

小模数塑料内齿轮注塑模具设计

王学虎 祝铁丽 宋满仓 刘永云

(大连理工大学模具研究所,大连 116023)

摘要 介绍了小模数塑料内齿轮的注射成型工艺特点,在参考 Moldflow 软件模拟结果的基础上确定了最佳的浇口位置,并对模具设计和制造过程中的关键问题进行讨论,设计了一套小模数塑料内齿轮注塑模具。注射成型试验表明,所设计的模具结构合理、运行顺畅,所注射成型的小模数塑料内齿轮质量良好、满足使用要求。

关键词 小模数内齿轮 注射成型 模具设计

塑料齿轮由于具有质轻、价廉、传动噪声小等特点,被广泛应用于汽车、仪表、家用电器、玩具和各种计时装置中,不仅在很多场合已取代了金属齿轮,而且能够用于金属齿轮不宜使用的许多领域^[1]。目前有关塑料齿轮的成型研究多是针对其外齿轮的成型^[2-4],而对于内齿轮的研究则较少。小模数塑料内齿轮在组装尺寸小、传动结构复杂的产品时,有着比较明显的优势。笔者研究了模数为 0.2 mm 的小模数塑料内齿轮注塑模具的设计,并通过注射成型试验对注塑模具的成型效果进行了验证。

1 小模数塑料内齿轮注射成型特点分析

图 1 为所要注射成型的小模数塑料内齿轮尺寸示意图。其齿形参数为:模数 0.2 mm,齿数 36,变位系数 1.6,分度圆压力角 20°;内形尺寸为:齿顶圆直径 7.5 mm,齿根圆直径 8.2 mm;外形尺寸为:外径 10 mm,高 4 mm。

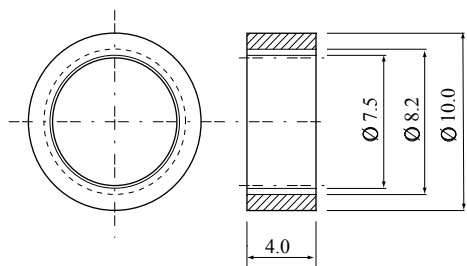


图 1 塑料内齿轮尺寸示意图

由于塑料内齿轮在注射成型后将因收缩而包紧在型芯上,而且所成型的塑料内齿轮的齿数较多,因此所需的脱模力比较大。此外,因小模数塑料内齿轮的齿根处壁厚仅为 0.9 mm,若采用推杆进行塑料件顶出,推杆的直径宜在 0.5 mm 左右,这使得塑料件局部面积上承受的顶出压力过大,极有可能将塑料件顶穿,造成塑料件破坏及无法脱模,所以需要采用推管或推板进行顶出。若采用推管顶出,不仅型芯的轴向尺寸过大,而且推管的定位精度要求非常高。基于上述分析,笔者选择使用推板进行塑料件

顶出。

聚甲醛(POM)具有强度高、耐疲劳、耐蠕变和尺寸稳定性好等特点,是一种较理想的塑料齿轮材料,所以采用 POM 进行小模数塑料内齿轮的注射成型。

2 模具设计要点分析

2.1 浇注系统设计

Moldflow 是一款具有强大分析功能的专业注射成型 CAE 软件,被广泛应用于注射成型领域的优化设计分析。在设计小模数塑料内齿轮的注塑模具时,笔者首先使用 Moldflow 软件进行最佳浇口位置分析。表面网格(Fusion)能够在保证分析精度的同时,减少计算机运算时间^[5],因此网格类型选择 Fusion。根据塑料件的局部最小尺寸,网格的平均边长设置为 0.2 mm。软件分析结果显示,宜将浇口设在塑料件中间高度处的里侧或外侧。笔者选择将潜伏式浇口设在塑料件中间高度处的外侧,如图 2 所示,这是因为浇口设在此处不会影响塑料内齿轮的正常使用。

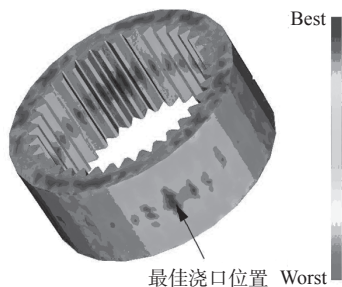


图 2 最佳浇口位置分析结果

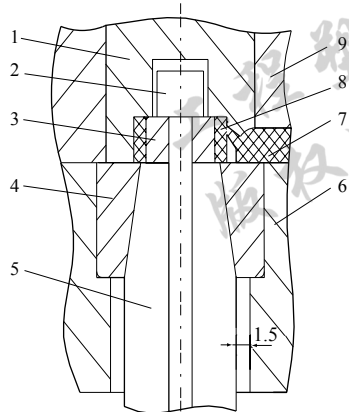
潜伏式浇口的尺寸不宜过大,否则流道和塑料件之间不易断开,继而影响到流道凝料及塑料件的正常脱模^[6],本浇口尺寸取 $\varnothing 0.6$ mm。对于一模两腔的型腔安排,浇注系统的整体设计如图 3 所示。



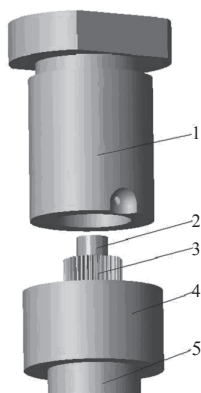
图3 浇注系统示意图

2.2 成型组件设计

成型组件如图4所示。小模数塑料内齿轮的齿形采用小模数的金属外齿轮型芯3成型。型芯的高度为4 mm,齿顶厚为0.07 mm,齿槽宽为0.16 mm。由于齿形小,型芯无法采用齿轮刀具进行加工;又因型芯的高度超过1 mm,也无法采用光刻树脂后电铸金属的方法进行加工;适宜的加工方法是采用电火花线切割加工。首先将模具合金钢坯料精磨为所需厚度的板件,然后在数控线切割机床上使用 $\varnothing 0.1$ mm的钼丝从板件上切下小模数金属外齿轮,得到



(a)



(b)

a—剖面图; b—立体造型

1—型腔嵌套; 2—型芯固定杆; 3—型芯; 4—推板嵌套;
5—动模嵌件; 6—推板; 7—浇口; 8—塑料件; 9—定模板

图4 成型组件示意图

所需的型芯。利用 $\varnothing 2.5$ mm的标准顶杆作为型芯固定杆,在其杆部加工出螺纹,与M2.5的螺母相配合,将型芯固定在动模嵌件5上端。

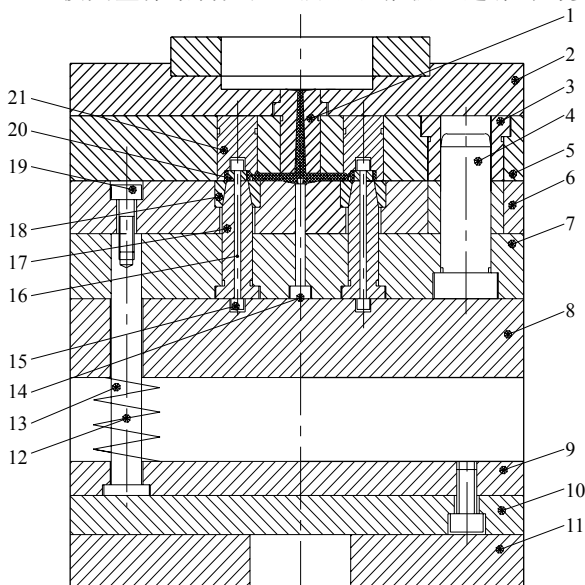
为了方便调整与更换,推板上与动模嵌件相接触的部分设置了推板嵌套。推板嵌套与动模嵌件之间采用锥面配合,这样在合模时不会发生刮碰,从而减少磨损、提高模具使用寿命。推板嵌套是以过盈配合的方式固定在推板中,为了在修配模具时便于将推板嵌套取出,推板嵌套内部锥孔的大端半径比推板上的动模嵌件安装过孔半径大1.5 mm。

用于成型小模数塑料内齿轮外形的型腔嵌套则设在定模一侧。当动、定模分开时,因收缩而包紧在型芯上的塑料内齿轮首先从定模型腔中脱出,塑料件留在动模一侧,然后推板将塑料件从型芯上顶出。

潜伏式浇口设置在型腔嵌套上。为保证型腔嵌套上的流道部分与定模板上的流道部分准确接合,型腔嵌套需要设计防转结构。将该结构设在型腔嵌套的头部而未设在杆部(如图4b所示),这样既有利于型腔嵌套防转结构的加工,也有利于定模板上用于安装型腔嵌套杆部的配合孔的加工,提高了加工的工艺性。

2.3 模具整体结构设计

模具整体结构如图5所示。推板通过螺钉与复



1—浇口套; 2—定模固定板; 3—导套; 4—导柱; 5—定模板;

6—推板; 7—动模板; 8—动模垫板; 9—推杆安装板;

10—推杆固定板; 11—动模固定板; 12—弹簧; 13—复位杆;

14—拉料杆; 15—螺母; 16—型芯固定杆; 17—动模嵌件;

18—推板嵌套; 19—螺钉; 20—型芯; 21—型腔嵌套

图5 模具总体结构图

位杆连接。当注塑机的顶杆推动模具的推杆固定板向前运动时,由复位杆带动推板实现塑料件顶出运动。由于冷料穴设在推板上,如果拉料杆仍像常规设计那样固定在推杆安装板上,则拉料杆与推板之间将无相对运动,也就无法使流道凝料脱离拉料杆。为此将拉料杆固定在动模板上,推板在顶出塑料件的同时,会将流道凝料从拉料杆上强制推出。为了便于取下粘附在推板上的流道凝料,推板上的冷料穴设计成一个浅的球状凹坑。

图 6 示出模具的开模动作。当注塑机执行开模动作时,复位杆上的弹簧使得推板紧靠在动模板上,因此模具在定模板与推板之间分开,包括推板在内的动模部分随注塑机的动模安装板向后移动。注射成型的小模数塑料内齿轮因包紧在动模型芯上而从定模型腔中脱出,潜伏式浇口被拉断,塑料件留在动模一侧;在拉料杆的作用下,潜伏式浇口与主流道也从定模部分脱出,留在动模一侧。当注塑机执行顶出动作时,注塑机顶杆通过复位杆而带动推板向前运动,将塑料件和流道凝料分别从型芯与拉料杆上脱下来。注塑机顶杆撤出后,在弹簧的作用下,复位杆带动推板先复位,然后合模进入下一个工作循环。

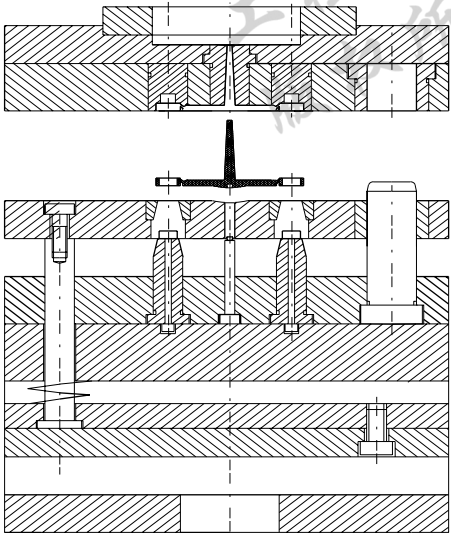


图 6 开模动作示意图

3 注射成型试验

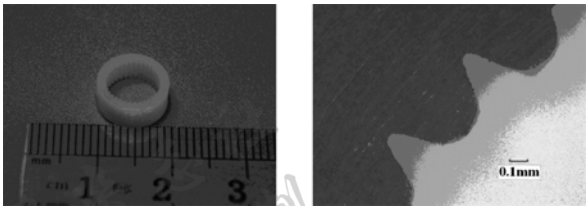
注射成型材料选择日本宝理公司的牌号为 M90-44 的 POM。注射成型设备为德国 BOY 公司的 12A 型微注塑机。由于 POM 的成型温度范围窄,因

此注射速度要快,同时需要提高模具温度^[7]。笔者所采用的注射成型工艺参数如表 1 所示。

表 1 注塑成型工艺参数

项目	数值	项目	数值
熔体温度 /℃	210	保压压力 / MPa	70
模具温度 /℃	60	保压时间 /s	6
注射速率 /cm ³ · s ⁻¹	45	冷却时间 /s	30
注塑压力 /MPa	70	成型周期 /s	100

注射成型过程中,模具运行顺畅,塑料件与流道凝料顺利脱模。所注射成型的小模数塑料内齿轮塑料件如图 7 所示。经检验,塑料件的外观与内部齿形均成型质量良好,符合设计要求。



(a) 外观; (b) 内部齿形

图 7 注射成型的小模数塑料内齿轮塑料件

4 结语

通过分析小模数塑料内齿轮的结构和注射成型特点,在参考 Moldflow 软件分析结果的基础上,设计了潜伏式浇口、推板顶出的注射成型方案。型腔组件结构紧凑,配合可靠。所成型的小模数塑料内齿轮具有良好的外观与内部齿形,满足使用要求,可为同类塑料齿轮产品的模具设计提供参考。

参考文献

[1] 陈战,王家序,秦大同.塑料齿轮材料的改性研究[J].机械工程材料,2003,27(3):42-44.

[2] 陈广娟,马建宁.精密小模数塑料齿轮注射模具型腔尺寸计算及成型工艺[J].中国塑料,2000,14(5):48-52.

[3] 吴利英.聚甲醛双齿轮成型加工工艺研究[J].工程塑料应用,2002,30(2):22-23.

[4] 郭紫贵,左大平,胡细东.塑料齿轮成型品质改进[J].工程塑料应用,2009,37(3):34-36.

[5] 王刚,单岩.Moldflow 模具分析应用实例[M].北京:清华大学出版社,2005.

[6] 申开智.塑料成型模具[M].2版.北京:中国轻工业出版社,2002.

[7] 张甲敏,王建华.POM 塑料典型制品注塑工艺探讨[J].塑料工业,2000,35(4):33-35.

DESIGN OF INJECTION MOLD FOR SMALL MODULE PLASTIC INTERNAL GEARS

Wang Xuehu, Zhu Tieli, Song Mancang, Liu Yongyun

(Institute of Moluld & Die, Dalian University of Technology, Dalian 116023, China)

ABSTRACT The injection molding characteristics of small module plastic internal gears are analyzed. Based on the simulation

results of the software Moldflow, the best location of the gate is determined. After discussing the key points in mold manufacturing, an injection mold for small module plastic internal gears is designed. The injection molding experiments are carried out and the mold operates smoothly, indicating that the mold design is reasonable. The injection molded plastic internal gears have good quality in appearance and satisfy the requirements in precision.

KEYWORDS small module internal gear, injection molding, mold design

2010 年全球碳纤维市场快速回暖

在即将过去的这场全球性的经济衰退中,碳纤维产业并没有幸免,尤其是 2009 年经济衰退陷入最低谷时,很多碳纤维制造商也推迟或放慢了自己的发展计划。但是进入 2010 年以来,随着经济危机的好转,全球碳纤维市场出现快速回暖的迹象。

(1) 巨大需求刺激碳纤维市场回暖

今年 4 月份全球碳纤维龙头厂商 Toray 上调碳纤维价格,上涨幅度达到 15%,更是印证了这一趋势。市场的快速回暖,源于巨大的需求。2010 年全球碳纤维需求量则达到 3.2 万 t/a,这一数字与 2001 年相比增长了 78.3%。航空航天历来就是碳纤维的重要应用领域。2009~2018 年期间,超过了 80 个独一无二的商务飞机主要或次要结构件模型将应用碳纤维复合材料生产,或者为相关资格认证做准备。以 F-35 闪电 II 型战斗机为首的军用飞机也将大量使用碳纤维,目前该机型仍处于系统开发和示范阶段,尚未开始大规模生产。除此之外,目前正在开发的或处于生产初期的单通道飞机也将成为碳纤维的应用领域。

除了航空航天以外,随着全球风电市场的逐步壮大,风电叶片也已经成为碳纤维主要的应用领域之一。一套机组仅叶片就有 18 t,如果用碳纤维,能减轻 6 t,还增加了强度和韧性,也增加了发电功率,如此优秀的性能使碳纤维在风电叶片上的应用越来越多。预计,到 2014 年,每年将有超过 5 万 t 的纤维流入叶片市场领域。

(2) 中国碳纤维产业借机奋起

当前,全球碳纤维市场正以平均每年两位数的速度快速增长,中国国内对碳纤维的需求也与日俱增。然而,我国碳纤维的生产尚处于起步阶段,国内碳纤维生产能力仅占世界高性能碳纤维总产量的 0.4% 左右,国内用量的 90% 以上靠进口。面对着这样巨大的商机,国内碳纤维厂商开始行动起来。如今,越来越多的碳纤维厂商看到市场的机遇和潜力,加大了碳纤维的研发和生产。这客观上也壮大了中国的碳纤维产业。借着全球碳纤维市场的回暖良机,中国碳纤维产业开始奋起。

(工程塑料网)

罗地亚工程塑料推出油箱专用尼龙

罗地亚公司已推出新的聚酰胺树脂产品生产线,旨在争夺一些现以多层高密度聚乙烯为材料的吹塑油箱市场。罗地亚在北美的工程塑料集团已生产出可把罗地亚的新材料非常方便地与现有吹塑设备兼容的小油箱。对注塑商来说,在对一些收缩问题作出调整后,仍能达到排放与抗冲方面的要求。

(中塑网)

泰科纳推出新的 Vectra G 系列液晶聚合物

泰科纳最近向市场推出其 Vectra G 系列产品的两种更具成本竞争力的无卤液晶聚合物(LCP)新级别产品 Vectra G131 和 G331,可以帮助电子电气加工商免除因使用阻燃、高温尼龙塑料加工元件时通常会遇到的一些问题。

Vectra G131 和 G331 是玻纤和矿物填充的液晶聚合物,设计用来帮助电子电气产业的客户满足严苛的无铅焊接和无卤化的要求,避免由于腐蚀和维护所造成的高成本。据 Vectra 液晶聚合物市场经理介绍,Vectra G 系列建立在泰科纳 Vectra 液晶聚合物出色的优势之上,具有自阻燃性,满足 UL94 V-0 标准,无需添加阻燃剂就满足无卤要求。

此外,两种 Vectra G 系列产品均可帮助电子电气生产商在超过 260℃ 的条件下实现卓越的薄壁尺寸稳定性,而现有的阻燃型聚合物在高温下都会遇到各种问题。其它的加工优势还包括:比阻燃、高温尼龙更快的成型周期,无溢料和模垢,可无铅回焊,无吸水导致的气泡,更低的机器和模具维护成本(无腐蚀),25% 回料掺混率。客户比较试验显示,Vectra G 级材料在可加工性、起泡和尺寸稳定性方面胜过无卤尼龙和 PBT 材料。这些新级别的泰科纳 Vectra 液晶聚合物可以帮助电子电气制造商无需太多花费,即可实现最佳的零件整合和成本节约。

(慧)

耐克世界杯球衣全塑料打造

包括 C 罗、罗比尼奥和朴智星在内的多名全球顶级球员,今夏将身穿足球史上最环保和拥有最先进科技的球衣出现在南非赛场上。由耐克赞助的所有国家队(包括巴西、葡萄牙和荷兰)将首次身穿完全由回收聚酯制作而成的球衣征战 2010 年世界杯,每件球衣最多使用 8 个回收塑料瓶。近日耐克在伦敦举行的一项全球媒体活动上通过几位足球运动员推出了新国家队球衣。

为了制作 2010 年国家队服装,耐克的面料供应商从日本和台湾的垃圾场收集了大量废弃塑料瓶,然后将其熔化来生产新纱,最终这些新纱被转化为球衣面料。这种工艺节省了原材料,并且与制造新聚酯相比最多可减少 30% 的能耗。通过使用回收聚酯来生产其最新系列的国家队球衣,耐克阻止了近 1300 万个塑料瓶(总计大约 25.4 万 kg 聚酯垃圾)进入垃圾场。这些瓶子足够覆盖超过 29 个足球场。如果把用来制造球衣的回收瓶子首尾相连,可达 3000 多 km,比南非的整条海岸线还要长。

经过改良,耐克 Dri-Fit 面料如今的质量比先前的耐克服装面料减轻 15%,通过将汗排出服装并蒸发,帮助球员保持身体干爽。

(中塑网)