

塑料测试试样模具设计与注塑工艺

王加龙 许昆鹏 赵吕明

(常州轻工职业技术学院,常州 213164)

摘要 简述了塑料测试试样浇口位置与制品收缩的关系,阐述了浇口尺寸与拉伸强度数据真实性的关系,以及注塑材料的韧性程度与型腔设计及顶出机构等关系,提出了解决问题的措施;还提出了从根本上解决厚制品收缩的方法——盆地修模法。

关键词 模具设计 浇口位置 制品收缩 浇口尺寸 顶出机构 盆地修模法

1 问题的提出

在按照国家标准利用注射成型工艺制备塑料测试试样时,经常遇到以下几个方面的问题。

(1) 在制备如图 1 所示结构的阶梯色卡试样时,壁厚越大的部位收缩也越大,在测试时对测试结果影响较大。

(2) 利用注射成型工艺按 GB/T 1040—1992 制备如图 2 所示的哑铃形拉伸测试试样,在拉伸过程中经常出现断裂不是发生在 G_0 (50 mm) 的标线内,而是在标线以外横截面面积较大的标有倒三角形图案的区域;此外,用不同的塑料材料制得的试样在拉伸时断裂部位也不同,有的在标线内,有的在标线外。显然这样的测试试样是不符合要求的,测试结果也是无效的,测试结果并不能用于证明相关结论。

(3) 在注塑如图 1 或图 2 所示的塑料试样时,由于测试试样本体部分不可设置脱模机构,只能利用拉料杆顶浇注系统,借此带出测试试样。所以在利用图 1 或图 2 所示的分型面和浇注系统设计方案时,试样通常脱模困难,经常出现浇注系统顺利顶出而测试试样仍留在凹模内的现象。

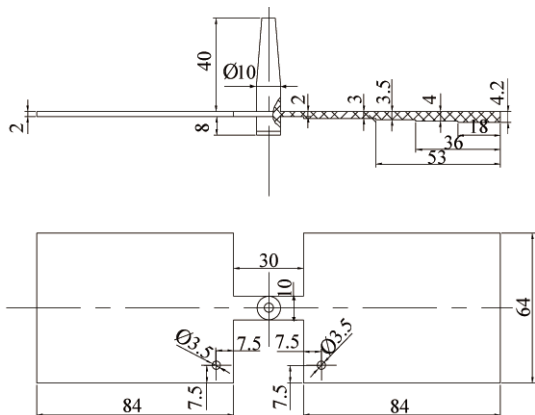


图1 阶梯色卡试样结构图

2 浇口位置的选择与试样收缩率的控制

对于如图 1 所示的阶梯色卡试样,如果在设计

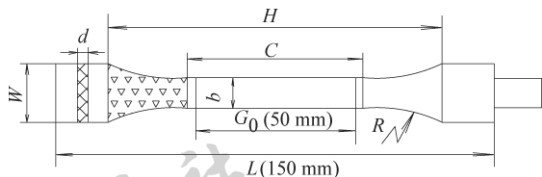


图2 哑铃形拉伸试样及其尺寸

模具时,采用如图 1 所示浇注系统设计方案时,就会发现阶梯试样较厚的部分凹陷较深,收缩明显,其根本原因在于浇口位置选择得不合理。众所周知,塑料导热慢,这就要求在设计塑料件时应尽量选择合理的壁厚,并且最好让壁厚均匀,这样成型工艺容易控制,塑料件的质量也能够保证。但对于本例中的阶梯色卡试样,相关国家标准要求其必须是台阶形,并且尺寸有严格要求,所以只能在模具设计及注塑工艺参数设定时选择更合理的方案,尽量让试样饱满(即凹陷尽可能地小),不影响测试结果。

从模具设计角度考虑,如果采用图 1 所示的浇注系统设计方案,从阶梯色卡试样较薄处进料,在注射成型时,由于靠近浇口处壁厚,冷却速度快,塑料熔体的粘度在此段上升较快,先失去流动性,而远离浇口处由于壁较厚,冷却慢,所以当壁薄部分失去流动性后,壁厚部分由于冷却收缩而导致的缺料得不到补充,必然会导致试样表面的凹陷或者试样内部的空洞。在注射工艺中的常规做法总是通过调节保压压力和保压时间来控制补充型腔中由于冷却收缩而引起的缺料。但在此例中,由于浇口设在壁薄处,此处的塑料熔体由于冷却快先失去流动性后,不能通过保压补料以弥补壁厚处的收缩。改进后的方案如图 3 所示,浇口设在阶梯色卡壁厚最大处。采用这种方案后,壁越厚,塑料熔体冷却冻结时间越长,所以可以充分利用调节保压压力、保压时间、模具温度等工艺条件将注塑机料筒中的熔体顺利补充到型

腔中, 以避免由于冷却过程中的收缩所引起的试样表面的凹陷和内部的空洞, 得到符合国家标准要求的阶梯色卡试样。

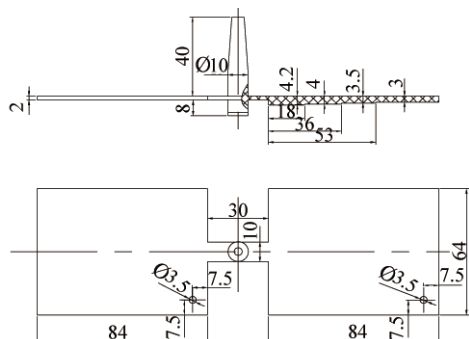


图3 阶梯色卡试样另一种布置

从工艺的角度考虑, 注塑类似的试样, 工艺参数的设置必须做到这样几点: ①采用较高的注塑压力、较长的保压时间、较高的模具温度, 还必须要有适当的多级注塑工艺。最终应当做到在避免试样凹陷等缺陷的同时, 尽量降低试样脱模时的型腔残余压力。②应该保证在注塑同一批试样时工艺参数的稳定性, 避免由于工艺参数的调整给测试带来的误差, 进而影响测试结果。

3 浇口尺寸与模塑材料测试数据

在按照国家标准的相关内容, 利用侧浇口、一模两腔方案成型的哑铃形拉伸试样在拉伸时, 最终断裂位置往往在标线外的标有倒三角形的区域, 如图2所示^[1]。从注射成型工艺及模具设计的角度出发可以找到如下原因。

首先, 在测试材料性能时, 基本与测试试样各部分的聚集态结构是一致的, 并且在考察每一种因素对材料性能的影响时, 应该排除其它因素的干扰。所以, 单纯从试样的形状来进行分析, 如果试样各部分的聚集态结构一致, 其各部分的拉伸强度必定相近, 在拉伸过程中, 最薄弱的环节肯定是标线内的截面面积最小的部分, 拉伸导致的断裂也应该发生在标线范围内, 而不可能发生在标线外有倒三角形图案的区域, 因为试样该部分的截面积要比标线内区域的截面积大。如果断裂发生在标线外, 原因只可能有一个, 就是标线内材料的强度比标线外的强度高。但由于试样是由同一种材料注塑而得, 那么只有一种可能, 就是标线内高分子材料的聚集态结构和标线外肯定不同。其次, 这种结果肯定是由于模具的结构和注塑工艺的原因造成的。

结合哑铃形拉伸试样成型用模具的设计方案和注塑工艺的特点, 笔者认为注塑过程中哑铃形试样

各段的取向程度不一致必然导致试样各段拉伸强度的不一致。如图2所示, 哑铃形试样在制备时通常采用侧浇口从一端进料, 在充模时熔体沿着流动方向刚进入型腔时, 试样的横截面积虽然较大, 但流道的横截面积有逐步减小的趋势, 熔体的流动是收敛流动。收敛流动的特点决定了高分子链在流动方向上必定有较大的取向, 所以, 这一部分高分子材料的取向程度较高。随着流道横截面积的进一步减小, 当熔体进入标线段时, 高分子链沿流动方向的取向也达到最大, 并且由于这一段横截面积最小, 冷却速度也最快, 冻结的取向态的高分子链也最多。随着充模的进一步进行, 当熔体由试样中间横截面积最小的那段进入横截面积逐渐增大的那一段时, 由于熔体的流速变慢, 剪切速率降低, 分子链取向程度降低, 并且横截面积的增大也导致这一部分的冷却速度下降, 高分子链在高温阶段停留时间延长也导致解取向作用增强。

从以上分析可以看出, 可以将哑铃形拉伸试样分为三段, 从浇口开始, 横截面积由大变小为一段, 而横截面面积不变的中间段为第二段, 最后横截面面积由小变大的那一段为第三段。前两段由于有收敛流动和较快的冷却速度的影响, 分子链的取向程度较高, 其拉伸强度必然较大, 而最后一段由于剪切速度的下降、料温较低、冷却速度较慢, 分子链的取向程度低, 拉伸强度也必然低。据此可以推断哑铃形试样在拉伸时, 断裂可能会发生在第三段, 尤其是横截面面积由小变大的那一段。当然, 从流变学的角度, 塑料材料大体可以分为两类, 一类材料的熔体粘度是剪切敏感型的, 而另一类是温度敏感型的。这两类材料在用于注射成型哑铃形试样时, 流道横截面积的变化虽然也会影响取向, 但程度是不同的, 所以不同材料制得的哑铃形试样, 在拉伸时断裂的部位也不同。

既然哑铃形拉伸试样由于各段取向程度不一致导致各段拉伸强度不一致, 那么, 在使用此种试样所测得的数据时, 有时肯定无法判断材料性能的改变是因为材料配方的改变引起的, 还是由于收敛流动导致的分子链的取向引起的, 所以, 在制备此类试样时应该设法消除因为分子链的取向而导致的材料性能的变化, 具体措施如下。

(1) 从模具设计的角度出发, 主要的做法就是增大浇口的尺寸。如图2右端所示, 在国家标准中规定浇口的宽是试样宽度的一半, 而浇口的深度则

可以取得较大,甚至可以与试样同厚。这样可以减小熔体充模的速度,减小剪切程度,进而降低分子链的取向程度,同时分子链也可以有充足的时间解取向,试样中分子链的聚集态结构对材料性能测试结果的影响也可以降到最低。当然在确定浇口尺寸时,还应该考虑材料的种类,对于剪切敏感型材料和温度敏感型材料还应区别对待。

(2) 从注塑工艺的角度出发,要尽量降低分子链的取向程度,可以从以下几个方面着手。首先,在注射速度上,应采用较低的注射速度或较长的注射时间,这样可以降低注射过程中的剪切速率,减少由于剪切而导致的分子链取向。其次,在不导致材料性能下降的前提下,可以采用较高的料温和模温,较高的料温和模温可以加速由于剪切而导致的取向分子链的解取向。

(3) 在注射成型时,还可以利用多级注射工艺,通过调节注射过程中不同阶段的注射速度和注塑压力来减小分子链的取向程度。

(4) 还应该强调的是当选定模具设计方案和工艺参数后,还应该采取必要的措施稳定工艺参数。在注射成型试样过程中频繁更改工艺参数同样也会导致不同试样中分子链聚集态的差异,测试数据也同样不可信,有时甚至会干扰研究者对试验结果的分析,导致错误的结论。

(5) 从减轻分子链取向的角度出发,降低测试误差的另一个主要方法就是在条件允许的前提下,可以采用 GB/T 16421 - 1996 中的小尺寸试样。小尺寸试样中 L 的数值为 75 mm,只有大试样长度的一半。长度缩小了,并且由于注射充模过程中流道横截面积没有类似于哑铃形试样的先收敛再扩张,可以在一定程度上消除由于流动过程中剪切速率的变化而导致的分子链的取向和试样中各部分聚集态结构间的差异,在拉伸测试时所得到的数据也才能够反映材料的真实性能。

4 材料的韧性与型腔设计及顶出机构的设置

在注塑试样时,如果注塑的原料是聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)或(丙烯腈/丁二烯/苯乙烯)共聚物(ABS)等韧性较大的材料,可以利用拉料杆将试样顶出;如果注塑的原料是聚苯乙烯(PS)、聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)等脆性较大的材料,大多数情况下拉料杆只能将料把顶出,料把与试样分离,试样留在型腔内,只能人工用铜棒将其撬出来。可以想象,即使注塑的是韧性材料,注塑制品被顶出后拉

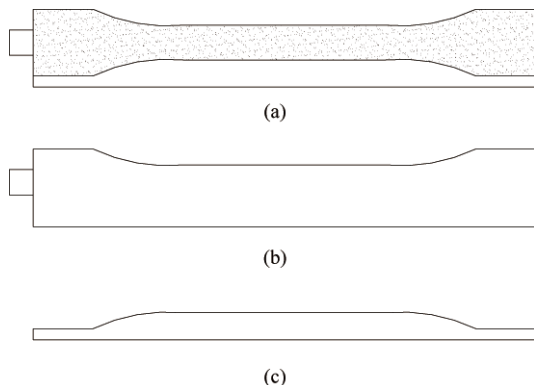
出型腔,试样必定受到一定的应力。如果将具有较大应力的试样用于表征材料的拉伸强度、热性能时,所得的数据肯定不能反映材料的真实性能。

产生上述现象的原因在于大多数情况下,为了保证试样表面没有凹陷,通常会采用较高的保压压力和较长的保压时间,脱模时型腔的残余压力也必然较大。另外,在设计制品时可以采用脱模斜度和改进制品的结构来尽量降低残余压力对脱模的影响,但注塑试样时,为了测试的方便,国家标准是不允许这样做的,所以残余压力对脱模的影响也就更大。

为了尽量降低测试试样由于脱模而产生的内应力,同样也可以从模具设计和注射工艺两个方面着手。

首先,从模具设计的角度出发^[2],由于国家标准规定此类的测试试样不能采用脱模斜度,如果按照常规做法选择较大的上表面或者下表面为分型面,必然脱模困难。这样的试样可以选择连接最长的两条对角边的面为分型面^[3],这就相当于在动、定模上分别开设型腔,并且单边都有 45° 的脱模斜度,脱模时型腔残余压力对试样性能的影响也可以减到最小。

对于不便采用上述模具结构的试样,如图 4a 所示,可以改变思路,在动模板上开设如图 4b 所示的模具型腔,而在定模上安装如图 4c 所示的型芯,利用这两者的配合来成型哑铃形拉伸试样。但在设计此类模具时应该选用一些定位机构,让动、定模可靠定位,保证试样的尺寸精度。此外,脱模机构的设计也应该加以改进。虽然不能采用推杆脱模,但可以利用推块推动试样脱模,这样试样脱模时受力均匀,可以避免试样脱模时受到各种复杂应力的作用。



a—哑铃形试样; b—动模板开型腔; c—定模板安型芯

图4 哑铃形拉伸试样型腔设计图

当然,对于非力学性能测试类试样,如阶梯色卡

试样、电性能测试试样等,在不影响测试结果的前提下,可以设置一定的脱模斜度,以利于减小脱模时复杂应力对试样的损伤。

同样,在制备测试试样的过程中,还应该注意工艺参数的调整,尽量在获得满足国家标准的测试试样的同时,降低脱模残余应力。如采用多级注射工艺、合适的保压压力和保压时间、适当的料温和模具温度。同样,在制备一批试样时还应该保持工艺参数的稳定。

5 盆地修模法

注塑制品普遍存在的问题是制品的凹陷问题,这对厚度较大的制品尤其突出。对于厚度较小的薄壁制品,如果工艺控制适宜,不会有明显的凹陷。对于厚度较大的注塑制品,无论注塑机如何精密,工艺如何适宜,明显的缩痕和凹陷仍是不可避免的。这可以通过模具设计从根本上解决这一问题。

如将型腔的平面做成中间部位低一些,像地理图上的盆地,称之为盆地修模法^[4],见图 5。可是,这样做的难点在于:修模的量究竟为多少?没有理

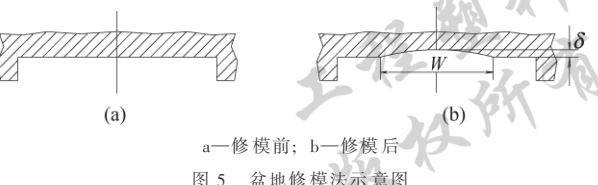


图 5 盆地修模法示意图

论计算依据,只能凭经验逐步修改模具,直到符合要求为止。

在修模过程中必须注意两点:其一, δ 的数值开始要取得小些,不能一下太大;否则就可能造成该型腔的报废。其二,型腔中凹进去的部件在另一方向上也要在中间位置进行修模。

6 结论

(1) 模具设计不是仅从机械角度进行设计,一定要结合注塑材料的工艺性进行设计,才能最大限度地减小试样的收缩率。

(2) 改变型腔形状,才能避免脆性材料注塑试样断在型腔里造成脱模困难。

(3) 浇口位置和浇口尺寸的设计也是控制注塑试样收缩率的有效方法。

(4) 采用盆地修模法可以从根本上解决注塑试样的凹陷问题。

参考文献

- [1] 王加龙,孙燕清.塑料测试工[M].北京:化学工业出版社,2006:69.
- [2] 周曙云.标准塑料试样模具的设计[J].模具技术,1999(1):37-39.
- [3] 盛昌泗.热塑性塑料试样模的设计和制造[J].现代塑料加工应用,1995,7(2):41-45.
- [4] 王加龙.热塑性塑料注塑生产技术[M].北京:化学工业出版社,2004:289.

MOULD DESIGN AND TECHNOLOGIC PERFORMANCE OF PLASTICS TESTING SAMPLE

Wang Jialong, Xu Kunpeng, Zhao Luming

(Changzhou Light Industry and Technology College, Changzhou 213164, China)

ABSTRACT The relations of gate position to product shrinkage, gate dimension to facticity data of tensile strength and toughness of injection materials to mould cavity and ejector mechanism were stated. The measures to solve above problems were provided. The basin amend mould method, ie, radically solution to shrink of thick products was supplied.

KEYWORDS mould design, gate position, shrink of product, gate dimension, ejector mechanism, basin amend mould method

符合 RoHS 配方的热塑性弹性体(TPE)化合物

Teknor Apex 公司的热塑性弹性体部最近宣布,其目前可以提供符合 RoHS 配方的所有用于电线和电缆的 Elexar 热塑性弹性体(TPE)化合物,以便能够在广泛的温度范围内最终保持其类似于橡胶的弹性和韧性,甚至是在极冷的户外条件下也能保持其弹性。根据该公司电线和电缆市场经理 Phil Scadding 说法,选择这种新的化合物时其性价比与标准的 Elexar 产品相同,而且与其相似的是,这种新的化合物在电气特性方面同样是超过众多标准 TPE 的苯乙烯嵌段共聚物。根据等级的不同,其脆化点温度范围最低可以降至 $-60 \sim 100^{\circ}\text{C}$,而根据 UL-1581 的规定,其额定的最高持续运行温度范围可以达到 $105 \sim 125^{\circ}\text{C}$ 。由于在典型情况下,Elexar

TPE 的密度在很大程度上低于用于电线和电缆的标准柔性乙烯基化合物,所以会产生质量较轻的终端产品。这种 Elexar 化合物的应用环境包括绝缘、绝缘护套以及户外装置的铸造插头及连接器、电源工具、工业自动机械、焊接设备、潜水泵、汽车配线及电池、器械配线、娱乐声光系统以及其它要求较高的使用范围。Elexar 电线及电缆化合物具有典型的 $600 \sim 900 \text{ V/mm}$ 的绝缘强度和 $2.1 \sim 2.4$ 的绝缘常数。其中有很多等级是经过 UL 认证的,符合抗户外侵蚀及抗紫外线的要求,并且通过了 UL 的 $7 \text{ d } 60^{\circ}\text{C}$ 的抗油试验。目前既有标准型号也可以进行量身定制。在不久的将来,中国的工厂也会使用同美国等一样的配方。其代表性化合物是 Elexar EL-8431,既可以用于绝缘也可以用作绝缘护套。

(中化)