

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2012.01.011

玻璃纤维增强 PA66 厚壁注塑件翘曲变形研究

刘广华,周滨,卜继玲,王凤

(株洲时代新材料科技股份有限公司,湖南株洲 412007)

摘要:以玻璃纤维增强尼龙 66 注塑的厚壁件为对象,从制品结构、模具设计及注射成型过程中各工艺参数如模具温度、熔体温度、保压压力、保压时间等方面研究了其翘曲变形的成因,发现浇口位置的变更对产品的翘曲变形影响很大。

关键词:玻璃纤维增强尼龙 66;厚壁;注塑;翘曲;工艺参数

中图分类号: TQ320.6

文献标识码: A

文章编号: 1001-3539(2012)01-0043-04

Warpage Analysis of Glass Fiber Reinforced Nylon 66 Thick-walled Injection Part

Liu Guanghua, Zhou Bin, Bu Jiling, Wang Feng

(Zhuzhou Times New Material Technology Co., Ltd., Zhuzhou 412007, China)

Abstract: Using glass fiber reinforced nylon 66 thick-walled injection part as research object, the reasons of warpage which occurred in manufacture were analyzed from the aspects such as part structure, mold structure and injection process parameters including mold temperature, melt temperature, packing pressure, packing time. In this project, the alteration of gate location had most significant effect on warpage.

Keywords: glass fiber reinforced nylon 66; thick-walled; injection; warpage; process parameter

近年来随着铁路向高速重载方向的快速发展,玻璃纤维(GF)增强的尼龙(PA)66作为一种比普通PA具有更高强度、更高刚度、优良耐疲劳性及耐磨损性的工程塑料已经在铁道器材领域得到广泛应用^[1-3]。如增强PA66制作的厚壁轨距块是用来调整轨距、传递钢轨的横向水平推力的结构件,是铁轨上关键产品的配件,对其各项性能指标的要求非常严格。对增强PA66厚壁件的评价主要有外观质量、尺寸误差、力学性能等。对于轨距块而言,由于制品的壁厚分布不均匀,翘曲变形严重影响到制品的质量。注塑产品翘曲变形的影响因素很多,与整个注射成型的加工过程及模具结构有关,如塑料的塑化、熔体流动、充填保压、冷却时间、脱模、脱模后冷却及后处理等,各个阶段对翘曲都有不同程度的影响,而且这些因素又会交互作用,影响很复杂^[4-9]。

笔者以GF增强PA66所制的轨道器材为对象,检测其在一定工艺条件下,使用不同浇口位置时的尺寸变化,从注射成型的加工过程及模具设计方面讨论了其产生翘曲变形的原因。

1 实验部分

制品尺寸约为180 mm×50 mm×64 mm,形状不规则,多深孔,壁厚最大处约40 mm,最小处约

5 mm,制品结构如图1所示。

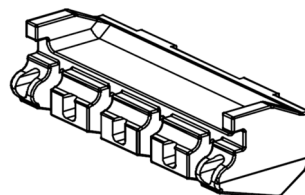


图1 GF增强PA66轨距块

制品所用材料为南车时代新材自制的玻璃纤维增强的PA66,牌号为GFPA66-008,主要指标如表1所示。生产使用的成型工艺参数如表2所示。

表1 GFPA66-008的主要性能指标

项目	技术要求	检验方法
简支梁缺口冲击强度/ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	≥ 12	GB/T 1043-2008
简支梁冲击强度/ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	≥ 60	GB/T 1043-2008
拉伸强度/MPa	≥ 120	GB/T 1040-2006
弯曲强度/MPa	≥ 160	GB/T 9341-2008
GF含量/%	33 ± 2	GB/T 9345-2008
水分含量/%	≤ 0.5	GB/T 6284-2006

2 结果与讨论

2.1 结构对制品翘曲变形的影响

制品结构是影响其翘曲变形的关键因素之一。

联系人:刘广华

收稿日期:2011-10-14

表 2 制件注射成型工艺参数

项目	参数
料筒温度/℃	305/275/270/270/265
模具温度/℃	30
注塑压力/MPa	12/12.2/12.2/12.2/12.2
保压压力/MPa	12.5/12.8/8.5
注射时间/s	8
成型周期/s	100
背压/MPa	1
保压时间/s	30
冷却时间/s	60

轨距块厚度变化大,在注射成型时易导致流动不平衡,制品中部比两端的流动长度要小(浇口位置设在制品对称轴上),且轨距块的壁厚差异大导致局部储能差异大,冷却过程中,壁厚的中央部位冷却速度缓慢,结晶度可达 50%~60%,且形成较大尺寸的球晶形态,收缩大;而与模具接触的表面能快速冷却,仅能形成结晶度为 10%的微小球晶结构,收缩小,图 2 是采用某三维扫描测量仪对某样品尺寸进行测量,然后与原始 3D 数模相比较的结果。平均偏差为 0.225/-0.327 mm。

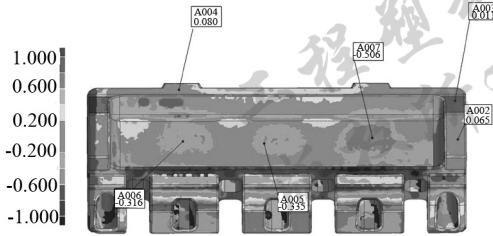


图 2 三维扫描测量结果

2.2 模具设计对制品翘曲变形的影响

模具的浇注系统设计不合理,将导致流动不平衡,熔体流动阻力大,模具型腔内各点的压力差异变大。本产品体积较小,规则对称,对表面粗糙度要求不高,因此选用一模两腔、大水口热流道进浇工艺。但制品的充填时间比较长(8 s),流动不平衡造成的影响很大,中间位置比两端较快充满,在填充压力作用下,中间位置密度变大,当外界压力降低时,制品在内压作用下膨胀,或者是保压过程结束时,浇口未完全冻结,熔体形成倒流,局部密度反而变低,都会使制品发生不均匀收缩。

选择改变浇口位置不会改变产品的设计规格,对于具有复杂几何形状和壁厚变化较大的产品来说是一个不错的选择^[5]。当浇口数量增加时,会增加熔接痕及排气孔数目,导致模具排气措施复杂化;本实验中制品对表面要求不高,原料熔体黏度比较

大,采用了热流道直浇口注射充填,发现改变浇口的位置可以带来比较大的变化。本实验从流动平衡方面考虑,采用了如图 3 所示的三个浇口位置(a, b, c)。

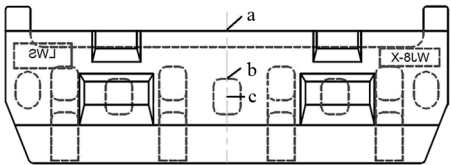


图 3 不同的浇口位置

当浇口位置不同时,制件尺寸变形趋势不一样,制件测量选点如图 4 所示,变形大小如表 3 所示。当浇口位置分别处于 a, b, c 三个位置时,制品尺寸的平均偏差为:0.211/-0.300,0.299/-0.326,0.225/-0.327 mm,标准偏差分别为:0.333,0.394,0.443 mm。由此可见,当浇口位置越接近于 a 位置时,制品的尺寸越稳定,越接近 c 位置时,尺寸稳定性越差,发生翘曲变形越严重,其原因可能是 a 位置离产品壁厚变化大的区域比较远。

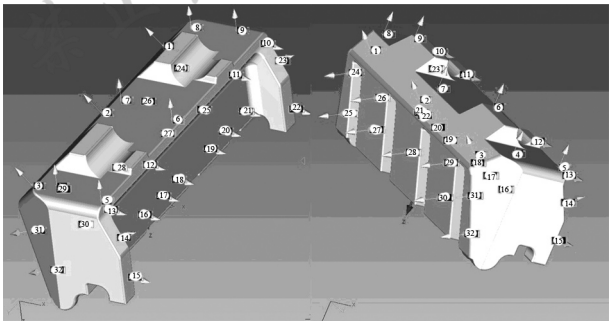


图 4 轨距块尺寸测量选点

表 3 轨距块尺寸偏差测量结果

测量点	偏差/mm		
	a 浇口	b 浇口	c 浇口
1	0.037	0.335	0.687
5	0.384	1.162	0.559
9	0.170	0.480	0.144
13	0.517	-0.298	-0.943
14	0.490	0.275	-0.676
15	0.160	0.015	-0.875
17	0.368	-0.222	-0.271
18	0.217	-0.397	-0.222
22	-0.319	-0.189	-1.321
23	0.090	-0.170	-1.012
24	0.037	0.203	0.649
32	-0.338	0.019	0.771

模具的冷却系统设计不合理会使制件冷却不充分,不均匀。本产品壁太厚,模具温度选用 30℃,制件能快速冷却,成型周期短,但由于塑料的热传递系数小,中心部位冷却速度比表面要慢得多,两处结

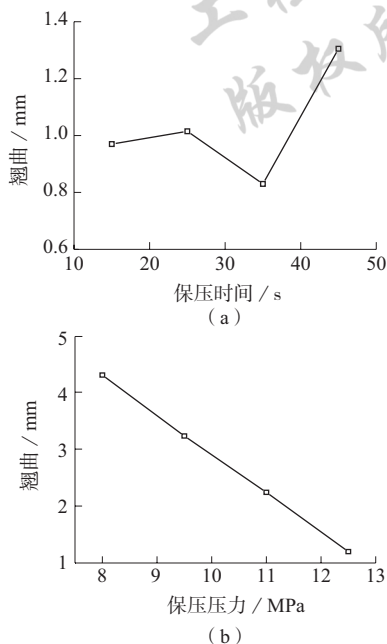
晶差异大,会造成制件内应力大和各点收缩不均匀。

此外,若制件尚未完全冷却就顶出,或是顶出销变形,倒勾太深,顶出方式不当,脱模斜度不当等因素都可能造成注塑件翘曲。

2.3 成型工艺对制品翘曲变形的影响

PA66 在加入 GF 后黏度增大,为充填容易,须提高料筒温度或加大注塑压力。若熔体温度过高,冷却时温差大,制品在急速冷却过程中会残余大量内应力,使得制品易于发生翘曲;提高注塑压力有利于成型薄壁制品,但同时会导致制品产生较高的残余应力,而注塑压力小时,可能导致产生短射,且塑料熔体在模腔中流动太慢时,熔体流动前沿温度温差较大,同样会使制品产生较高的残余应力,成型后翘曲变形也大。

塑料熔体进入模腔后,为防止熔体倒流等,必须在一定的保压压力下冷却。保压压力越高,制品越密实,收缩程度越小;但保压压力过高会造成脱模时的残余应力增大,引起制品变形,一般应该使保压压力为注塑压力的 80%~85%,这样可减少内应力,提高产品质量。保压时间与保压压力对制品翘曲变形影响的定性关系如图 5 所示。

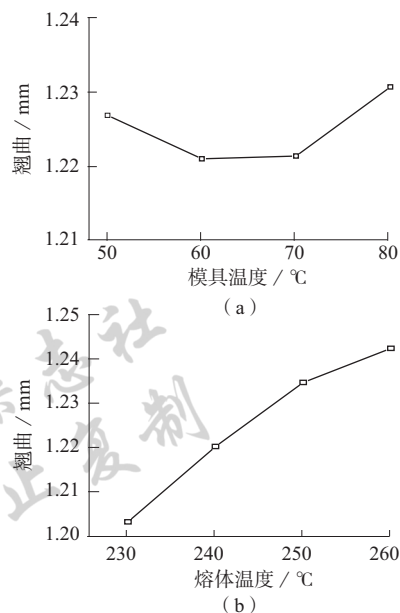


a—保压时间-翘曲; b—保压压力-翘曲

图 5 保压时间、保压压力与翘曲的关系

熔融状态的 PA66 缓慢冷却时,在 235~245℃ 急剧生成球晶,结晶度可达 50%~60%。轨距块厚壁的中央部位的冷却速度要比薄壁处慢,厚壁处的结晶度增加,收缩变大,导致整个端面发生翘曲。一

般来说,模具温度越高,熔体冷却越慢,分子松弛越充分,结晶趋于更完全,结晶度越高,制品收缩越大,但可减小脱模后的自由收缩;反之,模具温度低时,分子被冻结,取向来不及松弛,不易结晶,收缩变小,但制品内应力变大,脱模后收缩加大。在一定的温度范围内,模具温度与熔体温度对制品翘曲变形影响的定性关系如图 6 所示。



a—模具温度-翘曲; b—熔体温度-翘曲

图 6 模具温度、熔体温度与翘曲的关系

在注射成型过程中,熔体会沿流动方向取向,与垂流流动方向上的分子取向相差较大,充模结束后,取向的分子形态总是趋于恢复原有的卷曲状态,在宏观上表现为长度缩短,因此塑料在流动方向上的收缩率比垂直方向的收缩率大,而使注塑件产生翘曲变形,当注塑压力越高、流速越快时,这种差异也就越大,翘曲变形也变大。收缩率与制品壁厚在不同流动方向上的关系如图 7 所示。

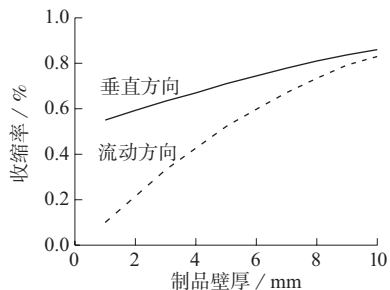


图 7 成型收缩率与制品壁厚的关系

3 结论

(1) 用 GF 增强 PA66 注射成型制作轨距块时,

制品结构比较复杂,壁厚变化大,易受多方面的影响而发生收缩不均,出现翘曲变形的缺陷。

(2) 注塑产品翘曲变形的影响因素很多,制品结构、模具设计及成型工艺参数如保压时间、保压压力、熔体温度、模具温度等对制品产生翘曲变形都有一定的影响,且这些因素又交互作用,影响复杂。

(3) 在模具设计中,改变浇口位置不会改变产品的设计规格,却能极大地降低制品的翘曲程度。

参考文献

- [1] 黄有松. 增强增韧 PA66 套管在铁路岔枕中的应用[J]. 工程塑料应用, 2002, 30(6): 23-25.
- [2] 石建江, 邓凯恒, 蒋婷婷, 等. 改性聚酰胺 66 在铁道器材中的应用[J]. 铁道建筑, 2008(5): 95-97.
- [3] 陈国生. 工程塑料在高速铁路中的应用[J]. 工程塑料应用, 1999, 27(2): 22-24.
- [4] 金志明. 塑料注射成型实用技术[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2009.
- [5] 付燕. 注塑件翘曲变形分析及其解决途径[J]. 机电工程技术, 2006, 35(5): 33-34, 82.
- [6] 刘青立. GFPA66 套管注射成型的缺陷和解决措施[J]. 工程塑料应用, 2006, 34(9): 34-36.
- [7] 左太平, 张益华, 芮玉龙. 玻璃纤维增强 PA66 制品翘曲变形的研究[J]. 工程塑料应用, 2005, 33(12): 23-25.
- [8] 杨凤霞, 片春媛. PA 成型收缩率与注射工艺条件的关系[J]. 橡塑技术与装备, 2006, 32(9): 34-38.
- [9] 张甲敏, 连照勋. 玻璃纤维增强尼龙的注射成型工艺改进[J]. 工程塑料应用, 2010, 38(5): 42-44.

可口可乐拟商业化 100% 植物塑料瓶

可口可乐公司预计将在未来几年时间里商业化使用一种完全以植物材料制成的塑料瓶,原因是该公司正计划降低自身对于生产传统塑料瓶的石油的依赖性。

可口可乐公司披露了与三家生物技术公司之间达成的协议,内容是开发一种新版本的植物饮料瓶,这三家公司分别为 Virent Inc、Gevo Inc 和 Avantium。目前,可口可乐的植物饮料瓶中包含的植物材料最高比例为 30%。可口可乐并未公布这些协议的具体财务条款。

可口可乐商业产品供应副总裁 Rick Frazier 称,该公司能在 2015 年以前完成植物饮料瓶的开发工作,因此到 2020 年时,该公司所有的塑料瓶都可使用这种新材料。在此以前,可口可乐公司的主要竞争对手百事可乐公司已经开发出了一种完全由植物材料制成的塑料瓶,并计划在 2011 年进行试生产,此后才决定是否将其转入大规模的商业化生产。

自 2009 年以来,可口可乐公司已在全球范围内配送了 100 多亿个植物饮料瓶,这种饮料瓶的制造成本要高于石油基饮料瓶,主要原因是与传统塑料瓶相比,这种饮料瓶的生产数量级要小得多。可口可乐公司希望,这种差距最终能有所减小,从而让植物饮料瓶的生产效率变得更高。Frazier 称:“在改良供应链的同时,我们将继续减小生产成本的差距。”

100% 植物饮料瓶将依靠多种原料来进行生产,因此其成本并非只与一种材料有关。弗拉泽尔表示:“这将给我们带来一种以前没有的选择。” (慧聪网)

巴斯夫与三所大学共同研发聚合物

巴斯夫日前与法国斯特拉斯堡大学、德国弗赖堡大学以及瑞士苏黎世联邦理工学院达成了一个研究协议。该协议的目的是联合开展工作,加强对现代材料的系统了解,扩大国际研究网络。巴斯夫聚合物部研究负责人 Christian Fischer 博士表示,巴斯夫公司需要功能材料、新属性聚合物的专业知识和扩展学科网络,与这三所大学联合,可以共同研究发展新的聚合物。双方的合作将创造约 20 个博士后职

位,今后的研究主题是多材料性能的改进。未来研究课题中还包括生物基和生物降解的聚合物。巴斯夫公司副总裁 Bernd Bruchmann 博士表示,新材料拥有巨大的潜力和多样性,未来的发展方向将集中在轻量级建设和可持续发展等领域,而仿生学也是今后要研究的一个课题。

巴斯夫 2003 年曾与斯特拉斯堡大学诺贝尔经济学奖得主 Jean-Marie Lehn 教授合作,成立了 ISIS 研究所,这一举措开辟了大学与产业合作领域的新途径。 (工程塑料网)

巴陵石化万吨级双酚 A 酚醛及其环氧树脂工艺包项目通过审查

2011 年 12 月,巴陵石化与中石化石科院联合完成的“1 万吨/年双酚 A 酚醛及其环氧树脂工艺包开发”项目,在京通过中国石化科技开发部组织的工艺包审查。

该项目在自主开发的双酚 A 酚醛及其环氧树脂中试技术和 1000 t/a 工业试验的基础上,完成了 1 万 t/a 双酚 A 酚醛及其环氧树脂成套技术工艺包的开发,成套技术流程设计合理,处于国际先进水平。

专家审查认为,该工艺包对反应和溶剂回收工序进行了优化,消除了安全隐患,避免了树脂结焦现象的产生,进而保证树脂产品的质量。该工艺中“三废”处理技术可行,废水、废聚物及废气经处理后能达标排放。该项目完成了中国石化科技开发合同规定的任务,工艺包文件内容和深度符合中国石化《石油化工装置工艺设计包(成套技术工艺包)内容规定》的要求,可据此进行工程设计,建议尽快进行 1 万 t/a 双酚 A 酚醛环氧树脂成套技术的工业应用。

双酚 A 酚醛及其环氧树脂是一种新型特种环氧树脂材料,用于电子元件封装、覆铜板、绝缘液体涂料、粉末涂料等领域,目前我国基本依赖进口。巴陵石化环氧树脂事业部通过科技攻关,以自主开发的双酚 A 酚醛及其环氧树脂新产品技术建成了 1000 t/a 工业试验装置,该公司在“十二五”规划中提出要建成万吨级工业试验装置,推动环氧树脂产品的特种化、差异化发展。 (中塑在线)