

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2012.09.009

PE 弯头管件的挤出压缩工艺研究^{*}

成升文^{1,2}, 梁业兴^{1,2}, 贺建平^{1,2}, 冯鑫江^{1,2}, 黄虹宾^{1,2}

(1. 深圳大学机电与控制工程学院, 广东深圳 518060; 2. 深圳大学深圳市模具先进制造技术重点实验室, 广东深圳 518060)

摘要: 采用挤出压缩工艺制备了聚乙烯(PE)弯头管件, 对管件尺寸精度的影响因素进行了研究, 着重探讨了模腔温度、压缩时间与管件尺寸精度之间的关系。结果表明, 当压缩压力为 25 MPa、熔体温度为 220℃、定模内腔温度为 60℃、压缩时间为 12 min 时, 利用挤出压缩工艺制备的 PE 弯头管件尺寸精度最高, 且高于优化后的注塑工艺。

关键词: 弯头管件; 聚乙烯; 挤出压缩; 模具; 尺寸精度

中图分类号: TQ320.66+2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2012)09-0036-04

Extrusion Compression Technology of PE Elbow Pipe

Cheng Shengwen^{1,2}, Liang Yexing^{1,2}, He Jianping^{1,2}, Feng Xingjiang^{1,2}, Huang Hongbin^{1,2}

(1. College of Mechatronics and Control Engineering, Shenzhen University, Shenzhen 518060, China; 2. Shenzhen Key Laboratory of Advanced Manufacturing Technology for Mold & Die, Shenzhen 518060, China)

Abstract: Polyethylene (PE) elbow pipes were prepared by extrusion compression technology and the influence factors on dimension precision of the pipes were studied. The relationships between mold cavity temperature, compress time and dimension precision of the pipes were explored emphatically. The results showed that when compress pressure was 25 MPa, the melt temperature was 220℃, mold cavity temperature was 60℃, compress time was 12 min, the dimension precision of PE elbow pipe prepared by extrusion compression technology was the highest and it was better than that of the pipe prepared by injection molding process after optimization.

Keywords: elbow pipe; polyethylene; extrusion compression technology; mold; dimension precision

弯头管件主要用于自来水、天然气等输送管件系统, 接口部分尺寸精度要求高, 虽然在塑料制品中有 80% 是通过注塑进行成型加工的^[1], 但一般注塑工艺难以满足弯头管件的尺寸精度要求。挤出压缩工艺是利用挤出机将挤压出的熔融塑料导入模具型腔, 再借助外部压力将熔融塑料压制成型的一种新型工艺。在挤出压缩成型过程中, 塑料熔体在较低的压力下注入模具型腔, 而后在型腔中再受到压缩, 熔体受到的剪切应力不大, 加之压缩时作用到熔体上的压力又比较均匀, 因此管件的精度重复性得到提高。成型过程中, 管件取向度低、内应力小、各向的收缩也接近于相等。由于管件在模腔中一边冷却, 一边压缩, 使管件表层和芯层的塑料均能得到很好的补充, 从而能够在很大程度上解决大变形等缺陷。

国外的巴顿费尔公司、Summerer 技术公司和 Exatec 公司首次在欧洲展示了三家公司合作开发的一种大型车窗生产方法——IMPmore 注射压缩成型工艺^[2], 生产的制品几乎没有内应力, 生产的车窗面积可达 1 m²。然而国内外关于挤出工艺与压缩

工艺结合的文献较少。为此, 笔者基于某大公司的聚乙烯(PE)弯头管件, 设计并制造了相应的挤出压缩模具, 探讨了挤出压缩成型中重要参工艺数与管件尺寸精度之间的关系, 并与相同条件下的注塑工艺进行了对比。

1 重要工艺参数的选择

影响 PE 弯头管件尺寸精度的工艺参数较多, 包括熔体温度、挤出速度、压缩压力、压缩时间、模腔温度等。由于 PE 的熔融温度一般在 220℃左右, 并且在挤出压缩成型过程中比较重要的是压缩部分, 因此对于熔体温度、挤出速度、压缩压力的要求并不是非常严格, 达到基本要求即可。

模腔温度将直接影响到塑料熔体的充模是否顺利, 也影响成型时的管件定型速度, 进而影响管件质量。在一定范围内, 模腔温度升高, 成型周期缩短,

^{*} 国家自然科学基金项目(60978039)

联系人: 黄虹宾, 博士后、教授, 主要从事注塑工艺、节能技术、高光模具及设备等方面的研究工作

收稿日期: 2012-06-18

生产效率提高,但如果模腔温度过高,将使管件表面颜色暗淡,并且由于管件外层首先凝固,影响塑料的流动,将引起充模不满。另外,模腔温度过高,也会使管件定型周期过长、成型不良,其表面将会无光,物理力学性能也会大幅度下降,因此模腔温度是挤出压缩工艺中极其重要的参数之一。

压缩时间对管件性能的影响同样重要,压缩时间过短,管件成型不良,其外观质量差、力学性能下降、易变形。适当增加压缩时间,可以减少管件收缩率,提高其物理力学性能,但如果压缩时间过长,不仅降低生产率,严重时会使管件破裂。因此压缩时间同样是挤出压缩工艺中非常重要的参数之一。

综合以上分析,笔者以模腔温度和压缩时间为挤出压缩工艺的重要参数,通过优化这两种工艺参数,以解决 PE 弯头管件尺寸精度差等问题。

2 PE 弯头管件参数

PE 弯头管件的二维剖面图如图 1 所示。

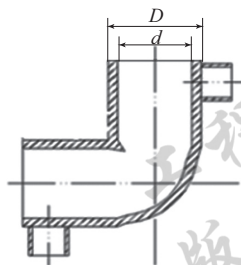


图 1 PE 弯头管件二维剖面图

主要设计参数如下:管件外直径 $D=52.00$ mm, 管件内直径 $d=42.50$ mm, 质量 $m=126.42$ g, 体积 $v=137862.61$ mm³。

3 模具设计及试验方法

3.1 挤出压缩模具设计

PE 弯头管件模具的装配图和爆炸图如图 2 和图 3 所示。

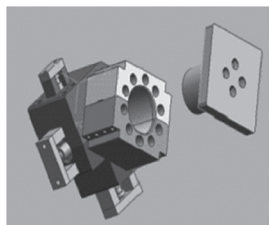


图 2 模具装配图

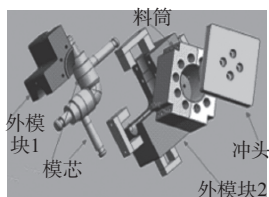


图 3 模具爆炸图

模具的安装如图 4 所示。

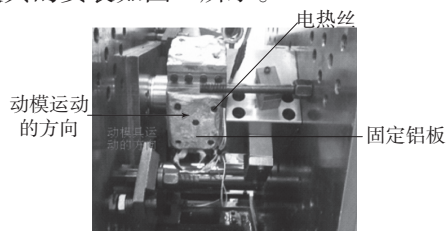


图 4 模具安装图

3.2 试验流程

加热塑料时,将挤出机的加热温度调到 220℃,为了防止熔体进入模腔时迅速冷却,用电热丝和固定铝板加热模腔,当模内温度达到设定值时开始试验。最终制备的 PE 弯头管件如图 5 所示。



图 5 制备的 PE 弯头管件实物图

3.3 试验方法^[3]

首先研究不同模腔温度参数对管件尺寸精度的影响,设定压缩压力 25 MPa、压缩时间为 12 min,熔体温度为 220℃,模腔温度选取 7 个水平(30,40,50,60,70,80,90℃)进行单因素试验,通过试验确定最佳的模腔温度。

将上述试验得到的最佳模腔温度作为设定值,压缩压力和熔体温度均保持为 25 MPa 和 220℃,研究了不同压缩时间对管件尺寸精度的影响,压缩时间选取 7 个水平(3,6,9,12,15,18,21 min)进行单因素试验,从而得到最佳的压缩时间参数。

最后,在最佳模腔温度和压缩时间下,对比了挤出压缩和注塑两种工艺成型 PE 弯头管件的尺寸精度。

3.4 评价标准

(1) 自定义圆度参数

在优化挤出压缩工艺参数的试验过程中,以管件外、内直径的自定义圆度参数 M_1 与 M_2 为管件尺寸精度的评价标准,相应的计算公式如式(1)、式(2)所示。

$$M_1 = (D_1 - D_0)^2 + (D_2 - D_0)^2 + \dots + (D_n - D_0)^2 \quad (1)$$

$$M_2 = (d_1 - d_0)^2 + (d_2 - d_0)^2 + \dots + (d_n - d_0)^2 \quad (2)$$

式中: $D_1, D_2, \dots, D_n$ ——多次测量弯头管件的外直径数据;

$d_1, d_2, \dots, d_n$ ——多次测量弯头管件的内直径数据;

D_0, d_0 ——弯头管件的设计外、内直径(52.00, 42.50 mm)。

(2) 收缩率

挤出压缩最佳工艺参数确定后,以管件外、内直径方向收缩率 K_1, K_2 为挤出压缩和注塑两种工艺下成型管件的尺寸精度评价标准,相应的计算公式如式(3)、式(4)所示。

$$K_1 = (D_0 - D) / D_0 \quad (3)$$

$$K_2 = (d_0 - d) / d_0 \quad (4)$$

式中: D, d ——管件的外、内直径测量平均值。

4 数据整理与分析

4.1 模腔温度参数变化的分析

不同模腔温度下所测量的 PE 弯头管件的外、内直径参数如表 1 所示。

表 1 不同模腔温度下测量的 PE 弯头管件的外、内直径 mm

模腔温度 / °C	D_1	D_2	D_3	$D_{\text{平均}}$	d_1	d_2	d_3	$d_{\text{平均}}$
30	51.40	51.70	50.72	51.20	41.42	41.44	41.46	41.44
40	51.14	51.18	51.40	51.14	41.50	41.62	41.66	41.59
50	51.40	51.36	51.20	51.00	41.74	41.70	41.72	41.72
60	51.46	51.44	51.48	50.80	41.98	42.00	42.02	42.00
70	51.52	51.48	51.44	51.48	42.00	42.06	42.06	42.04
80	51.44	51.48	51.46	51.46	42.08	42.06	42.04	42.06
90	51.46	51.44	51.42	51.44	42.06	42.02	42.04	42.04

由表 1 计算得到的不同模腔温度下的圆度参数如图 6 所示。

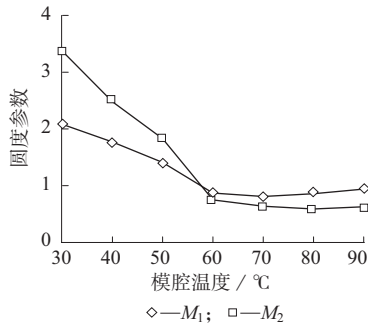


图 6 模腔温度与圆度参数之间的关系

由图 6 可以看出,在一定范围内,随着模腔温度的不断升高, PE 弯头管件的圆度参数不断减小,意味着其尺寸精度不断提高,当定模内腔温度达到 60℃时,圆度参数基本稳定,之后随着模腔温度的进一步提高,圆度参数的变化趋于平稳,意味着管件尺寸精度基本达到稳定状态。故模腔温度的最佳值为 60℃。

4.2 压缩时间参数变化的分析

不同压缩时间下所测量的 PE 弯头管件的外、

内直径参数如表 2 所示。

表 2 不同压缩时间下测量的 PE 弯头管件的外、内直径 mm

压缩时间 / min	D_1	D_2	D_3	$D_{\text{平均}}$	d_1	d_2	d_3	$d_{\text{平均}}$
3	51.12	51.24	50.88	51.08	41.46	41.42	41.28	41.38
6	51.00	51.20	51.16	51.12	41.68	41.72	41.74	41.70
9	51.08	51.30	51.22	51.20	41.84	41.92	41.64	41.80
12	51.42	51.46	51.50	51.46	42.02	42.04	42.00	42.02
15	51.42	51.44	51.40	51.42	42.02	42.00	41.98	42.00
18	51.46	51.46	51.40	51.44	42.06	42.08	42.04	42.06
21	51.38	51.40	51.42	51.40	42.02	42.06	42.04	42.04

由表 2 计算得到的不同压缩时间下的圆度参数如图 7 所示。

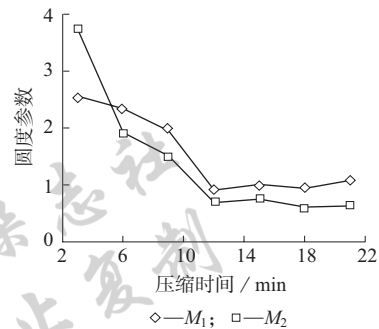


图 7 压缩时间与圆度参数之间的关系

由图 7 可以看出,随着压缩时间的不断增加, PE 弯头管件的圆度参数不断减小,意味着尺寸精度不断提高,当压缩时间为 12 min 时,圆度参数基本达到稳定,之后随着压缩时间的进一步增加,圆度参数没有发生明显变化,趋于稳定,因此模腔温度为 60℃、压缩时间为 12 min 是 PE 弯头管件挤出压缩的最佳工艺参数。

4.3 挤出压缩与传统注塑工艺的对比

在相同模腔温度和熔体温度下,采用优化后的注塑工艺成型了 PE 弯头管件,与经过上述优化后的挤出压缩工艺成型的管件进行了对比,如表 3~ 表 6 所示(每组试验取 5 个试样)。

表 3 最佳挤出压缩工艺参数下管件外直径方向收缩率

项 目	序 号				
	1	2	3	4	5
$D_{\text{挤}} / \text{mm}$	51.46	51.42	51.50	51.44	51.48
$K_{1\text{挤}} / \%$	1.03	1.11	0.96	1.07	1.01

表 4 最佳注塑工艺参数下管件外直径方向收缩率

项 目	序 号				
	1	2	3	4	5
$D_{\text{注}} / \text{mm}$	51.22	51.28	51.34	51.20	51.30
$K_{1\text{注}} / \%$	1.49	1.38	1.27	1.54	1.35

表 5 最佳挤出压缩工艺参数下管件内直径方向收缩率

项 目	序 号				
	1	2	3	4	5
$d_{\text{挤}} / \text{mm}$	42.02	42.04	42.00	41.98	42.06
$K_{2\text{挤}} / \%$	1.13	1.08	1.17	1.22	1.27

表6 最佳注塑工艺参数下管件内直径方向收缩率

项 目	序 号				
	1	2	3	4	5
$d_{\text{注}}/\text{mm}$	41.80	41.88	41.90	41.76	41.82
$K_{2\text{注}}/\%$	1.65	1.46	1.41	1.74	1.60

由表3~表6可知,利用最佳挤出压缩工艺成型的管件外直径方向收缩率的范围为0.96%~1.11%,内直径方向收缩率范围为1.08%~1.27%;而利用最佳注塑工艺成型的管件外直径收缩率范围为1.27%~1.54%,内直径收缩率范围为1.41%~1.74%。由此可知,在最佳工艺参数下,挤出压缩工艺成型的PE弯头管件收缩率明显小于注塑工艺成型的管件,达到了较高的尺寸精度。

5 结论

(1)在一定范围内提高模腔温度和压缩时间均

能有效提高挤出压缩成型的PE弯头管件的尺寸精度。

(2)当压缩压力为25 MPa、熔体温度为220℃、模腔温度为60℃、压缩时间为12 min时,利用挤出压缩工艺成型PE弯头管件的尺寸精度最高。

(3)在最佳工艺参数下,挤出压缩工艺成型的PE弯头管件的收缩率明显优于注塑工艺成型的弯头管件,达到了较高的精度标准。

参考文献

- [1] 梁业兴,余春晖,柴金龙.蒸汽直接加热模腔的高光注塑技术研究[J].工程塑料应用,2011,39(12):35-38.
- [2] 齐斌.光盘盘基精密注塑压缩成型模具的设计与研究[D].青岛:青岛科技大学,2008.
- [3] 邱轶兵.试验设计与数据处理[M].合肥:中国科学技术大学出版社,2008.

欧洲薄膜再生项目为农业领域带来新突破

据欧委会出资的一个旨在解决二手农用薄膜再生相关问题项目的合作方称,项目结果“颇为振奋人心”。

由英国包装与薄膜协会(PAFA)等机构参与合作的该项目最近完成了一项研发计划,该计划对一种新的清洗设备进行了样机测试。结果表明,可将污染物质减少65%,可应用于农场或回收中心,而不必再另行清洗。

PAFA的行政长官表示这一研究结果来得非常及时。很快将着手在英国启动一个项目,项目参与方包括那些希望设法提高其产品回收率的农用薄膜生产企业。农用薄膜是现代农业中不可缺少的重要辅助工具,但必须解决其回收再生问题,为聚乙烯薄膜赋予第二次生命。

这一项目已经找到了在再生领域利用最新技术的方法,使污染物质的清除率达到历史最高水平,同时有助于欧洲各地的相关方共享和推广最佳实践。此外,该项目还开发了新的物流软件,可供优化回收机构对二手薄膜进行有效回收。

行政长官说,下一阶段的重点将是如何利用这种技术,其中包括挑选有能力进一步推进该项目的有资质的合作伙伴,从而确保这一突破性的创新成果得到充分的商业利用。

他补充说,该项目和其它类似的项目将在确保最有效利用农用薄膜上发挥重要作用,现在农用薄膜在提高未来的粮食产出上所起到的作用越来越大。

新技术的主要应用领域包括通过温室和作物盖层来保护作物、蔬菜和无核小水果,这些方法都有助于为日益膨胀的全球人口提供更多的粮食供应。(工程塑料网)

减重成为未来十年汽车业重要挑战

随着燃油经济标准和排放规定的日趋严格,车重将成为未来十年汽车行业变化最大的一个方面。

在杜邦公司和《WardsAuto》杂志联合组织的面向700名美国汽车工程人员的年度调查中,有超过2/3的受访者认为,从现在起到2025年,对汽车减重的需求将进一步增

强。有52%的受访工程人员认为,汽车业还将在内燃机优化上有进一步的改进,以此提高燃油经济性。

美国政府已经呼吁将企业燃油经济性标准在2010年的标准上再提高近一倍,而欧洲政府也在进一步严格二氧化碳排放规定。

杜邦公司全球汽车业总监在8月7日发布的有关此次调查的新闻稿中说,要实现这一目标,汽车业需要抓紧进行开发并采用更高效率的新技术,同时也在美国密歇根州 Traverse City 召开的美国汽车研究中心汽车管理研讨会上发表了调查结果。

现在的急切目标是减少对石化燃料的依赖和降低二氧化碳排放。要实现这些目标,就需要全球汽车业和整个价值链的方方面面携手密切合作。

除减轻汽车和卡车的质量并进一步改良传统的发动机外,受访的汽车工程人员还表示,他们预计在汽车电气化方面将出现重大变革,而且北美将在柴油发动机的开发上有进一步的突破。工程人员认为在这段时期里,发动机改良、电池储存水平、新燃料基建的完善和轻质材料将成为技术开发领域的四大焦点。

尽管汽车业大部分的新技术都被应用在了小批量生产的“利基”车型中,但日产汽车有限公司美洲副总裁 Bill Krueger 说,随着汽车业想方设法达到更严格的新标准,将会推动这些成功开发的新技术更快普及至主流车型。

(中塑资讯)

上海石化研发出双向拉伸聚丙烯电工膜料

经过中试环管装置多次试验后,符合要求的低灰分电容器介质用双向拉伸聚丙烯(BOPP)膜专用料日前在上海石化塑料部研发成功。该新产品灰分控制在 40×10^{-6} 左右,达到电工膜对聚丙烯原料的灰分要求。目前,该产品已开始进行工业化生产准备。BOPP电工膜洁净度要求很高,因而其所用的聚丙烯原料灰分必须低于 50×10^{-6} 。(中聚网)