

口模异型化设计在优化挤出吹塑中空工业制件壁厚分布中的应用*

黄虹 邱方军 王海民 刘伟

(重庆理工大学材料科学与工程学院, 重庆 400050)

摘要 以典型中空工业制件为研究对象,详细分析了影响挤出吹塑成型制件壁厚分布的主要因素,针对性地提出了口模异型化设计方案,并通过多次试模分析和修改设计方案,加工出合理的异型口模,较大地提高了制件壁厚分布的均匀性,提出了一种优化挤出吹塑成型中空工业制件壁厚分布的有效措施。

关键词 挤出吹塑 中空工业制件 壁厚均匀性 口模异型化 优化

挤出吹塑成型由于成型过程连续、成型设备和模具造价低、适应性强和生产成本低等特点,广泛应用于各种中空容器以及一些复杂工业制件的成型。但挤出吹塑成型制件普遍存在壁厚不均匀问题,严重影响了制品的质量和使用性能,已成为制约挤出吹塑成型发展的最大瓶颈^[1]。口模异型化主要是针对吹塑制件由于形状复杂造成的壁厚不均问题,在挤出机头口模或芯棒局部位置开设凹槽,增大对应制件拐角处的口模间隙,以增加型坯局部位置的壁厚,得到异型化的型坯,从而得到壁厚较为均匀的制件^[2]。目前,口模异型化设计研究过程中对形状复杂的中空工业制件涉及很少,笔者以重庆某公司生产的塑料油箱制件作为研究对象,分析影响其壁厚分布的主要因素,通过口模异型化设计优化其壁厚分布。

1 影响挤出吹塑成型制件壁厚均匀的主要因素

挤出吹塑成型过程复杂,原材料性质、制件形状、吹塑中各部位的变形量、成型工艺参数、型坯成型阶段的离模膨胀及垂伸、模具温度等都会影响制件的壁厚分布^[3-4]。对于不同制件,各个因素的影响程度有所不同。图1为重庆某公司生产的挤出吹塑油箱照片,其原材料为高密度聚乙烯4265AG,制

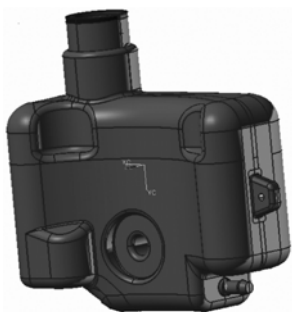


图1 挤出吹塑油箱照片

件容积为1.5 L,壁厚 H 要求大于等于1.5 mm。由图1可以看出,制件形状复杂,拐角和凸边较多,箱体中间为通孔,右侧有螺母嵌件,截面形状不断变化,为典型的复杂工业制件。图2为该油箱剖面图,其平直段壁厚较厚,为6.00~7.24 mm,而制件拐角等部位壁厚较薄,只有1.36~2.00 mm,壁厚分布极不均匀,最小壁厚还没有达到要求。其原因可能是在吹塑过程中,制件拐角部位吹胀比较大,型坯拉伸变形程度大,壁厚变薄;而其余部位吹胀比小,型坯拉伸变形程度小,壁厚相对较大。



图2 挤出吹塑油箱剖面照片

因此,考虑通过口模异型化设计,定向增大制件拐角对应位置的型坯厚度,通过吹胀使制件该部位壁厚增厚,以弥补由于拉伸变形程度大而引起的壁厚减小现象,提高制件壁厚分布的均匀性。

2 口模异型化方案的设计及优化

2.1 异型口模的设计

在口模开设凹槽后会对聚合物熔体的流动情况产生较大影响,进行口模异型化设计必须综合考虑挤出机结构、熔体流动性能、型坯质量要求、制件形状、成型工艺等因素,应在聚合物流变学基础上充分了解挤出机头结构和挤出工艺。通过该油箱制件成型过程进行分解,确定了4个凹槽的宽度、深度及

* 重庆市科委科技攻关计划项目(CSTC2008AC3025)

收稿日期:2009-09-22

相对位置,结合口模的基本尺寸,完成异型化设计方案,如图3所示。图3中,在口模内侧面开设4个凹槽,深度分别为2.56、1.70、0.85、0.85 mm,宽度分别为20°、16°、20°、16°,两两对称分布。口模中设置热电偶孔,与机头对应,可以作为异型化口模的安装定位孔,以保证口模安装过程中凹槽方位与吹塑模具型腔拐角部位准确对中。由于口模内表面为上窄下宽的圆台形结构,凹槽沿口模内表面逐渐增大,但对应角度不变。为了便于熔体流动、增加熔体流动稳定性、减少分流痕迹,凹槽底面设计为光滑圆弧面,且凹槽侧边与口模内壁面之间采用圆角连接,平滑过渡。

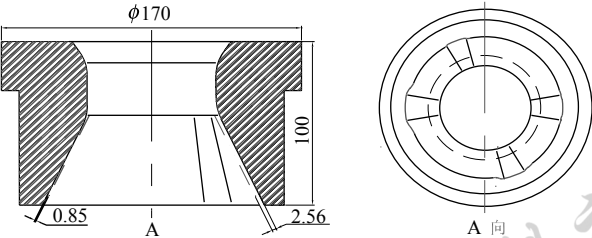
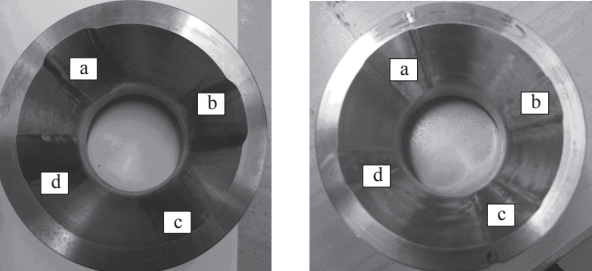


图3 异形口模结构图

2.2 异形口模的试验及优化

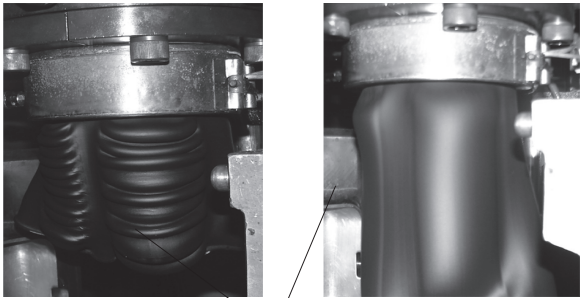
根据凹槽尺寸及相对位置,结合口模主体的基本尺寸,模具材料选择45#钢,加工的异形口模如图4所示。图4中,a、b、c、d为开设的4个凹槽,分别与制件的4个拐角相对应,尺寸与图3一致。



(a) 初始异形口模; (b) 优化后的异形口模

图4 异形口模照片

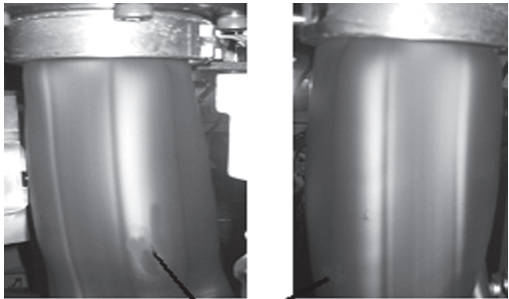
图5示出初始异形口模挤出型坯照片。试模过程中,深度为2.56、1.70 mm的凹槽a、b部位型坯发生褶皱现象,如图5a所示;深度为0.85 mm的凹槽c、d部位型坯基本正常,如图5b所示。该型坯无法进行下一步成型加工。通过加大口模与芯棒之间的间隙,增大型坯厚度,减小凹槽和无凹槽处口模与芯棒之间的相对间隙,褶皱现象有所缓解,但制件质量达到440 g,远远超过原普通口模成型制件的质量(380 g),且制件外观较差,失去实际意义。在挤出



(a) 挤出型坯正面; (b) 挤出型坯背面

图5 初始异形口模挤出型坯照片

过程中,由于异形口模与芯棒之间各处间隙不同,凹槽深处间隙大,熔体挤出流动时阻力小,流动速度快;而无凹槽处口模与芯棒之间间隙小,流动阻力大,流动速度慢。由于型坯是一个整体,流速快的会受到制约,如果口模与芯棒之间的间隙差异过大,挤出速率差异也较大,使得凹槽较深的两处挤出型坯上出现严重的折叠现象,如图5a所示,将严重影响吹塑制件的表面质量;而凹槽较浅的两处挤出的型坯表面光洁,与无凹槽处过渡平滑,没有出现折叠现象,如图5b所示,不会影响吹塑制件成型。因此对原异型化设计方案进行修改和优化,根据凹槽截面积相等原则,保持凹槽中心相对位置不变,将凹槽深度减小,宽度增长;同时考虑挤出成型对凹槽的对称性要求、凹槽边缘的圆滑过渡要求,将4个凹槽深度统一为1 mm,宽度分别增大为30°、20°、30°、20°,并在每个凹槽两端设计5°左右的过渡段,修改设计方案,并重新加工异形口模,如图4b所示;经改进后异形口模挤出型坯质量提高较大,无明显侧弯及褶皱现象,如图6所示;且型坯外观质量良好,可以进行下一步吹塑成型。



(a) 挤出型坯正面; (b) 挤出型坯背面

图6 优化后异形口模挤出型坯照片

调节口模与芯棒的间隙,待型坯挤出稳定后进行吹塑成型,观察并记录吹塑情况。不断缩小口模

与芯棒的间隙, 缩小型坯壁厚及制件整体壁厚, 观察型坯挤出和制件吹塑情况, 直至无法得到完好制件为止。由此得到整体壁厚最小、质量最轻的制件, 也是修改后的异型口模所制得的最优制件, 如图 7 所示, 图 8 为制件剖截面图。由图 7、图 8 可以看出, 采用优化后的异型口模, 成型制件外形饱满, 表观质量好, 壁厚较为均匀, 拐角部位没有出现壁厚较薄的现象。称量其质量为 275 g, 与用普通口模成型的制件相比减少 105 g。在此条件下, 吹塑成型 10 个制件, 进一步比较和分析。



图 7 优化异型口模后成型油箱照片

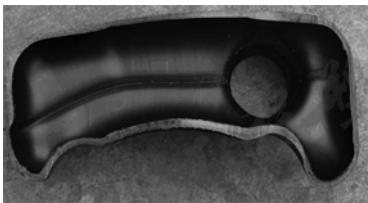


图 8 优化异型口模后成型油箱剖截面照片

3 口模异型化设计方案的效果分析及讨论

分别选取 3 个普通口模成型制件和异型口模成型的最优制件, 称量制件及其成型余边质量; 将各个制件在相同位置剖开, 如图 9 所示, 测量各个位置壁厚(测量点参照图 10), 取平均值; 通过比较对异型化设计的效果进行分析。



图 9 吹塑油箱剖开位置

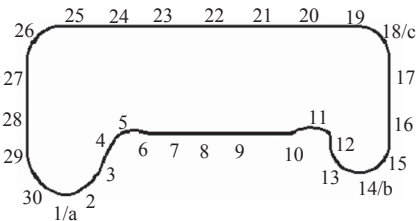


图 10 油箱壁厚测量点

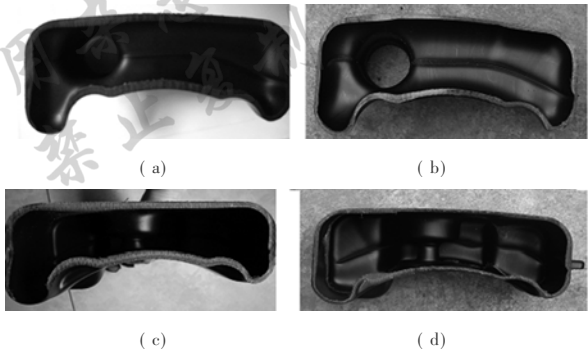
(1) 制件质量比较 经过称量, 得到普通口模和异型口模成型的制件及余边的质量关系如表 1 所示。

表 1 普通口模和异型口模成型制件及余边质量 g

口模类型	制件 1		制件 2		制件 3		平均值	
	制件	余边	制件	余边	制件	余边	制件	余边
普通口模	375.6	352.4	380.8	360.2	378.4	356.8	378.3	356.5
异型口模	275.2	305.2	276.8	305.6	271.4	300.8	274.5	303.9

从表 1 可以看出, 采用异型口模后制件和余边的质量减轻较大, 制件质量平均减少 103.8 g, 余边质量平均减少 52.6 g; 每成型一个制件, 就可以节约原料 160 g 左右。

(2) 制件壁厚分布均匀性比较 图 11 为普通口模和异型口模成型制件的剖件对比照片, 从图 11 可以看出, 采用异型口模后, 制件拐角部位的壁厚过薄现象有了较大改善, 壁厚均匀性显著增加。



a—普通口模成型剖件上截面; b—异型口模成型剖件上截面;
c—普通口模成型剖件下截面; d—异型口模成型剖件下截面

图 11 不同口模成型制件剖件对比照片

参照图 10 测量点, 选取 3 个异型口模成型制件, 测量各个位置壁厚, 并计算出制件的平均壁厚, 结果如下:

原口模制件平均壁厚 $\bar{H} = 5.02 \text{ mm}$

异型口模制件平均壁厚为 $\bar{H}' = 3.73 \text{ mm}$

为更好地比较分析制件的壁厚分布情况, 引入偏差值 Δ 的概念, 以表示制件各点壁厚相对于制件平均壁厚的偏移量, 如式 (1) 所示:

$$\Delta = \sqrt{\sum (h_i - \bar{H})^2}$$

(1)

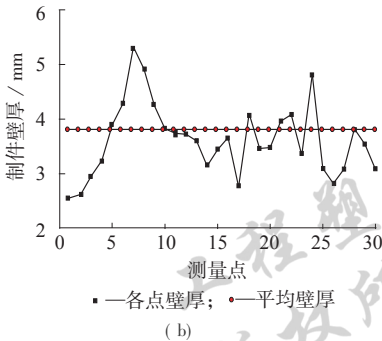
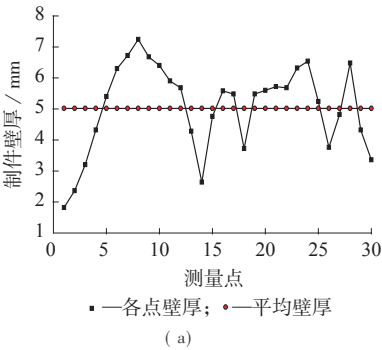
式中: $h_i (i = 1, 2 \cdots)$ 表示制件各点壁厚值, $\bar{H}$ 表示制件平均壁厚。

由式 (1) 可以看出, 偏差值越大, 制件各点壁厚相对于制件平均壁厚的偏移量越大, 壁厚分布均匀性越差。结合原成型制件各点壁厚及平均壁厚值, 得到普通口模和异型口模成型制件壁厚关系表及壁

厚分布曲线,分别见表2及图12。

表2 普通口模和异型口模成型制件壁厚比较

口模类型	最大壁厚/mm	最小壁厚/mm	最大壁厚差/mm	平均壁厚/mm	偏差值
普通口模	7.24	1.82	5.42	5.02	7.59
异型口模	5.32	2.56	2.96	3.73	3.67



a—普通口模成型制件壁厚分布曲线;
b—异型口模成型制件壁厚分布曲线

图12 制件壁厚分布曲线

由表2可以看出,采用异型口模后,制件的最大

壁厚差由5.42 mm减少到2.96 mm,壁厚分布范围显著缩小;同时,制件的平均壁厚减小,各位置壁厚相对于平均壁厚的偏差值由7.59减少到3.67,壁厚分布均匀性显著增加。从图12可以看出,采用异型口模成型的制件各点壁厚更接近于制件的平均壁厚,波动幅度减小,壁厚分布均匀性显著增加。

4 结语

在聚物流变学基础上,全面分析了影响制件壁厚分布不均的主要因素,针对性地提出了口模异型化设计的优化方案,加工出异型口模,进行了多次实验。并对设计方案进行了修改和优化,加工出最优的异型口模,极大地提高了制件壁厚分布的均匀性。

采用异型口模后,制件质量大为减轻,有效地降低了生产成本。同时,制件壁厚分布的均匀性大幅增加,起到了预期效果。因此口模异型化设计可以作为一种优化壁厚分布的有效措施。

参考文献

[1] 黄汉雄.塑料吹塑技术[M].北京:化学工业出版社,1996:9-12.

[2] 赖家美,柳和生,黄汉雄,等.影响挤出吹塑制品质量的成型工艺分析[J].中国塑料,2004,18(5):64-67.

[3] 黄虹,刘伟,唐丽文,等.玻纤增强PP挤出吹塑性能研究[J].工程塑料应用,2007,35(12):46-49.

[4] 黄虹,刘春,黄强.中空塑件单管坯挤出-多型腔吹塑工艺研究[J].中国塑料,2004,18(7):54-57.

[5] 黄汉雄.聚合物结构与吹塑成型及吹塑制品之间的关系[J].现代塑料加工应用,1993(3):1-9.

APPLICATION RESEARCH OF THE DESIGN OF ALLOTYPE DIE ON THE OPTIMIZATION OF THE WALL THICKNESS DISTRIBUTION OF TYPICAL HOLLOW INDUSTRY PARTS

Huang Hong, Qiu Fangjun, Wang Haimin, Liu Wei

(Engineering School of Chongqing University of Technology, Chongqing 400050, China)

ABSTRACT Taking a typical hollow industry parts as the main research object. The main factors that influenced the wall thickness distribution of the extrusion blow molding products were analysed in detail. An optimization scheme about the design of allotype die was put forward, the optimized allotype die was manufactured, the uniformity of the wall thickness distribution of the product was improved greatly, and an effective measures to optimize the wall thickness distribution of the extrusion blow molding products was put forward.

KEYWORDS extrusion blow molding, hollow industry parts, wall thickness distribution, allotype die, optimization

英空中客车公司采用碳纤维增强塑料
作为机翼设计材料

英国空中客车公司 A350 客机机翼几乎全部使用碳纤维增强塑料,并且采用新的“脉冲”生产线概念,旨在减少30%的单元装配成本。这些 A350 机翼将在水平位置装配,而且机翼将“脉冲”通过工作站。钻孔将是完全自动的。

空客已经生产出一个“近原型”机翼试验件来验证组件的制造和装配方案。A350 的机翼将在公司位于北威尔士布萊顿的工厂内装配,该工厂预计 2010 年末建成。空客项目执行副总裁表示,A350 开发大体上是“很好的”,“很多验证件正在建造。我们实际上在建造试验件。设备正在订购,工装正在制作。” (中色网)