

塑料齿轮设计制造方法之齿轮模具设计方法研究

草稿

黄明华 马瑞伍 张海臣 王玉昌

(深圳市海翔铭实业有限公司, 广东 深圳 518131)

摘要: 塑料齿轮模具的设计要点主要有型腔设计、浇口设计、排气设计和模具结构四点。本文首先介绍了型腔设计的基本方法——变模数法, 然后分析了浇口位置与分布方式对齿轮加工的影响, 接着介绍了齿轮模具的齿面排气的设计方法, 最后介绍了常用的三板式齿轮模具的基本结构。

关键词: 齿轮模具 设计方法

基金项目: 国家火炬计划项目 (2005EB041357)



1 前言

在前文《塑料齿轮设计制造方法研究之齿轮副理论设计方法研究》中我们将塑料齿轮的设计制造流程分为齿轮副理论设计、模具设计、模具制造和齿轮注塑生产四步。其中, 齿轮模具设计是整个过程的最关键一步, 也是成形小模数精密塑料齿轮的关键。对于渐开线小模数塑料齿轮而言, 由于塑料自身的收缩性和渐开线形状的特殊性, 塑料齿轮模具的设计主要涉及型腔非线性收缩设计、浇口设计、齿面排气设计和模具结构设计四个方面的问题。针对这些问题, 本文将根据我公司多年从事塑料齿轮模具的设计经验, 以渐开线小模数外啮合标准直齿圆柱塑料齿轮模具为例, 对齿轮模具设计方法进行初步分析, 以期能为塑料齿轮模具设计人员提供一点借鉴。

2 齿轮模具设计

2.1 型腔设计

塑料齿轮模具的型腔设计一向被视为模具工业的一个技术难题^[1]。究其原因主要有两点: 一是塑料收缩率难以精确化: 在塑料齿轮模塑法加工过程中, 塑料由颗粒状固体原料经高温转变为熔融的塑料液体, 再经冷却后成型固态塑料齿轮产品。这一过程中塑料的收缩率是一个范围值, 难以精确的确定塑料的收缩率数值; 二是模具型腔的非线性收缩计算: 对于渐开线小模数塑料齿轮模具而言, 模具型腔实际上是一个假想的齿轮。这个假想齿轮既不同于变位齿轮又不同于内齿轮^[2]。这个假想齿轮在收缩后就变成了我们想要的塑料齿轮。该假想齿轮在其渐

开线齿形上的收缩不同于一般塑料件的各向等比例收缩，在齿轮平面上， x 与 y 方向的收缩量不等，即为非线性收缩。如图 1 所示。正是这种非线性收缩导致渐开线塑料齿轮模具型腔的设计难度大大增加。

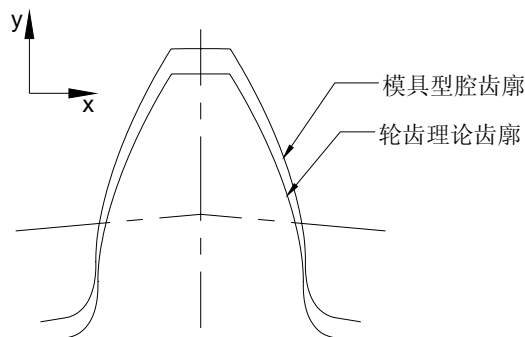


图 1 塑料齿轮轮齿理论齿廓与模具型腔齿廓对比

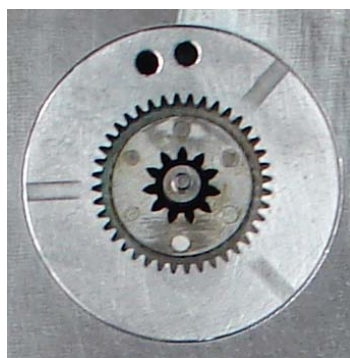


图 2 齿轮模具型腔

面对这一技术难题，采用一般塑料件各向等比例收缩方法设计模具型腔是难以收到良好的效果的。根据我公司多年的实践检验，在精确估算塑料收缩率的基础上，我们推荐采用变模数法进行齿轮模具型腔的理论设计，然后通过齿形修正来保证模具型腔的精确合理。变模数法认为^[3]：齿轮在各加工过程中，基圆直径、分度圆直径、齿顶圆直径和齿根圆直径都一样，都是按照一定比例增大或减小的，与简单的套筒类零件的径向齿轮变化规律一致。对齿轮分度圆而言，由公式 $d = mz$ 可知，它只与模数 m 和齿数 z 有关。对于一个具体的齿轮，由于它的齿数是一定的，因此在加工过程中，分度圆直径的变化可以认为是模数 m 在变化。这一规律说明：塑料齿轮模具型腔所包容的空间是一个齿数与压力角不变，模数为 m' 的假想齿轮，它的沟槽为型腔的齿形。对这个假想齿轮的模数可以采用等比例方法的方法进行计算，其公式为： $m' = (1 + \eta\%)m$ 。式中， m' 为模具型腔齿形

的模数； m 为设计齿轮的理论模数； $\eta\%$ 为塑料的收缩率。用模数 m' 代入相应的齿轮计算公式得到的齿轮便是模具型腔的假想齿轮。实践证明，采用变模数法设计的齿轮模具型腔能够较好的解决渐开线齿形的非线性收缩难题，如图 2 所示的模具型腔产品图。

2.2 浇口设计

在模塑法加工塑料齿轮时，浇口位置对齿轮的精度具有显著的影响，特别是径向跳动精度；浇口的分布形式则对塑料齿轮的整体力学性能有重要影响。在塑料齿轮模具浇口设计时，若齿轮产品允许，推荐采用三点进胶方式设计浇口，且三点最好处于同一圆弧线上并均匀分布，如图 3 所示。采用三点平衡进胶时，塑料熔体从浇口呈辐射状向四周流动，在流动前沿汇合处会形成三条熔接线。在熔接线位置，纤维的取向倾向流动前沿平行。在齿轮中，这会导致纤维在熔接线处呈径向分布，而齿轮其余部位随机分布。这会沿熔接线形成低收缩区域。熔接线与齿轮其余部位之间纤维取向的差异比单一浇口齿轮要小，从而齿轮精度也更高。图 4 所示是分别采用单点偏心浇口与三点均匀分布浇口时纤维定向和填充模式的示意图^[4]。

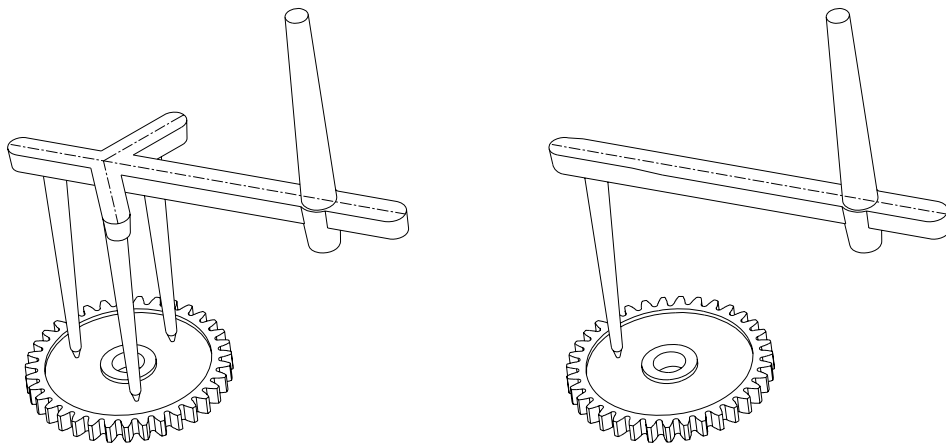
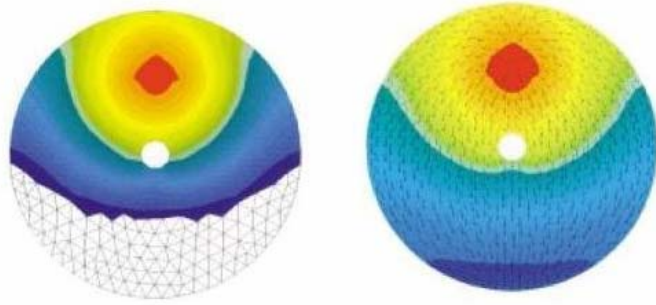
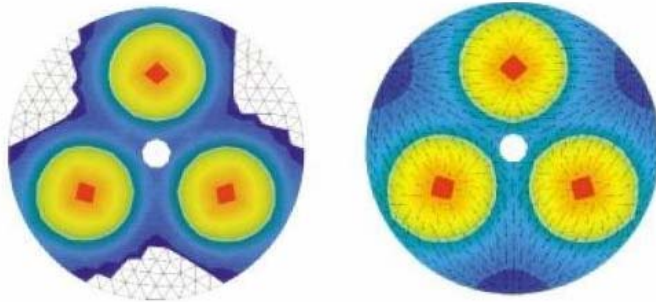


图 3 三点与一点进胶示意图



单一偏心浇口产生不均匀的纤维定向，导致成型收缩率差异。



三点浇口可产生更均匀的纤维定向和填充模式，焊缝线的影响可以减轻。

图 4 一点与三点进胶纤维流向对比示意图

2.3 排气设计

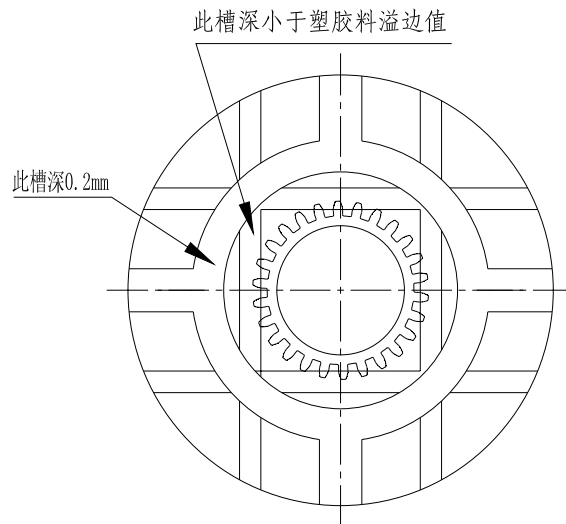


图 5 齿面排气

排气是塑料模具设计必须要考虑的一个问题。对塑料齿轮模具而言，齿面排气设计是不能忽视的一点。由于齿轮模具大部分平面均为磨床加工，面与面之间

贴合较好，进胶时容易在最末填充处出现填充不足现象，需要在齿面开排气槽以消除困气，一般齿面排气槽开设，如图 5 所示。

2.4 模具结构

鉴于塑料齿轮注塑多采用点浇口形式，故其模具结构多采用三板式结构，如图 6 所示为齿轮模具的设计图和图 7 所示齿轮模具的实物图。齿轮模具的工作原理如下：

当注塑动作完成后，动模部分在注塑机带动下，开始分型：

第 I 次分型：由于弹簧 1 作用，剥料板与 A 板开始分型，在水口钩针作用下，主流道被固定在剥料板上，进胶点拉断与产品分离；

第 II 次分型：模具开模 95mm 后，在拉杆组的作用下，剥料板与面板开始分离，将主流道从浇口套脱离出来；

第 III 次分型：模具继续开模，在拉杆组的作用下，A 板与 B 板开始分型，开模至 90mm 后，顶针板开始运动，顶出产品，在顶出过程中需通过顶针板导柱加强顶出平衡。在弹簧 2 的作用下顶针板复位。一整套模具开模顶出动作完成。

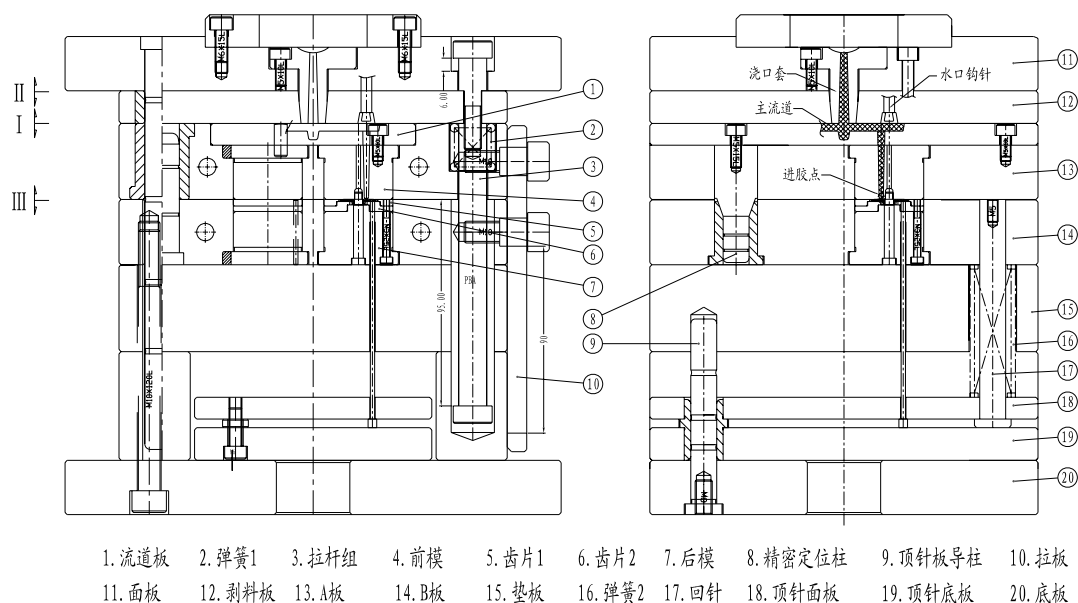


图 6 塑料齿轮模具结构

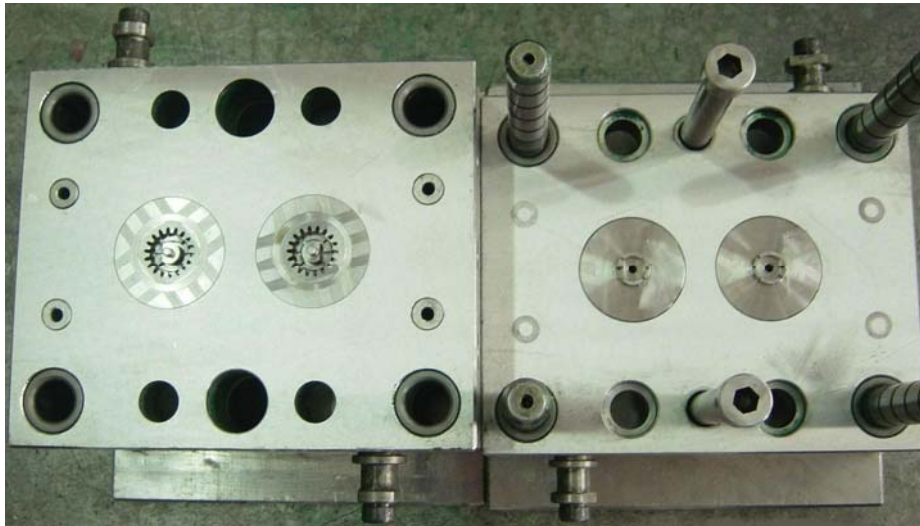


图 7 塑料齿轮模具

3 结束语

塑料齿轮模具是实现精密塑料齿轮产品的重要保证，其设计的优劣直接关系到塑料齿轮精度的高低。塑料齿轮模具的设计由于受众多因素的影响与制约，所以对设计人员提出了较高的要求。在“2006 中国齿轮专业协会（上海）年会”上，中国齿轮专业协会副秘书长石照耀教授强调说：“齿轮模具，尤其是塑料齿轮模具的研究目前还存在一定困难，其中最突出的问题是：模具从业者不懂齿轮，齿轮从业者又不懂模具，两者之间缺乏有效的沟通，专业背景知识的鸿沟是齿轮模具行业发展的桎梏。”由此可以看出，要设计出良好的塑料齿轮模具，设计人员既要熟悉塑料制品及其模具的设计方法又要了解齿轮传动的设计要求，并将二者有机结合起来。鉴于当前国内塑料齿轮模具设计水平还处于较低的水平，因此加强塑料齿轮模具设计技术的研究是非常必要的。

参考文献：

- [1]. 罗庆生，韩宝玲，潘春荣. 精密小模数少齿数齿轮齿形的设计与加工. 机械传动. 2000, 24 (2) .
- [2]. 曹文良. 精密小模数齿轮的多型腔成型工艺及模具. 模具工业. 1989 第 10 期.
- [3]. 郭显成，李善太. 粉末冶金齿轮阴模的变模数设计法. 粉末冶金工业. 2002, 12 (2): 28~30.

[4]. GE 塑料集团. 塑料齿轮设计指南. 2005.