

改善挤出吹塑制件壁厚均匀性的几种方法

李道喜, 李能文, 明浩, 黄虹

(重庆理工大学 材料科学与工程学院, 重庆 400054)

摘要: 概述了近年来改善挤出吹塑中空制件壁厚不均匀的方法及其进展, 包括新牌号的树脂, 新的型胚壁厚控制技术及新的挤出吹塑成形工艺。型胚控制技术主要介绍了异型口模和可调机头; 新成形工艺包括3D中空吹塑, 真空吸塑与挤出吹塑相结合的技术, 型坯温差法及高压低温挤出吹塑技术。

关键词: 挤出吹塑; 异型口模; 可调机头; 三维中空吹塑; 局部抽真空; 型坯温差法

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A

文章编号: 1674-6457(2012)01-0054-04

Several Methods of Improving the Homogenization of Extrusion Blow Molding Products Thickness

LI Dao-xi, LI Neng-wen, MING Hao, HUANG Hong

(School of Material Science and Engineering, Chongqing University of Technology, Chongqing 400050, China)

Abstract: Recent progressing methods of improving the wall thickness of extrusion blow molded parts, including new brands of resin, the new technology of controlling the thickness of parison and new extrusion blow molding technology were introduced. The mentioned parison thickness control technology contained special-shaped die and adjustable die. The listed new extrusion blow molding technology covered three-dimensional hollow blow molding, parison temperature difference method, combination of partial vacuum forming and blow molding, and high-pressure low-temperature extrusion blow molding technology.

Key words: extrusion blow molding; special-shaped die; adjustable die; three-dimensional hollow blow molding; parison temperature difference method; partial vacuum

挤出吹塑是目前产量最大, 经济性良好的中空塑料制品生产的主要成形方法之一, 适于聚乙烯、聚氯乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚酯、聚酰胺、聚碳酸酯等材料的中空成形。主要用来成形容器类制品, 容器的最小容积可为 1 mL, 最大容积可达 10 000 L。挤出吹塑制品广泛应用于食品、饮料、化妆品、药品、洗涤制品、儿童玩具等领域。20 世纪 80 年代中期开始, 挤出吹塑技术有了很大的发展, 制品形状更加

复杂且具有独特的功能。应用领域扩大到办公用品、家用电器、家具、文化娱乐用品及汽车工业零部件, 如保险杠、汽油箱、油管、气管、燃料油罐等, 具有较高的技术含量和功能性, 因此又称为“工程吹塑”。受安装空间的限制, 挤出吹塑工业制件形状越来越复杂, 壁厚分布不均匀成为挤出吹塑技术发展的瓶颈。

针对壁厚不均匀, 国内外主要从以下几个方面

进行研究。

1 开发挤出吹塑专用树脂

挤出吹塑应选用高分子量的原料,一般来讲树脂的相对分子质量超过 10^6 ,具有很高的粘度,其流动指数多为 $0.2\sim 0.5\text{ g}/10\text{min}$,可以防止挤出型坯的垂伸。随着科学技术的发展,适用于挤出吹塑成型的新牌号树脂、合金、共聚物等不断开发出来。

2007年,阿科玛公司^[1]开发了新型 Kynar 高熔体强度(HMS) PVDF 支化树脂(Kynar HMS PVDF),与传统的 Kynar PVDF 相比, Kynar HMS PVDF 具有更好的均衡性和稳定性,在挤出过程中表现出较高的熔体强度和耐垂性,加工窗口更宽,可用于更多的工艺,尤其适用于挤出吹塑成型工艺。

2007年,伊士曼(Eastman)^[2]化学公司推出了新一代常规容器用的原料 Eastman EB062 共聚酯。该树脂具有较好的透明性、韧性、高熔体强度、耐热性、耐化学性能等,是专用的挤出吹塑厚壁制品原料。由于该树脂具有优良的加工性,用其作原料的产品具有较高的设计灵活性,如可以作为具有复杂的不规则形状把手的液体容器。

2009年,巴斯夫公司^[3]成功研制出苯乙烯-丁二烯共聚物(SBC) Styrolux 3G 46,其密度比 PET 和 PVC 都低,所成形的瓶质量轻,与 PET、PVC 等瓶相比最大可减轻 30%,刚度和透明性较高,加工温度低,成形周期短。应用于挤出吹塑成形取得了较好的经济效益。德国考特斯(Kautex)机械公司,用其作为原料,采用挤出吹塑成形工艺,生产出具有不规则形状把手的瓶子。

苏安喜等^[4]采用在线流变仪对改性聚乙烯醇(PVA)进行剪切粘度测试。结果表明,在测试的剪切速率范围内($50\sim 650\text{ s}^{-1}$),改性 PVA 熔体的剪切粘度为 $200\sim 600\text{ Pa}\cdot\text{s}$,与吹塑级高密度聚乙烯的剪切粘度相当,且熔体流动性好,适用于挤出吹塑中空容器。

2 异型口模

口模异型化是指挤出机头的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,弥补吹胀比不一致造成的径向壁厚不均,从而得到壁厚较为均匀的制件^[5]。重庆理工大学黄虹、刘伟等^[6-7]以典型中空工业制件塑料油箱为研究对象,在聚合物流变学基础上,全面分析了影响制件壁厚分布的主要因素,针对性地提出了采用异型口模,并通过多次试模、优化、设计和加工出合理的异型口模,极大地提高了制件壁厚分布的均匀性,提供了一种优化挤出吹塑成形中空工业制件壁厚分布的有效措施。

3 可调节机头(塑料型坯的控制技术)

根据制品各个部位不同的吹胀比获得厚度不同的型坯,通过控制机头的开口量,得到厚度变化的型坯,从而得到壁厚较为均匀的制件。型坯壁厚控制技术分为轴向壁厚控制技术(AWDS)和径向壁厚控制技术(PWDS)2种^[8]。

3.1 轴向壁厚控制技术

轴向壁厚控制技术的作用是使得挤出的塑料型坯,根据制品不同的吹胀比沿轴向获得不同的厚度,从而保证最终制品有比较均匀的壁厚。它是通过使芯棒或口模根据预设位置作轴向运动而改变机头的开口量,达到改变塑料型坯壁厚的目的。目前中空成形机的储料机头一般都具有轴向型坯控制功能,其控制点从 64 点到 256 点不等^[8-9]。

近几年来,国内多家中空成形机设备制造厂家已开发出性能可靠的轴向壁厚数字化液压伺服控制系统(AWDS),控制点以 64 和 100 点这 2 种形式居多。也有部分厂家在中空成形机上安装进口型坯壁厚控制系统,这些系统多数采用 MOOG 公司的产品,使用性能也很可靠^[8]。

3.2 径向壁厚控制技术^[8,10]

采用轴向壁厚控制技术虽然能改善吹塑制品高度方向上的壁厚分布,但由于其挤出塑料型坯的水平截面仍呈等厚圆形,对部分在径向某一部位有较大吹胀比要求的制品显得仍不是最佳,因此便产生了径向壁厚控制技术。径向壁厚控制技术可以使挤出的型坯在所要求的区段内呈非圆截面的变化。

径向壁厚程序控制技术发展至今,大致形成了

2种典型的设计,一种称为柔性环式,另一种称为口缘修形式。

3.2.1 柔性环技术^[8,10]

柔性环式是通过电液伺服控制薄壁挠性环在1个方向或2个对称方向上的变形来改变挤出型坯的厚度。它的特点是无论吹制什么形状的制品,只要口模直径不变,径向控制都能发挥作用。

对中空成形塑料型坯径向壁厚控制系统的研制工作,最近在江苏张家港市同大机械有限公司获得了关键性的技术突破。这项控制技术可以实现塑料型坯径向壁厚的多点准确控制,控制点可以方便地实现2~16点控制甚至更多点控制。目前正在产业化中^[11]。

3.2.2 口缘修形技术^[8,10]

口缘修形是靠修形口模环的上下移动来实现型坯壁厚改变的。与挠性环结构相比,其最大的优点是使用寿命长,加工技术难度低。在某些设计中,口模环的修缘部分做成活动块嵌入式,方便更换,减少更换时的成本。这种形式的设计,还需要进行深入研究,降低成本,加快推广步伐。

径向壁厚控制技术对于提高大型中空制品的品质是一个有效的方法,还能减轻制品的质量。以200 L塑料桶容器为例,至少可节省5%~10%的原料。目前加工一套大型径向壁厚控制装置的附加费用较高,随着径向壁厚控制技术的深入研究和发

展,将在更多的大中型挤出吹塑中空成形机上应用。轴向壁厚控制与径向壁厚控制的联合作用,可获得最佳的塑料型坯,即可获得更为理想的制品壁厚分布。目前国内多家中空成形机制造厂家可在大型中空成形机上选择配套径向壁厚控制系统。

4 三维(3D)中空吹塑

随着工业制件的形状更加复杂化、多样化,例如汽车用通风管、连接管等,多呈弯曲状,采用常规的挤出吹塑来成形这类弯曲管件时,由于型坯的直径要比管件的投影宽度大,故会产生大量飞边(高达50%),且夹坯缝较长,影响外观和强度。为解决此问题,日本发明了三维中空吹塑,也称为少废料中空吹塑或无飞边中空吹塑^[12]。这种技术飞边少,制品上无合模线,可顺利挤出吹塑。采用三维中空吹塑可以轻易地成形形状复杂的工业制件。

其工作原理为:采用2~8轴的机械手,把已吹胀的型坯放置在模具型腔内,使型坯与模腔完全吻合,然后合模吹胀成形。

Fischer-W Mueller公司把他们的吸塑成形系统与Sumitomo公司三维吹塑系统相结合,研发出了吸塑三维中空吹塑系统^[13-16]。Fischer-W Mueller公司于2000年开发出第1台无合模单元的3D中空吹塑系统。沈阳金杯公司等相继引进了SIG Blowtec公司的3D中空吹塑设备。

5 真空吸塑与挤出吹塑相结合的生产技术

型坯各部位吹胀比不同导致制品壁厚不均匀。制品的吹胀过程可分为自由吹胀和约束吹胀2个阶段。从压缩空气进入型坯到型坯与模具内壁开始接触为止称为自由吹胀阶段。在这一阶段,型坯具有相同的吹胀比,在各个方向的变形都不受约束,可在任意方向膨胀变形,且较均匀。从型坯与模具型腔开始接触到型坯完全与模具内壁贴合为止称之为约束吹胀阶段。在这一阶段,型坯外表面受模具冷却作用,温度下降,粘度增大,变形较为困难,甚至不再变形,导致制品壁厚较大;没有接触模具型腔的坯料,温度相对较高,粘度较小,变形较为容易,迅速变薄,紧贴模具内表面,导致制品壁厚较小,最终使整个制件壁厚不均匀。

如果型坯同时结束自由吹胀,就能得到壁厚完全均匀的制件。重庆理工大学黄虹、王海民等^[17]采用预先抽真空法,使型坯在真空负压的拉力作用下,先向吹胀比较大部位发生变形,然后注入压缩空气,改善型坯各处的吹胀比,成功得到壁厚较为均匀的制件。

6 型坯温差法

型坯的变形抗力可用粘度来表示,粘度的大小与其温度的高低有关。型坯温度高,黏度小,变形抗力小,吹塑过程中容易变形,变形量较大;相反,型坯温度低,黏度大,变形抗力大,吹塑过程中不容易变形,变形量较小。

在挤出过程中,通过冷却设备强制冷却型坯吹胀比较大的部位,使型坯具有合理的温度梯度。型

坯吹胀比较大的部位温度低,粘度增大,变形抗力增大。在自由吹胀阶段,吹胀比较大的部位难于变形,变形量减小,而吹胀比较小的部位变形量增大。当变形量较小部位完成变形,进入约束吹胀阶段,吹胀比较大部位继续变形,直至吹胀成形制件,以此提高制件壁厚分布的均匀性。

重庆理工大学黄虹、邱方军等^[18-19]以典型复杂中空工业制件为研究对象,根据聚合物流变学理论,提出了采用型坯温差法优化挤出吹塑中空工业制件壁厚分布的均匀性,并获得了成功。

7 高压低温挤出吹塑技术^[14,20]

在约束吹胀阶段,型坯的外表面与模具接触,温度迅速降低,最终导致制件壁厚分布不均匀,同时由于型坯内外表面的温差,导致制品沿壁厚方向存在内应力,制件容易变形。针对此问题可采取的方法包括增加吹塑压力,使用低温压缩空气。德国 Beko 技术公司的 Bekoblizz 压缩空气冷却系统可以将压缩空气在 3 个工序中干燥和冷却至 -45°C ,冷却时间缩短 20%。同时,由于内侧的冷却程度得到加强,制品内外壁的冷却更加均匀,因而大大改善了成形制品的品质。

此外,作为容器用的工业制件,容易在最薄壁处发生渗透。为解决此问题,开发出了多层共挤工艺、表面镀膜技术等,发展也比较快。

8 结语

综上分析,国内外在控制挤出吹塑制件壁厚均匀性方面,在原材料和成形工艺上都取得了长足发展。在提高塑料中空容器的性能和生产速率的同时,也大大扩大了其应用范围。

参考文献:

[1] KEKHILEF N, HEDHLI L, SEILER D. Branched PVDF Gains Melt Strength for Film, Blow Molding and Thermoforming[J]. *Plastics Technology*, 2007, 53(10): 74-79, 85.

[2] HOPE Molinaro. New Copolyester Handles Containers[J]. *Plastics Engineering*, 2007, 63(10): 68.

[3] Anonymous. Extrusion Blow Molding of New SBC Polymer[J]. *Plastics Technology*, 2009, 55(3): 17.

[4] 苏安喜, 黄汉雄, 张昊, 等. 改性聚乙烯醇挤出吹塑型坯膨胀研究[J]. *工程塑料应用*, 2009, 37(8): 30-33.

[5] 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.

[6] 黄虹, 王海民, 邱方军, 等. 挤出吹塑塑料油箱壁厚均匀性的研究与应用[J]. *塑料科技*, 2010, 38(2): 62-65.

[7] 黄虹, 邱方军, 王海民, 等. 口模异型化设计在优化挤出吹塑中空工业制件壁厚分布的研究与应用[J]. *工程塑料应用*, 2009, 37(12): 68-71.

[8] 邱建成, 徐文良, 何建领. 塑料挤出吹塑中空成型机的研发重点与技术进步[J]. *塑料包装*, 2009, 19(4): 34-41.

[9] 贾茂萍. 清淡塑料容器的轻量化[J]. *塑料包装*, 2007, 17(1): 34-41.

[10] GUST P, HOLBACH M. Produktivitaet und Qualitaet Weiter Verbessern[J]. 2000, 90(10): 152-157.

[11] 邱建成. 塑料型坯径向控制系统研制取得突破性进展[J]. *塑料包装*, 2010, 20(4): 61.

[12] DOMINICK V Rosato, ANDREW V Rosato, DAVID P Di Mattia, et al. 吹塑成型手册[M]. 卢秀萍, 克俭译. 北京: 化学工业出版社, 2007.

[13] 钟世云. 复杂中空制品成型技术进展[J]. *上海塑料*, 2006, 6(2): 9-14.

[14] 钟世云. 中空吹塑制品的新进展[J]. *中国塑料*, 2003, 17(8): 9-14.

[15] ROBERT Leaversuch. 三维吹塑成型技术取得前所未有的进展[J]. *国外塑料*, 2004, 22(10): 42-43.

[16] 黄泽雄. 未来十年吹塑成型技术展望[J]. *国外塑料*, 1999, 17(3): 17-19.

[17] 王海民. 挤出吹塑成型中压力的变化对中空工业制件壁厚的影响[D]. 重庆: 重庆理工大学, 2010.

[18] 黄虹, 龙婷, 王选伦, 邱方军. 型坯温差法优化挤出吹塑中空工业制件壁厚分布的研究[J]. *中国塑料*, 2011, 25(2): 68-71.

[19] 邱方军. 温度对挤出吹塑制件壁厚均匀性的影响[D]. 2010.

[20] 于丽霞, 张海河. 塑料中空吹塑成型[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.