

工艺条件和气道结构对气辅成型产品力学性能的影响

张惠敏 周桂莲 焦冬梅

(青岛科技大学, 青岛 266042)

摘要 气体辅助注射成型技术与传统注射成型技术相比有许多优点,但它同时也引入了新的加工工艺参数和结构设计参数,从而对应用提出了更高的要求。为了设计出合理的气道结构和选择最佳的工艺参数,以提高产品的力学性能,着重就工艺条件和气道结构对产品力学性能的影响进行了分析和探讨。

关键词 气体辅助注射成型 工艺参数 气道结构

气体辅助注射成型(简称气辅成型)是一种新型成型工艺。它是 20 世纪 70 年代在传统注射成型的基础上发展起来的。气辅成型过程主要包括熔体注射、气体注射、保压和排气 4 个阶段。即首先向模腔内注入 60% ~95% 的熔体^[1],然后再向熔体中注入惰性气体,使气体穿透熔体芯部,并通过气体压力使熔体完全填充到模腔内。填充结束后,保压、冷却、固化,最后排除气体并脱模。

气辅成型工艺的特殊性使得它本身具有许多超越传统注射成型的优点,如锁模力小、成型周期短、节省原材料、产品外观质量好、不易产生翘曲变形和缩痕等缺陷。虽然气辅成型有如此多的优点,但同时也引入了一些新的加工工艺参数和结构设计参数,如气体注射压力、熔料注射量、延迟时间、熔体温度及气道截面形状和尺寸等。如果气道结构设计不合理或工艺参数控制不当都会直接影响到塑料产品的力学性能,从而失去了气辅成型技术的应用价值。因此分析和研究工艺参数及气道结构的合理性对更好地发挥气辅成型的优点、生产出力学性能优良的产品是至关重要的。

1 工艺条件对产品力学性能的影响^[2-4]

气辅成型工艺条件主要包括熔料注射量、延迟时间、气体注射压力和熔体温度。不同的工艺条件成型加工的产品力学性能不同,而对于不同气道截面的产品相同工艺条件对其力学性能的影响也不同。因此下面以两种设置不同截面形状气道(相同截面面积)的产品 A、B 为例(如图 1),分别讨论工艺条件对它们力学性能的影响。

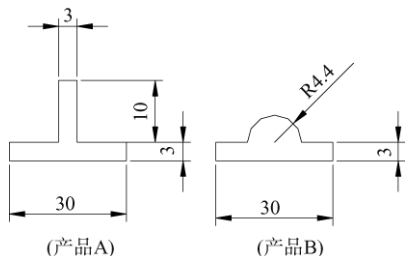


图 1 2 种设有不同截面形状气道的产品

1.1 熔料注射量

图 2 是熔料注射量对产品弯曲载荷的影响。由图 2 可以看出,弯曲载荷随着熔料注射量的增加而提高,并且熔料注射量对这 2 种不同截面形状气道的产品最大弯曲载荷的

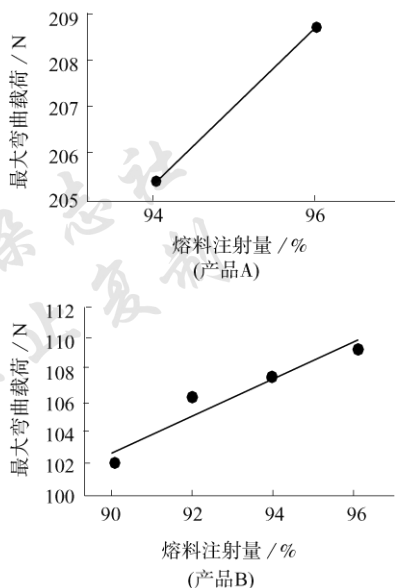


图 2 熔料注射量对产品弯曲载荷的影响

影响趋势是一致的,即当熔料注射量增加时,2 种不同截面形状气道的产品弯曲强度也都随之提高。这是因为熔料注射量增加时,产品截面被塑料占据了更多的面积,气腔变细,气腔截面面积变小,从而导致产品截面惯性矩增大。根据材料力学理论,在弯曲载荷不变的情况下,截面惯性矩的增大势必导致弯曲应力减小,即弯曲强度提高。

从图 2 还可以看出,相同熔料注射量时,不同截面形状气道的产品所能承受的载荷不同。如当熔料注射量为 94% 时,产品 A 所能承受的弯曲载荷大(大于 200 N),这是因为产品 A 的气腔截面面积小。而产品 B 的气腔截面面积大,因而产品 B 所能承受的弯曲载荷小,仅有 100 N 多一点。因此为了提高产品的力学性能,应增大熔料注射量,减小气腔截面面积。

1.2 延迟时间

延迟气体注射时间的主要目的是使浇口、薄壁等处先行冷凝固化,防止气体反灌或乱串。这段时间虽短,但它对成型结果影响很大。延迟时间对不同截面形状气道的产品的

力学性能影响趋势是不一致的。如产品 A 随着延迟时间的增加弯曲强度呈降低趋势,而产品 B 则相反,即随着延迟时间的增加弯曲强度呈提高趋势,见表 1。产品 A 之所以随延迟时间增加而弯曲强度降低是因为产品 A 的气道截面狭窄,当延迟时间增加时,表面凝固层增厚,芯层粘度增大,导致气体充填阻力过大,降低了气体的穿透能力,从而减小了气腔长度,最终导致弯曲强度降低。而产品 B 的截面比较宽,当延迟时间缩短时,气体充填阻力很小,形成的凝固层厚度很薄,气腔截面面积较大,并且易吹穿。当延迟时间增加时,虽然凝固层厚度增大,气腔截面面积减小,但穿透能力仍比较大,且不易被吹穿,因此弯曲强度得到提高。由此可知,对于不同的截面形状气道的产品,其最佳延迟时间是不同的。

表 1 随工艺参数增大弯曲强度的变化趋势			
产品	延迟时间	气体注射压力	熔体温度
A			
B			

1.3 气体注射压力

气体注射压力对产品强度的影响也是随产品气道结构不同而异。当气体注射压力上升时,产品 A 的弯曲强度呈降低趋势(表 1)。而产品 B 则相反,即当气体注射压力增大时,弯曲强度也随之提高。这是因为当气体注射压力增大时,宽断面气道中的熔体会因摩擦生热而使粘度降低,从而使穿透能力提高、气腔变长、气腔断面面积变小,最终导致弯曲强度提高。而对于窄断面气道结构,当气体注射压力增大时,会出现气体反灌或“指痕效应”,从而引起弯曲强度降低。

1.4 熔体温度

从表 1 可以清楚地看出,产品 A 的弯曲强度随着熔体温度的增加呈提高趋势,这是因为产品 A 的气道狭窄,熔体冷却速度快,温度低时粘度高,气体不易穿透。当熔体温度上升时,熔体粘度降低,表面凝固层厚度减小,气体穿透能力提高,因此弯曲强度提高。而产品 B 的气道比较宽,当熔体温度上升时,熔体粘度降低,表面凝固层厚度相对于截面宽度过小,从而增大了气腔截面面积,缩短了气腔长度,最终导致弯曲强度降低。

通过以上分析可以清楚地看出,气辅成型工艺条件将直接影响到产品的力学性能。除此之外,对于不同截面形状气道的产品,工艺条件对它们力学性能的影响趋势不同,也就是说,不仅工艺条件对产品力学性能有直接影响,气道结构对产品力学性能同样有影响。

2 气道结构对产品力学性能的影响^[5-7]

根据试验和数字模拟计算,气辅成型工艺条件对产品力学性能的影响还不是很大,只占 10%~30%,对产品力学性能影响较大的因素是气道截面的几何形状和尺寸。

在传统的注射成型产品设计中,加强筋用于改善产品的刚度和强度,然而为了防止产品出现缩痕等缺陷,加强筋的

厚度和高度受到了限制。气辅成型的加强筋为中空状,不会产生缩痕,所以厚度和高度不受限制,一般厚度比传统的注射成型产品大 3 倍。因此应用气辅成型技术可以明显地提高产品力学性能,而合理设计气道结构是充分发挥气辅成型优点的关键。

2.1 气道形状对产品弯曲强度的影响

气道结构主要包括气道截面形状和尺寸、气腔截面形状和尺寸。气腔截面形状、尺寸与气道截面形状、尺寸和工艺参数有直接关系。气腔截面形状基本上与气道截面形状类同,只不过气腔截面形状受材料表面张力的作用,呈现出圆角。如矩形气道的气腔为带有圆角的矩形,半圆形气道的气腔仍为半圆形,而三角形气道的气腔为带有圆角的三角形。工艺参数对气腔的影响主要是气腔的尺寸,如一般情况下,延迟时间增加时,气腔截面面积变小,熔体温度提高时,气腔截面面积变大。相对比而言,工艺条件对气腔截面形状和尺寸影响不大,即对产品的力学性能影响不大。在合理的工艺条件下和可加工范围内,气道截面形状和尺寸对产品力学性能的影响起着关键作用。如用上述 3 种基本几何形状作为气道截面形状做出的试验结果是,在不同的工艺参数条件下,矩形气道产品的弯曲强度都是最大,而三角形气道产品的弯曲强度略小些,半圆形气道产品的弯曲强度最小,如表 2 所示。

表 2 气道截面形状对产品弯曲强度的影响				
气道截面形状	熔体温度 / °C	气体注射压力 / MPa	熔料注射量 / %	弯曲强度 / MPa
半圆形	210	5	77.1	3.72
半圆形	210	8	74.7	3.67
半圆形	250	5	73.7	3.61
半圆形	250	8	72.2	3.57
三角形	210	5	77.9	4.18
三角形	210	8	76.8	4.14
三角形	250	5	76.1	4.06
三角形	250	8	74.9	4.05
矩形	210	5	80.5	4.74
矩形	210	8	78.7	4.61
矩形	250	5	78.6	4.55
矩形	250	8	77.6	4.47

当然,三角形和半圆形气道的可加工性比矩形好。综合考虑弯曲强度和可加工性时,可在矩形气道的基础上增加倒角。

矩形截面气道之所以具有最大弯曲强度是因为它的截面惯性矩最大。弯曲强度与截面惯性矩有直接的关系。如图 3 所示的 5 种不同截面形状气道的产品,用数字模拟计算出的截面惯性矩和通过试验做出的弯曲载荷之间的对应关系正说明了这一点(如表 3)。

从表 3 和图 4 可以清楚地看到,半圆形截面的气道 A 产品其截面惯性矩最小,它所能承受的弯曲载荷也最小。而矩形带倒角截面的气道 E 产品的截面惯性矩最大,它所能承受的弯曲载荷也最大。

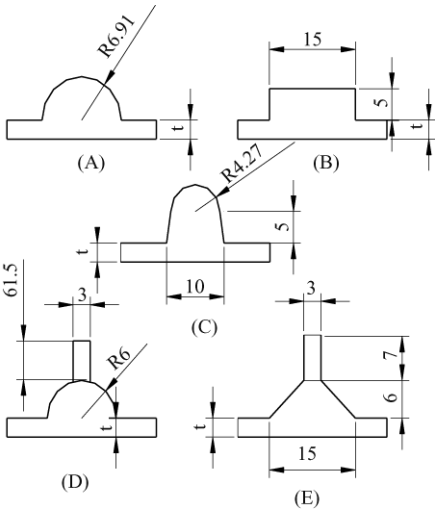


图 3 5 种不同气道截面形状的产品

表 3 5 种截面形状气道的惯性矩和弯曲载荷

气道截面形状	截面惯性矩 $I/10^{-9} \text{ m}^4$		弯曲载荷 / N
	$I_x^{1)}$	$I_y^{2)}$	
A	1.2561	2.5103×10^2	222.78
B	1.1118	2.5088×10^2	263.44
C	1.7590	2.5153×10^2	260.46
D	2.6456	2.5242×10^2	295.13
E	3.0571	2.5283×10^2	302.72

注: 1) I_x 为 X 轴方向; 2) I_y 为 Y 轴方向。

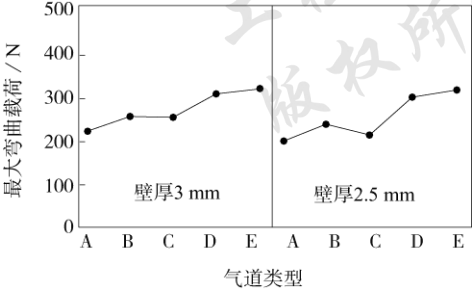


图 4 5 种气道截面形状产品的最大弯曲载荷

2.2 气道形状对产品刚度的影响

除了弯曲强度外, 产品的刚度也与截面惯性矩呈线性关系, 即当产品由于气道形状不同而使截面惯性矩增大时, 产品的刚度[单位变形量所需弯曲载荷, 表示为 $k = p / \delta$ (N/m)], 其中 p 为产品弯曲载荷, δ 为产品中点在垂直方向上的变形量]也随之提高, 如图 5 所示。只有拉伸强度与截面惯性矩关系不大, 这是因为各产品的截面面积基本相同所致, 如图 6 所示。

3 结语

(1) 工艺条件对气体辅助注射成型产品的力学性能有一定的影响。其中熔料注射量对不同气道截面形状的产品

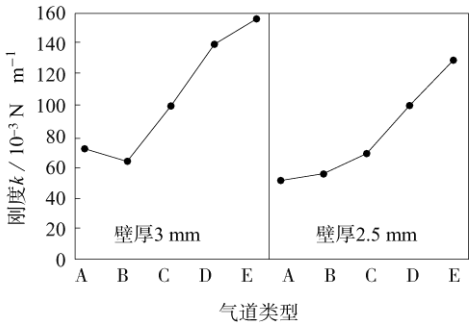


图 5 5 种气道截面形状的产品刚度

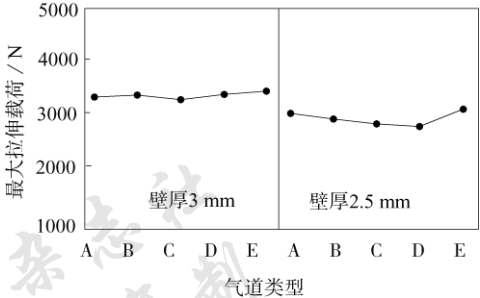


图 6 5 种气道截面形状产品的最大拉伸载荷

影响是一致的, 即当熔料注射量增加时, 产品力学性能也随之提高。而延迟时间、气体注射压力和熔体温度对不同气道截面形状的产品影响趋势是不一致的。当延迟时间缩短, 或熔体温度升高时, 宽断面气道产品的力学性能降低, 窄断面气道产品的力学性能提高。当气体注射压力增大时, 宽断面气道产品的力学性能提高, 窄断面气道产品的力学性能降低。

(2) 气道结构对产品的力学性能影响比较大。对于相同截面面积的产品, 矩形气道产品的弯曲强度最大, 半圆形气道产品的弯曲强度最小。这是因为矩形气道产品的截面惯性矩最大, 半圆形气道产品的截面惯性矩最小。

(3) 除了弯曲强度与截面惯性矩有关外, 产品的刚度也与截面惯性矩成正比关系。而产品的拉伸强度与截面惯性矩无关。

参考文献

- 1 陈静波, 等. 塑料注射成型新工艺. 工程塑料应用, 2002, 30(2): 50
- 2 沈洪雷, 等. 工程塑料应用, 2003, 31(2): 27
- 3 Ong N S, et al. Advances in Polymer Technology, 2001, 20(4): 270
- 4 梁继才, 等. 合成树脂及塑料, 2001, 18(2): 26
- 5 Yang S Y, et al. Advance in Polymer Technology, 1999, 18(1): 11
- 6 Chen S C, et al. Polym Eng Sci, 1998, 38(7): 1085
- 7 Chien R D, et al. Advances in Polymer Technology, 1999, 18(4): 303

INFLUENCE OF PROCESSING PARAMETERS AND GAS CHANNEL STRUCTURE ON MECHANICAL PROPERTIES OF GAS-ASSISTED INJECTION MOLDING PARTS

Zhang Huimin, Zhou Guilian, Jiao Dongmei

(Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, China)

ABSTRACT Although gas-assisted injection molding technology has many advantages compared with conventional injection molding technology, it also leads in new processing parameters and structure design parameters, which makes the application more critical. The influence of processing conditions and gas channel structure on the mechanical properties of the gas-assisted injection molding parts is analyzed and discussed, so that reasonable gas channel structure may be designed, optimal processing parameters may be chosen to increase mechanical properties of parts.

KEYWORDS gas-assisted injection molding, processing parameter, gas channel structure

超高分子多功能水泥塑料问世

据悉,我国最近开发了一种超高分子多功能水泥塑料。它是在超高分子量聚乙烯(UHMWPE)中加入一定量的水泥,利用水泥的强吸潮性、聚集凝固性,可克服UHMWPE的砂粒状、不亲水、不易聚集固化成型的缺陷。这种用水泥改变加工特性的新型塑料便于加工成型,可以更好地与钢网复合,而且也可方便地与磁粉、金刚石等多种功能性材料共混制成制品。此种复合材料制品具有优异的抗风化降解能力,显著延长了使用寿命。

(华阳)

软质 PMMA 新材料开发成功

目前,日本可乐丽公司开发出软质聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)新材料,商品名 Pararet SA。该新材料保持了PMMA的透明性、耐候性等特点,并具有类似软质聚氯乙烯的柔软性,但却不含增塑剂。该新材料与ABS、PC、MS、PMMA、

PET等树脂的粘接性好,可进行挤出成型和高频焊接。新材料适用于保护膜、各种磁带、垫子、功能板材、桌子边条、扶手、接缝材等建筑用材料,还可用于夹具、软开关、软管、连接器罩、汽车零部件等工业用途和反射板等功能部件,用其制造的玩具、圆珠笔杆、吸盘等日用品的手感极佳。

(李强)

防酸碱手套推向市场

由轻工业塑料加工应用研究所自行研究的防酸、防碱、耐溶剂手套日前推向市场。这种新型手套适用于一些接触腐蚀性、有毒液体的手工操作中,可避免对手臂的伤害。这种手套以聚乙烯醇树脂为主要原料,通过对聚乙烯醇的改性,大大增加了产品的耐酸碱性、防水性。这种手套耐有机溶剂性极强,基本上不溶于有机溶剂,同时由于该产品不是聚乙烯醇缩醛化物,无游离醛,因此产品无毒无害,是一种优良的环保手套,而且制品韧性和手感较好。

(高林)

“国际橡塑展”2004年6月在上海举行,2005年将移师广州

第十八届中国国际塑料橡胶工业展览会”(简称“2004国际橡塑展”)将于2004年6月29日~7月2日在上海新国际博览中心举行。此次展会已是连续第十五年获得欧洲塑料和橡胶工业机械制造商协会(EUROMAP)的中国独家赞助,多年来还得到多个海外及国内专业协会的鼎力支持。

2003年展会虽受非典影响而延期至12月举行,但成绩令人喜出望外。展会共有656名来自23个国家及地区的展商参展,展出面积达40000 m²,比1999年北京展会的展出规模扩大100%,展商数目也增长84%;共吸引了43416名来自64个国家及地区的观众,其中4081名为海外买家,而60%的国内观众来自北京以外地区。

据“2004年国际橡塑展”主办单位雅式展览服务有限公司董事长朱裕伦称,2004年展会将全数租用5个大型展馆,展出面积达60000 m²,比2002年的上海展会扩大65%。奥地利、加拿大、中国、德国、意大利、英国、美国及中国台湾省将组织庞大展团参展。展会将设7个产品专区,分别为“辅助及测试仪器专区”、“化工及原料专区”、“模具专区”、“机械专区”、“橡胶设备专区”、“饮料及塑料包装专区”及“半制品专区”。

应市场走势,2004年的专题研讨会题目分别为“塑料在



汽车配件生产中的应用:如何提高生产效率及竞争力”、“塑料与橡胶建材生产——新趋势、新技术”及“食品及饮料业——塑料包装的最新科技与物料”。此外,中国塑料加工工业协会将同期举办中国塑料管道专委会会员大会、中国塑协理事会议等大型活动。

随着中国经济的腾飞,国内企业参与市场推广活动日趋活跃,声势也日趋浩大。主办单位估计2004年的国内参展企业数目将增加3~4倍。

“国际橡塑展”逢双年在上海举行,单年在北京及广州轮流举行。主办单位雅式展览服务有限公司宣布,“2005国际橡塑展”将于2005年6月在琶洲广州国际会议展览中心举行。

“2004年国际橡塑展”由雅式展览服务有限公司、国家轻工业联合会——中国塑料加工工业协会、上海塑料行业协会及上海外经贸商贸展览公司主办及协办。

如欲参展,请与雅式展览服务有限公司联系。香港:梁雅琪小姐/曾佩雯小姐/林淑英小姐,电话(852) 25163387/25163391/25163396,传真(852) 25165024,电邮 chinaplas@adsale.com.hk;上海:(021) 62096903-213/217;北京:(010) 84600971-8004/8006;深圳:(0755) 82329144。

(塑专)