成(见图 8),膜泡与不锈钢板直接接触,且在不锈钢板表面滑动,摩擦阻力大,容易划伤膜面,另外因为拖拽,膜泡圆周方向上各点的张力差异大,特别是夹板方向与两侧的张力差异更大,做宽幅时膜面容易不平整。

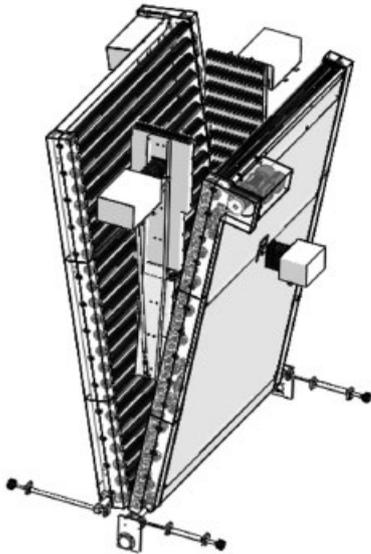


图 8 低阻力带托举功能的 V 字夹板

该机组采用低阻力带托举功能的 V 字夹板,夹板由带动力的碳纤维辊筒组成,辊筒外面套硅胶套,辊筒转动阻力低,速度可调,工作时辊筒速度比膜泡速度略慢,辊筒与膜泡接触时,对膜泡起到反向托举作用,增大膜泡内压,且胶套不会划伤膜面,另外夹板两侧各安装一排角度及位置可调的护膜辊,护膜辊压着膜泡,使得膜泡在圆周方向上受到的张力差异减少,可以改善膜面平整性。

4.5 低摆幅旋转牵引

传统下吹法 V 字板和牵引收卷都安装在一个旋转盘上,旋转盘中心就是机器的中心,旋转盘旋转时 V 字板就可以绕膜泡旋转,这种收卷旋转的方式在膜卷的处理、上芯等环节存在操作不便问题。

为提升设备操作的便利性,采用下旋转牵引装置,旋转时根据薄膜跑偏位置动态调整旋转牵引气垫辊前后方向的位置,该机构由薄膜测宽装置、薄膜位置检测装置和气垫辊微调装置组成;当检测机构发现薄膜偏摆位置变化后,根据程序设定,气垫辊微调装置启动,将上、下气垫辊动态调整到最佳位置处,保证薄

膜在进、出旋转牵引过程中在辊筒轴向位置上不会发生跑偏。若将跑偏控制在 ± 20 mm 以内,可解决或改善褶皱和荡边问题。

4.6 智能协同控制技术,实现了薄膜生产过程多工位多参量的精密闭环控制

下吹水冷工艺复杂,整机的控制点多,采用人工控制容易出错,需要有一套在线协同换单软件进行控制,以保证从开机产量到目标产量的快速平稳过渡以及各个部件在提产过程中自动动作,减少人力劳作。

在线协同换单控制,用户只需要输入目标产量、厚度两个变量,就能实现对整机生产过程的控制。其机理是将用户输入的目标产量、厚度、制品宽度和提产时间这四个要素量化为各部件的具体控制数值,各部件再根据具体数值进行动作,从而达到成型和生产过程智能化。

(1) 整套控制软件核心主要依托强大的数据库功能和数字化处理单元,数据库为各种计算模型提供数据依据,数字化处理单元为过程控制提供精确控制保障,整个换单过程通过配方调用的形式进行,实施易换单功能的过程控制,过程控制完成后,再由各部件进行闭环控制(如挤出、厚度等),消除各种环境因素、系统扰动为薄膜带来的品质影响,从而提升产品品质。采用数据库处理过程控制的好处在于,能确保换单时间短,不受各种扰动带来的影响,从而保障过程的高效和高可靠性。

(2) 本机组构建了可视化的易维护操作平台,通过视频、文字、机械报障图等多维度对各部件的维护、维修等进行了可视化详解,形象生动,另外再结合远程维护操作技术,实现对设备的易维护操作(见图 9)。

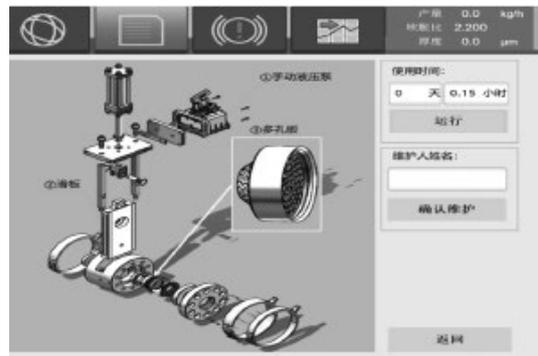


图 9 易维护操作截图

(3) 本机组的另一个智能化体现在数据分析和数据接入上,在基于整机各个部件数字化基础上,将整个生产过程数据记录分为工艺数据记录和成品数据保

存两大部分,工艺数据记录保持于本地服务器,方便工艺人员对工艺条件改善及成品质量进行分析,成品数据记录既可保存于本地服务器,亦可上传至上位数据中心,整个设备网络设置了数据接入口,可接收细化上位数据中心发送的订单信息,通过网络化、在线协同升速提产控制、数据化,使整个生产过程实现闭环化、生产数据透明、产品质量可追溯,达到了提高资源利用效率,实现高效率、成本低、快速响应、个性化生产等。

5 结语

十一层共挤下吹水冷高阻隔膜机组具有产量高、

成品率高、配方适应性广、配方成本低、阻隔层厚度更均匀、薄膜纵横向物理性能一致、筒膜制袋后极低可提取物、低颗粒物等优势,且智能化、自动化程度高,该机组工艺配方自适应、故障诊断工艺控制等功能操作容易,性能先进,明显降低工人的劳动强度和操作难度,产品使用和维护更符合薄膜行业未来的发展。

参考文献:

- [1] 李浩. 递进式真空定径冷却装置在三泡法吹塑工艺中的创新应用[J]. 橡塑技术与装备, 2021,47(10):32-42.
[2] 关文强. 三层共挤自黏保护膜机组的关键技术[J]. 橡塑技术与装备, 2020,46(14):26-29.

Key technology of eleven layer coextrusion bottom blown water-cooled high resistance diaphragm unit

Chen Junhong

(Guangdong Jinming Precision Machinery Co. LTD., Shantou 515098, Guangdong, China)

Abstract: This article introduces the process characteristics and product applications of the bottom blown water-cooled blow molding method, analyzes the current situation and problems of the equipment, and also introduces the process flow and key technologies of the eleven layer coextrusion bottom blown water-cooled high resistance diaphragm unit. The unit adopts a disc set combination head to ensure high-quality composite, shorten the material thermal process, and meet the processing requirements of various formulas; Adopting a wind temperature automatic wind ring and thickness measurement control system to improve the uniformity of film thickness; Adopting vacuum water ring to meet wide width production and increase output; Adopting low resistance clamps and low swing rotation traction to improve the quality of the membrane surface; By adopting intelligent collaborative control technology, precise closed-loop control of the thin film production process has been achieved.

Key words: downward blowing; multi layer coextrusion; disc set combination machine head; vacuum water ring; splint board

(R-03)

《橡塑技术与装备》投稿邮箱: crte@chinarpte.com

欢迎投稿, 欢迎订阅, 欢迎惠登广告