

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2017.05.017

注塑模具对生产效率的影响

陈建春, 刘学敏, 张承榜, 吴镔

(浙江中财管道科技股份有限公司, 浙江新昌 312500)

摘要: 结合注塑管件的生产实际, 以生产效率为评价指标, 从模具冷却水路设计、模具材料选用、出模数等方面对注塑模具进行研究, 结果表明, 对产品壁厚处、浇口位置加强冷却, 增大型芯冷却面积和冷却水孔尺寸, 有利于缩短成型周期, 提高生产效率; 同时, 应用铍铜材料型芯和斜导柱抽芯, 以及合理地增加出模数也有利于生产效率的提高。

关键词: 注塑模具; 冷却水路; 模具材料; 结构; 生产效率

中图分类号: TS02 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2017)05-0091-04

Influences of Injection Mold on Production Efficiency

Chen Jianchun, Liu Xuemin, Zhang Chengbang, Wu Pei

(Zhejiang Zhongcai Pipes Science and Technology Co., Ltd., Xinchang 312500, China)

Abstract : According to practical production of pipe fittings and production efficiency was used as evaluation index. The injection mold was studied from cooling waterway design, mold material used and the number of the parts in one mold. The results show that strengthening the cooling wall thickness and gate location of product, increasing large cooling area of core and size of cooling hole can shorten the molding cycle and enhance productivity. At the same time, the use of beryllium copper core and side core-drawing of bevel pillar are helpful to improve the production efficiency. Besides, reasonably increase the number of the parts in one mold can improve the production efficiency, also.

Keywords : injection mold ; cooling system ; mold material ; structure ; production efficiency

注射成型是一种生产塑料制品的重要成型手段,也是赋予塑料制品完整结构和精确尺寸的方法。其具有生产效率高,零件形状和尺寸统一,零件精度高、批量成本低等优点。在塑料成型方式中,采用注射成型生产的制品占整个塑料制品的20%以上^[1]。在管道行业中,通过注塑而成的管件质量决定着管道系统的功能和应用,是管道系统良好运行的必要条件之一。因此,在注塑生产中,注塑模具作为注射成型中重要的工具,其质量优劣直接关系到制品的质量及生产效率。科学合理地设计模具成为获取高质量注塑制品和提高生产效率的重要手段。目前,采用一些现代模具设计方法进行模具优化设计的理论研究比较多^[2-5],但真正结合生产实际进行模具优化设计,以提升产品生产效率的研究还鲜有报道。鉴于此,笔者结合生产实际,以具体管件为例,分析了注塑过程中模具冷却水路设计、模具材料使用、出模数等因素对注塑效率的影响,为实际生产中注塑效率提升提供一定的借鉴和参考。

1 冷却水路对生产效率的影响

图1为注塑模具冷却示意图。在注塑制品的成

型过程中,熔体带入到模具的热量主要通过冷却流道中的冷却水及辐射散热和对流散热进行散耗,从而使注塑制品冷却固化成型。一般认为,注塑冷却过程占成型周期的四分之三以上。因此,冷却时间的长短成为影响注塑成型周期的主要因素之一,缩短注塑成型过程中的冷却时间,对提高注塑生产效率有极大帮助。其中,冷却流道的设计、冷却水的温度成为决定注塑冷却时间的重要因素,影响生产效率的提高^[6-8]。

1.1 模体冷却水路的影响

合理的冷却系统能均匀地冷却整个模腔或型芯,降低制品温度,缩短成型周期,同时降低制品因热量传递不均而产生的残余应力,从而控制产品翘曲、变形,保持制品尺寸的精度和稳定性。在模体冷却水路的设计中,冷却水路的排列应尽量与型腔的形状相吻合,并加强产品壁厚较厚处的冷却效果。在产品的断面交汇部位或产品结构转弯处,产品的

联系人: 陈建春, 硕士, 研发经理, 主要从事塑料管道产品的研发与结构设计工作

收稿日期: 2017-02-20

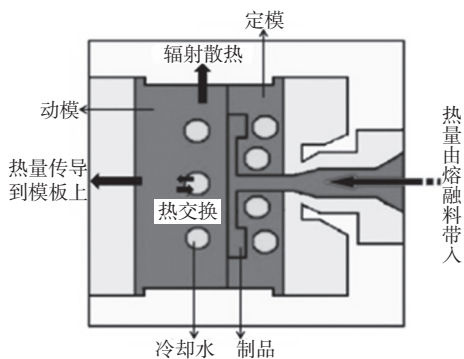
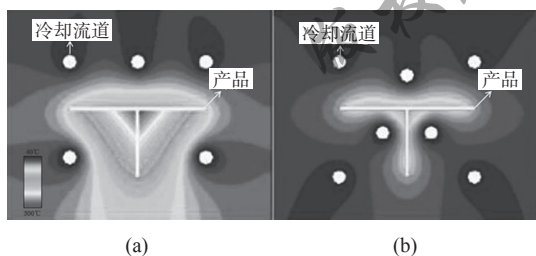


图1 注塑模具冷却示意图

壁厚较厚,热量集中,不易快速冷却,若按常规的冷却水道布置,无法满足产品快速的散热需求。图2a为常规的冷却水流动布置图,冷却水道均匀分布,而在产品的两个断面交汇处,没有进行重点冷却,仍具有较高的热量,无法真正实现快速散热;图2b为改进后的冷却水道布置图,将冷却水道的位置沿产品两个断面交汇处布置,增大断面交汇处的冷却强度,提高冷却效果。以注塑正三通管件为例,将冷却水路靠近其中间十字交汇点,改变原有均匀分布冷却水路的设计方式,使制品生产的冷却周期缩短4 s,班产量提高10.6%,大幅提高了产品的注塑效率,同时,产品壁厚处的快速均匀冷却,能一定程度上降低产品内应力的产生。



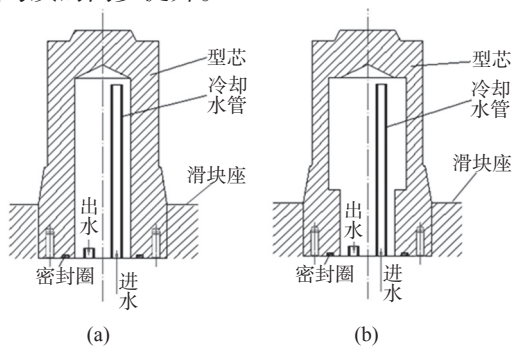
a—改进前;b—改进后

图2 不同水路布置下注塑制品冷却时热量散失的对比图

1.2 型芯冷却水路的影响

模具的型芯冷却也是不可缺少的措施。现有的模具型芯冷却中,一般以图3a所示结构为主,此种型芯结构存在着冷却水与型芯接触面积小、型芯壁厚较厚及冷却效率低等问题。鉴于此,在模具结构、强度允许的前提下,对现有模具型芯内部的冷却管道进行改进,增加冷却管道的孔径和冷却回路的数量,经过多次试验和验证,确定图3b所示结构效果较好。该结构充分扩充型芯内部接触面积,同时减少壁厚,大幅度提高了冷却水的热交换效率,使模具冷却效率大幅度提升。以注塑无规共聚聚丙烯(PP-R) 90°弯头为例,改进后模具的成型周期缩短2 s,

班产量提高5.6%,产品尺寸合格率提高1%,实现产品量与质的同步提升。

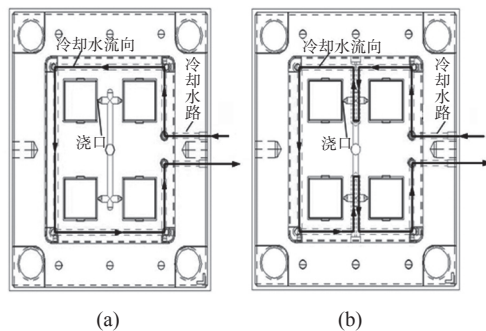


a—改进前;b—改进后

图3 不同的冷却管道孔径对比图

1.3 浇口处冷却水路的影响

模具浇口处的冷却对整个产品的成型起着非常重要的作用。浇口处的温度最高,若冷却不好,会增加注塑的保压时间,降低生产效率,同时,使产品存在一定的质量隐患。图4a为常规的冷却水路设计,冷却水并未对模具浇口处进行重点冷却,而是沿产品外围流动,这样虽能带走产品周围的热量,但浇口处仍具有较高的热量,会导致浇口冷却慢,不容易固化凝封。为防止产品收缩,就需相应地增加保压时间和压力,既降低了产品的生产效率,又存在质量隐患。而改进后的冷却水路先流经浇口附近(如图4b所示),带走浇口的大部分热量,再流向浇口远端,使浇口充分冷却固化,形成凝封的效果,减少注塑保压压力和时间。以注塑暗箱产品为例,采用冷却水道改进后的模具,注塑保压时间缩短4 s,减少了整个注塑成型周期,使班产量提高10.1%,提升了生产效率。



a—改进前;b—改进后

图4 不同的浇口处冷却对比图

2 模具材料对生产效率的影响

模具材料主要通过热传导对产品的注塑生产效率产生影响。铍铜材料有着良好的导热性能和较高的硬度等级,其洛氏硬度可以达到30~40,且热

导率 $\geq 105\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ (20°C),而不锈钢的热导率仅为 $16\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ (20°C)。因此,铍铜材料是优良的模具材料,可以提高模具内部的热交换和生产效率^[9-10]。此外,注塑产品冷却收缩时,其大部分的热量散失集中在型芯上^[11]。图5为铍铜材料型芯示意图。将传统不锈钢型芯材料更换成铍铜材质,利用其高热导率的特点,可迅速通过冷却水将热量散失。表1为采用铍铜材料型芯生产不同规格的聚乙烯(PE)注塑管件的结果。由表1可以看出,使用铍铜材料制作的模具型芯,可使模具的平均温度降低20%左右,冷却时间可减少40%,效率提升22%以上,产能提升即意味着人工及电能得到了节约。同时,铍铜材料对模具温度应力的不敏感性(有韧性,不易开裂),可大大提高模具的使用寿命;此外,铍铜材料有较好的加工性和可焊接性,对型芯制作和后期的模具维修也有很大的帮助。

表1 采用铍铜材料型芯生产PE注塑管件的生产效率

产品规格	原班产量/个	现班产量/个	效率提高/%
D63 法兰	123	150	22.0
D75 法兰	100	144	44.0
D90 法兰	95	144	51.6
D110 法兰	90	144	60.0
D200 法兰	31	48	54.8

3 冷却水温度对注塑效率的影响

为达到好的冷却效果,对冷却水温度进行调控可有效地将模具中的热量带走。冷却水路的出水温度一般比入水温度高 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$,如水路太长,冷却水在模具内的停留时间太长,或水压不够大,水流动速度太慢等,都会导致出水温度过高,影响冷却效率。

由于冷却水长期对模具水路的腐蚀,水路内壁会形成由铁锈和矿物质沉淀物组成的水垢,而水垢的热导率只有模具钢的2%左右(1 mm厚的矿床层相当于50 mm厚的模具钢材的热量阻抗),会大大降低冷却效果^[12-13]。因此,在进行模具设计时,

应加大冷却水路孔径,同时,减少装模时冷却水路的串联,使冷却水流顺畅,减少水垢形成。表2为改进冷却水路前后注塑聚氯乙烯(PVC)管件的结果。由表2可以看出,PVC管件的生产周期平均缩短约7.8%,提高了生产效率,降低了生产成本。

表2 改进冷却水路前后PVC注塑管件的生产效率

产品规格	原生产周期/s	调整后周期/s	效率提高/%
D50 $\times$ 90°弯头	38	35	7.9
D75 $\times$ 45°弯头	51	48	5.9
D75 双承插接头	55	49	10.9
D110 顺水三通	77	71	7.8
D110 管箍	69	65	5.8
D160 $\times$ 45°弯头	92	84	8.7

4 出模数对注塑效率的影响

一般认为,增加模具的出模数,能快速提升产品的生产效率^[14]。但在实际生产中,出模数并不是越多越好,如若单纯地增加出模数,首先,受制于注塑材料的熔体特性和注塑机的性能,决定了不能无限制地增加产品的出模数;其次,出模数的增加会导致模具型腔的增大和流道增多,相应的产品注塑压力、锁模压力、保压时间和冷却时间都会相应增大,生产周期亦会延长,因此,过度增加模具出模数,对产量和制造成本是不利的;第三,模具流道的增加会增加产品浇口料,使浇口占比(浇口料占注塑料质量的比例)增加,产品废料率增加,同时还会增大产品上出现冷料斑的概率,增加产品次品率,不利于产品质量的提升。因此,在增加模具出模数时,需综合考虑制造成本、产量与浇口占比之间的关系,寻找三者的平衡点,以达到效益最大化。由表3可见,将原有PVC与PP-R产品的出模数增加一倍,同时,将产品流道进行优化,减少浇口料,经验证,PVC产品效率提升90%以上,PP-R产品提升60%以上,同时,计算浇口占比发现,相较于之前出现一定幅度的下降,实现效率提升和浇口占比的降低。

表3 不同出模数时PVC与PP-R注塑管件的生产效率和浇口占比

产品		改进前		改进后		提高效率/%	浇口占比降低/%
		原班产量/个	出模数/个	原班产量/个	出模数/个		
PVC	D110 $\times$ 90°弯头	379	1	724	2	91.0%	5.2%
	D110 顺水三通	337	1	642	2	90.5%	4.6%
PP-R	D20 $\times$ 90°弯头	6 200	8	10 000	16	61.2%	2.1%
	D25 $\times$ 90°弯头	5 600	8	9 000	16	60.7%	2.3%

5 模具结构对生产效率的影响

使用不同的模具结构生产相同的产品,也会出现生产周期的差异。模具结构影响生产周期主要与油缸和斜导柱抽芯有关,两种结构的生产周期相差5%~20%。带有侧凹(或侧凸)结构的产品,且

无法完成强制脱模时,则需用侧抽芯机构脱模。一般常用两种方式来完成侧抽芯动作:斜导柱抽芯和油缸抽芯。其中,斜导柱抽芯与开合模同步,不需要再占用额外时间;而油缸抽芯需要等到开模到位后,才能进行抽芯,合模时需先将侧抽芯结构入芯到位,

造成生产周期延长。一般每个油缸动作会增加 5 s 以上,而斜导柱抽芯一般适合侧抽芯距离在 60 mm 以内。

例如,生产规格为 D110 的硬质聚氯乙烯 (PVC-U) 伸缩节体 (常规排水管件),将模具的抽芯

模式由油缸改为斜导柱,可减少在合模与开模过程中的侧抽芯结构的抽芯与入芯所耗时间,不同抽芯模式下生产 PVC-U 伸缩节体的成型周期结果列于表 4。可以看出,生产周期减少 13 s,大幅提升了生产效率。

表 4 不同抽芯模式下生产规格为 D110 的 PVC-U 伸缩节体的成型周期

抽芯模式	合模 / s	注塑 / s	保压 / s	熔胶 / s	冷却 / s	开模 / s	合计 / s	班产量 / 个
斜导柱	4	17	3	28	9	3	64	900
油缸	10	17	3	28	9	10	77	748

6 结论

综上所述,通过对注塑生产过程中模具、型芯及浇口处冷却水路、冷却水温、模具材料、出模数和模具结构等因素的影响研究,得出以下结论:

(1) 冷却水路应靠近产品热量集中处、浇口处,另外增加型芯内部的冷却面积,均能有效提高产品的生产效率;

(2) 模具型芯选用铍铜材料对产品生产效率的提升有极大的帮助;

(3) 合理地设计出模数和选用斜导柱抽芯,有利于提高注塑产品的生产效率。

参考文献

- [1] 姚玉英,陈常贵,柴诚敬.化工原理(下册)[M].第三版.天津:天津大学出版社,2010.
Yao Yuying, Chen Changgui, Chai Chengjing. Principle of chemical engineering (vol. II)[M]. 3rd ed. Tianjin: Tianjin University Press, 2010.
- [2] 冯刚,张朝阁,江平.我国注塑模具关键技术的研究与应用进展[J].塑料工业,2014,42(4):16-19.
Feng Gang, Zhang Chao, Jiang Ping. Progress in research and application of key technology of injection mold in China[J]. China Plastics Industry, 2014, 42(9):16-19.
- [3] 罗超,龙侃,王强.CAE技术在注塑模具上的应用[J].煤矿机械,2011,32(5):195-197.
Luo Chao, Long Kan, Wang Qiang. Application of CAE technology into injection molds[J]. Coal Mine Machinery, 2011, 32(5):195-197.
- [4] 王迎春.UG软件在注塑模具设计中的应用研究[J].机械制造与自动化,2011,40(2):102-104.
Wang Yingchun. Research on UG application in plastic injection mold design[J]. Machine Building & Automation, 2011, 40(2):102-104.
- [5] 崔康,文怀兴.基于Pro/E及Moldflow的数码相机外壳注塑模具设计[J].塑料工业,2012,40(9):60-63.
Cui Kang, Wen Huaixing. Injection mold design of digital camera shell based on Pro/E and mold flow[J]. China Plastics Industry, 2012, 40(9):60-63.
- [6] 冯刚,田雅萍,张朝阁.注塑模具冷却系统的关键技术及研究进展[J].工程塑料应用,2014,42(9):115-119.
Feng Gang, Tian Yaping, Zhang Chao. The key technology and research progress of injection mold cooling system[J]. Engineering Plastics Application, 2014, 42(9):115-119.
- [7] 任玉珠.基于CAE技术的注塑模具高效率设计方法[J].制造业自动化,2011,33(5):137-139.
Ren Yuzhu. The efficient design method of plastic mould based on CAE technology[J]. Manufacturing Automation, 2011, 33(5):137-139.
- [8] 李漠树.模具温度对注塑成型加工的影响及其冷却探析[J].塑料工业,2011,39(7):46-49.
Li Moshu. Research on Influence of mold temperature and cooling in injection molding process[J]. China Plastics Industry, 2011, 39(7):46-49.
- [9] 朱兴水.高等级铍铜合金的应用与发展趋势[J].科技创新导报,2014(4):81-82.
Zhu Xingshui. Application and development trend of high-grade beryllium copper alloy [J]. Science and Technology Innovation Herald, 2014(4):81-82.
- [10] 陈乐平,周全.铍铜合金的研究进展及应用[J].热加工工艺,2009,38(22):14-18.
Chen Leping, Zhou Quan. Research and application of beryllium copper alloy[J]. Hot Working Technology, 2009, 38(22):14-18.
- [11] 唐志玉.大型注塑模具设计理论基础(七)[J].模具工业,1987(9):45-55.
Tang Zhiyu. Large Injection Mold Design Theory Basis(Part VII) [J]. Die & Mould Industry, 1987(9):45-55.
- [12] 高强,张凌峰,李晨光,等.循环冷却水水质稳定性判断方法的研究综述[J].工业水处理,2011,31(10):20-24.
Gao Qiang, Zhang Lingfeng, Li Chenguang, et al. Review of the research on the adjustment method for the water quality stability of circulating cooling water[J]. Industry Water Treatment, 2011, 31(10):20-24.
- [13] 王占军,王建伟,董文静.循环冷却水节水减排新技术与工艺[J].能源与节能,2015(3):81-83.
Wang Zhanjun, Wang Jianwei, Dong Wenjing. The new water-saving and emission reduction technologies and processes of circulating cooling water[J]. Energy and Energy Conservation, 2015(3):81-83.
- [14] 陈爱平.45°弯头管件注塑模设计[J].中国塑料,2015,29(7):117-120.
Chen Aiping. Design of injection moulds for 45° elbow fitting[J]. China Plastics, 2015, 29(7):117-120.