

典型复杂造型 PMMA 把手热流道模具优化设计^{*}

葛晓宏^{1,2} 吴绍兰³ 李 辉² 刘亚丹¹ 杨辉煌¹

(1. 厦门大学物理与机电工程学院, 厦门 361005; 2. 厦门理工学院材料成形与模具集成技术研究所, 厦门 361024;

3. 福州大学厦门工艺美术学院, 厦门 361002)

摘要 针对聚甲基丙烯酸甲酯把手造型复杂、质量要求高等特点, 采用 CAE 技术对制品热流道注射成型过程进行模拟分析, 并采用变收缩率、铍铜材料挤压成型模具镶件等方法来保证制品质量。实践证明, 对于大批量生产的制品, 采用一模多腔或制造多套同样的模具可大大缩短模具制造周期, 提高成型效率, 降低平均成本。

关键词 聚甲基丙烯酸甲酯 热流道 CAE 变收缩率 铍铜材料

透明、复杂造型的聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)把手系列产品可在网上全球化竞争采购, 对其产品的外观、尺寸、性能、价格、交货期、模具价格、模具制造周期及因设计变更而修改模具的响应速度都提出越来越苛刻的要求。在此背景下, 应厂家的要求, 笔者通过 CAE 模拟技术来改进模具结构和工艺方案, 以降低废品率, 提高效率 and 效益。

1 PMMA 把手介绍

1.1 PMMA 把手的特点

透明 PMMA 把手可用于水龙头、门等的传力旋钮, 其基本结构如图 1 所示。它由中心孔、上盖槽、D 形孔和外观造型体等部分组成。中心孔用来安装旋接件转轴, 上盖槽承装装饰盖, D 形孔传递扭矩。要求多棱角造型美观, 符合人机工学, 便于手握。采用的 PMMA 材料具有优良的综合性能^[1]。

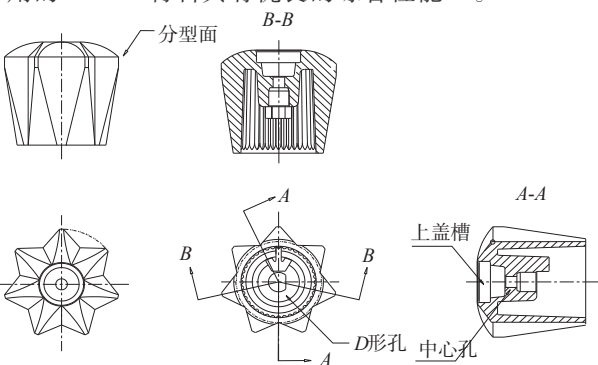


图 1 典型把手的基本结构

1.2 PMMA 把手的技术要求及分析

把手虽是普通日用品, 但由于是大批量生产的通用件, 其技术要求相当苛刻。有如下要求或难点:

①光亮透明的外观, 对模具型腔的粗糙度和工艺参数的控制要求高; ②壁厚相差悬殊达 7 mm, 最大厚度处达 11 mm, 尺寸变化明显, 应力易集中; ③增加内孔筋条可增大扭力值, 但熔接痕明显增加, 扭力值

和熔接痕二者较难协调; ④D 形孔精度要求高, 需多次试模调整尺寸; ⑤多棱角造型复杂, 需保证分型面无毛边, 模具制造困难。

把手的外观(透明性、熔接痕、毛边)、结构(多棱角、D 形孔、筋条)、力学性能(扭力、应力)、精度等诸多因素相互影响, 难以协调, 采用 CAE 模拟分析技术分析优化是最佳选择。

2 PMMA 把手的 CAE 模流分析

现选用某公司系列把手中的一款, 基于 Mold-folw 模流分析软件^[2-4]进行模具设计和优化。

2.1 制品的三维 CAD 模型和 CAE 模型

该制品为厚壁件, 其 CAD 模型如图 2 所示。

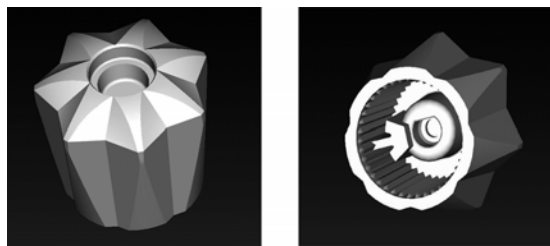


图 2 制品 CAD 模型

该制品采用热流道技术成型, 模具为一模两腔结构。由于两腔完全对称, 故采用半模型分析, 创建的分析模型如图 3 所示。



图 3 制品的 CAE 模型

^{*} 厦门市科技计划项目(3502Z20031113)、福建省科技计划重点项目(2008 H0038)

收稿日期: 2008-09-16

2.2 注塑工艺参数设定

根据本制品特点、类似制品生产经验和材料供应商推荐的工艺参数,采用较高的模温以提高材料流动性,采用较长的保压时间以降低收缩率。由于冷却时间越长,制品体积收缩的机会越大,故应尽可能提高冷却速率,降低冷却时间。模流分析工艺参数设置如表 1 所示。

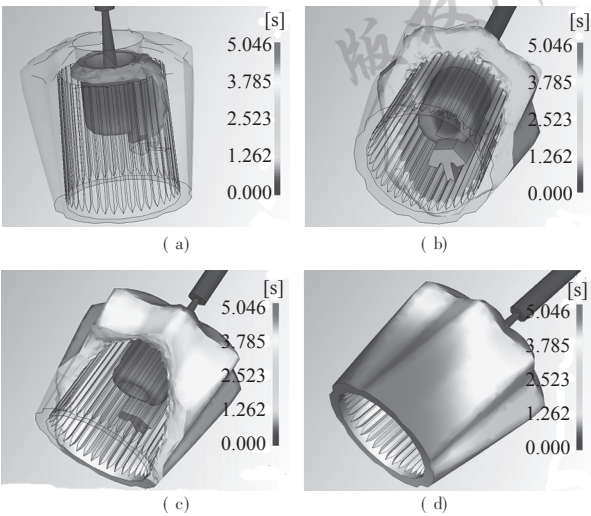
表 1 模流分析工艺参数

模温 /℃	料温 /℃	注射时间 /s	保压转换 /%	冷却时间 /s
80	250	5	99	10

2.3 模拟分析

(1) 填充过程

填充过程如图 4 所示。从图 4 可看出,从中心直接进浇充填进展顺利,但有些不平衡,主要原因是把手内芯与外缘筋条的充填速度不一致,筋条位充填较快,造成整体充填不平衡。由于筋条是用来增强把手的扭力值的,故不能取消。多增加几条筋条虽然会改善充填效果,但会产生更多的熔结痕。在加强冷却以减小收缩的情况下,模温较低时熔接痕很难调整至不明显,而且熔接痕处应力集中更为严重。相比之下,单根筋条对填充不平衡的影响较小,因此可采用该浇注方案。



a—填充 0.6 s; b—填充 3 s; c—填充 4 s; d—填充 5 s

图 4 填充过程

(2) 料流温度分布

料流温度分布如图 5 所示。图 5a、图 5b 是从两个不同侧面观察到的温度分布。由图 5 可以看出,相邻区域温度较接近,料流前锋温差在 5℃ 以内,不会因前锋温差较大而造成短射或冷胶现象,可以获得较好的表面质量。

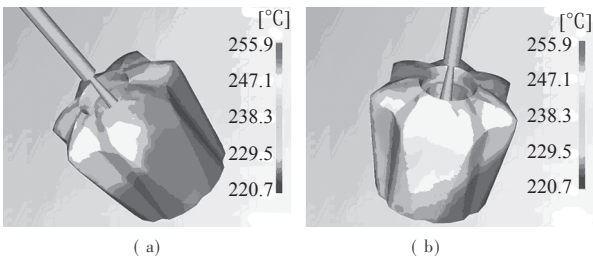


图 5 料流温度分布

(3) 最大剪切速率分布和粘度分布

最大剪切速率分布见图 6。由图 6 可以看出,最大剪切速率出现在浇口处,数值为 8741.3 s^{-1} ,小于材料的最大剪切速率 21000 s^{-1} ,因此可以判断浇口的设计比较合理,不会产生因剪切速率过高而造成降解现象。

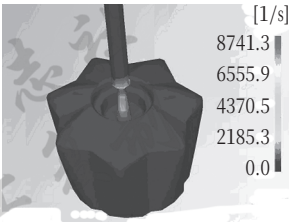


图 6 最大剪切速率分布

图 7 为填充 3 s 时的粘度分布状况。由图 7 可看出,制品的内外壁表面粘度较高,为 $1.0 \times 10^5 \sim 1.155 \times 10^5\text{ Pa} \cdot \text{s}$,而内外壁之间粘度较低,为 $21 \sim 10000\text{ Pa} \cdot \text{s}$,流动性较好,能够确保填充完成。



图 7 粘度分布

(4) 体积收缩

体积收缩情况如图 8 所示,其中 A、B 区域的体积收缩为 10%,此处表面容易产生缩水现象,其产生原因为花瓣边沿壁厚为 10.5 mm,超出把手底部壁厚(3.2 mm) 2 倍多,导致收缩较大。这是应解决的重点问题。

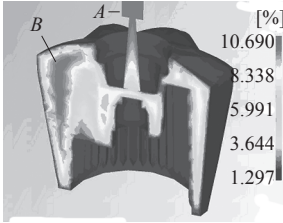
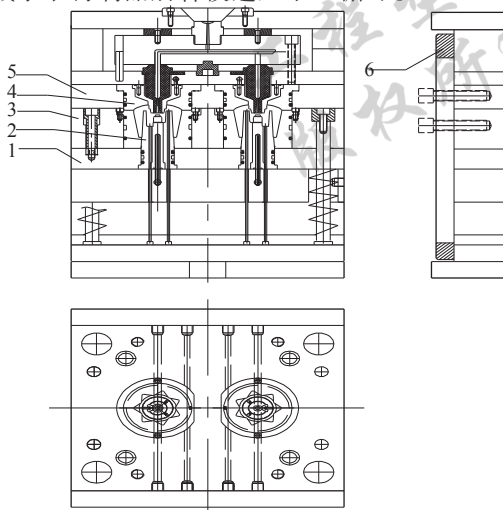


图 8 体积收缩情况

模流分析的结果表明,采用此热流道模具注射成型方案进胶充填较顺利,料流温差、最大剪切速率都没有超出限定范围。唯有产品外形尺寸超差,产生缩水和应力集中,虽可以通过增加保压压力、延长保压时间等方法来解决,但同时会引起脱模力加大和注射周期延长。根据模拟结果,笔者找出了收缩变化规律,采用变收缩率的办法来补偿外形尺寸的变化,即选定花瓣边缘收缩率为6.2%,把手底部收缩率为2%,调整模具型腔尺寸,可以使得外形尺寸精度满足要求。同时采用铍铜材料作为模具型芯以提高冷却速率。

3 模具工作原理

模具结构如图9所示。热流道系统选取了麦士德热流道公司的 MOM16-0A-074 开放式喷嘴, MF-2P-110 一出二平衡式分流板, ERO-03Z-15A 三组温控箱^[5]。模具动作原理如下:注射冷却后,定模板和推板先分型,定模型腔和制品分离;动模后退,至定距拉板限位,推板和动模板分开,将制品推离型芯,顶出机构动作,顶针将制品顶出动模;机械手取得制品后合模进入下一循环。



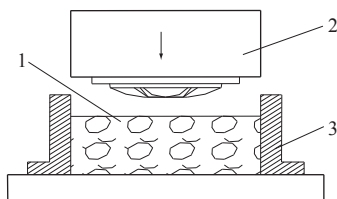
1—动模板; 2—型芯; 3—推板; 4—型腔; 5—定模板; 6—定距拉板

图9 模具结构总装图

4 模具制造

按传统的模具制造工艺,动、定模镶件采用 S136 淬火或 NAK80 材料,用加工中心铣削后,设计制造多个电极分粗、精放电加工,最后再进行抛光。

该工艺的缺点是模具制造周期长,棱角形状很难保证。而采用铍铜材料挤压成型动、定模镶件,则可缩短5天以上的制模时间,并提高了棱角的形状精度及表面光亮度。铍铜挤压工艺的原理如图10所示。



1—熔融铍铜材料; 2—挤压凸模; 3—挤压凹模

图10 铍铜挤压工艺原理

5 后期处理和检验

将注射成型后的 PMMA 把手制品放进温控箱中退火处理,温度 60~80℃,保温 2 h。采用偏光仪检测残余应力分布;利用扭力计对制品进行正、反力矩的测量,制品能承受 5.1 N·m 的扭力而未损坏;采用自制塞规(通、止规)检验 D 形孔尺寸,通规刚好到底,止规进入 D 形孔 1/3 处为合格零件;采用三坐标测量仪检验外形尺寸精度,达到制品要求。检验结果表明,制品合格率达到 99.8%。

6 结语

根据把手的 CAE 分析数据,采用变收缩率和铍铜材料挤压工艺制造模具镶件,可保证成型制品质量,缩短模具制造周期,提高生产效率。对于单副模具来说,因铍铜材料价格较高而造成模具成本较高,但对于大批量注射成型的制品,设计制造一模多腔模具或同样制品制造多套模具,可使平均成本降低,经济效益明显。经过二十多种类似把手模具的生产实践,证明此工艺方案切实可行,值得推广应用。

参考文献

- [1] 区英鸿. 塑料手册[M]. 北京: 兵器工业出版社, 1991: 223-240.
- [2] 单岩, 王蓓, 王刚. Moldflow 模具分析技术基础[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004: 25-45.
- [3] 余卫东, 陈健. Moldflow 在气辅注塑成型过程中的应用[J]. 计算机辅助设计与制造, 2003, 24(6): 59-61.
- [4] 申长雨. 注射模保压过程的数值模拟和塑料的收缩分析[J]. 模具工业, 2001(5): 48-52.
- [5] E·林纳, P·恩格. 注射模具 130 例[M]. 吴崇峰, 译. 北京: 化学工业出版社, 2005: 174-203.

OPTIMIZATION DESIGN OF HOT RUNNER INJECTION MOULD FOR TYPICAL AND COMPLICATED TYPE OF PMMA HANDLES

Ge Xiaohong^{1,2}, Wu Shaolan³, Li Hui², LiuYadan¹, Yang Huihuang¹

(1. School of Physics and Mechanical & Electrical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China;

2. Institute of Material Processing and Die & Mould Integrated Technology, Xiamen University of Technology, Xiamen 361024, China;

3. The Arts and Design College of Xiamen, Fuzhou University, Xiamen 361002, China)

ABSTRACT According to the feature of PMMA handles, which were requested for complicated type and high quality, the CAE technology was used to simulate and analyze the hot runner injection process. The method of changing shrinkage and using extrusion to form mould inserts with beryllium-copper alloy were put forward to guarantee the product quality. The mass production practice indicated that using one mold with more cavities or manufacturing the same molds could shorten the mould cycle greatly, improve the forming efficiency and reduce the average cost.

KEYWORDS PMMA, hot runner, CAE, changing shrinkage, beryllium-copper alloy

我国掌握聚乙烯三层结构防腐关键技术

近日,记者从中油管道防腐工程有限责任公司了解到,被国际上公认的目前最先进的管道外防腐技术之一——聚乙烯三层结构(3PE)防腐工艺中的所有关键技术,在我国已全部实现自主开发,从原材料到设备制造均已实现国产化,并开始出口海外。

据介绍,3PE防腐工艺是从国外引进的先进防腐技术,它的全称为熔结环氧/挤塑聚乙烯结构防护层。3PE防腐技术综合了环氧涂层与挤塑聚乙烯两种防腐层的优良性能;将环氧涂层的界面特性和耐化学药品特性与挤塑聚乙烯防腐层的机械保护特性等优点结合起来,从而显著改善了各自的性能。因此,3PE防腐层是理想的埋地管线外防护层。据权威部门检测,采用3PE防腐技术的埋地管道寿命可长达50年。目前,我国重点管网均采用了3PE外防腐涂层,国外很多管线也采用此技术。

据了解,20世纪90年代初,我国的3PE防腐设备和原料都是从国外引进的。自1999年中油管道防腐工程有限责任公司自主设计制造了我国第一条3PE防腐生产线后,3PE防腐技术国产化步伐加快。到目前为止,我国不仅能够自主开发生产3PE防腐设备和生产线,而且生产的设备和生产线还出口到国外,占领了巴基斯坦、利比亚、苏丹等国际市场。生产过程中的中频加热技术、静电喷涂技术等都已达到国际先进水平。同时,3PE防腐技术中所有原材料也全部实现了国产化。

我国目前依靠管道运输的原油和成品油仅占全国油品运输量的2%左右,铁路承担了成品油运输的60%以上。随着目前原油消费的急速攀升和国家能源结构的调整,我国油气管道建设将再掀高潮。有专家预计,油气管道建设高潮的到来,必将带动相关产业的发展,作为与管道配套的3PE防腐技术将会迎来黄金发展期。(聚合网)

ECS Composites 推出碳纤维制造的军用机架箱

ECS Composites公司最近推出一种军用机架箱,这种机架箱采用碳纤维和Kevlar纤维制造,平均降低30%质量,该军用机架箱密封性能好,同时具有防震性能及防弹性能。

美国华盛顿无人驾驶飞行器系统供应商Insitu Inc研发部门Jake Allen说:“ECS Composites公司的军用机架箱满足MIL Spec 810F标准。此外,碳纤维/Kevlar军用箱的外观和耐用性非常适合一体化无人机。”(聚合网)

道恩北化最新研发尼龙粘合级TPE

山东道恩北化弹性体材料有限公司日前推出热塑性弹性体(TPE)-N系列产品。该产品可包覆于尼龙表面,拥有优异的粘合强度、良好的弹性和舒适手感,可提升尼龙产品的外观品质,并达到防滑、防震等效果,材料满足欧美国家的环保要求。

尼龙粘合级TPE一直是业内研发的难点。由于TPE属非极性材料,与PA6和PA66等极性材料二次注塑复合困难,与添加30%玻纤的尼龙更难粘接,目前市场上销售的有限几个尼龙粘合级TPE产品大都存在各种各样的问题,如粘接强度低、硬度偏高、环保不达标等问题,而进口产品则价格偏高。

道恩北化公司研发的N系列TPE采用特有的增容技术,产品粘接强度高,硬度适中,力学性能良好,有优异的手感和外观。该公司还开发出可与更高玻纤含量的PA6和PA66粘接的系列产品,已得到用户认可。(工程塑料网)

拜耳公司聚氨酯材料将用于中国铁路领域

近日,据拜耳材料科技聚氨酯业务部负责人介绍说,拜耳将于未来在中国建设由聚氨酯泡沫铺设的铁路,由此降低火车经过时所带来的噪声。

据介绍,目前拜耳的这项技术虽然在欧洲早有应用实例,但仍属于开发早期阶段,而拜耳也正在积极与中国政府沟通。在德国柏林,FRENZEL-BAU集团在Durflex系统中利用来自于拜耳的Bayflex弹性聚氨酯泡沫材料完全填实了碎石道渣间的缝隙。铁路交通产生的动力所造成的典型碎石道渣移位现象得以避免。这也大幅度提高了上层结构的耐久性并吸收在此点上所产生的噪音。(聚合网)

妙洁PMP保鲜膜首度亮相中国挑战180℃高温

日前,妙洁正式推出一款采用聚甲基丙烯酸(PMP)耐高温材质的保鲜膜,该产品具有耐高温、安全无毒、透明度高等特点,主要针对经常使用微波炉的消费者,现已在全国各大超市和卖场全面上市。

据了解,妙洁推出的PMP材质的耐高温保鲜膜在国内尚属首家,可耐180℃高温且安全无毒,符合美国FDA准则和日本的品质标准,它的推出挑战了目前保鲜膜最高耐温140℃的极限,开创了保鲜膜耐高温、安全无毒史上的新篇章,将会惠及亿万消费者,其势必将会给整个保鲜膜行业带来重大影响,进而促进行业的整体发展。(工程塑料网)