

基于 FLUENT 的盘型塑件高光模具热响应研究*

陈敏¹ 邹锐锐¹ 葛晓宏^{1,2} 李辉²

(1.厦门大学物理与机电工程学院, 福建 厦门 361005;

2.厦门理工学院材料成形与模具集成技术研究所, 福建 厦门 361024)

摘要: 采用高温高压水加热水冷却的方式对盘型塑件型腔表面进行模温变换, 以实现塑件表面的高光泽度效果。建立不同工况下的变模温注塑模型, 并利用 FLUENT 流体力学软件模拟其加热响应, 通过对比分析, 获取其最佳的工艺参数。

关键词: 高光注塑; 变模温; 热响应; FLUENT

中图分类号: TP212.14 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-4801(2012)02-104-03

在家电、通讯、消费电子、汽车内饰、光电等产业快速发展的需求下, 塑料制品朝着壁厚更薄、结构更复杂、表面更美观、强度更高的方向发展。目前, 生产中采用的传统注塑工艺生产的塑件, 常存在熔接痕、流痕、翘曲等缺陷, 并且塑件表面光泽度低, 力学性能差。工程上, 常采用喷涂等工艺对塑件进行二次加工, 但喷涂工艺易造成环境污染, 影响操作人员的身体健康, 并浪费能源和材料, 增加成本, 不符合可持续发展的要求。

高光注塑通作为一种先进的成型技术引起了广泛的关注。该技术于射胶前快速加热模具至聚合物玻璃转化温度 T_g 以上, 实现高模温注射, 随后快速冷却模具以缩短成型周期, 在不降低生产效率的前提下, 提高塑件的表面光洁度, 避免缺陷产生。因此, 高光注塑又可称之为快速热循环注塑(RHCM)。

本文以某型号盘型塑件为例, 根据高光注塑成型要求, 提出水加热水冷却的变模温方式, 对比不同加热条件及不同模具结构下模仁的热响应, 获取相关参数。

1 盘型塑件高光注塑工艺

采用水加热水冷却变模温注塑, 即在加热阶段, 高温高压水通过模仁中的高光管道, 将模具型腔表面的温度加热至玻璃转变温度 T_g 以上。当型腔表面温度达到要求后, 注塑机射出并保压。在保压后期, 压缩空气吹走高温水, 随后冷却水进入高光管道, 迅速冷却聚合物熔体至玻璃转变温度 T_g 以下。开模取件后, 压缩空气吹走冷却水,

并开始加热模具, 准备进入下一个注塑循环。传统注塑与高光变模温注塑的成型周期对比如图1所示^[1]。

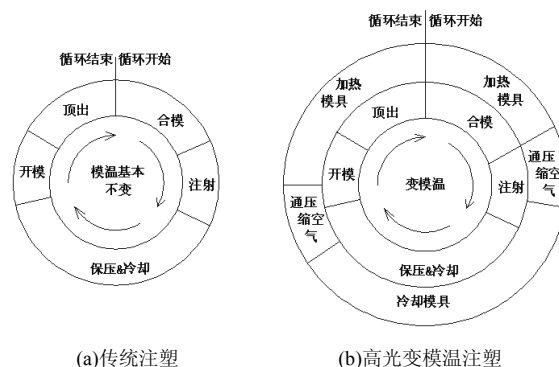


图1 传统注塑与高光变模温注塑的成型周期对比

2 高光模具温度控制方案设计

该盘型塑件直径100 mm, 高8 mm, 壁厚3 mm, 产品结构外形如图2所示。材料为ABS树脂。产品要求外观面高光洁度, 背面光洁度要求不高。

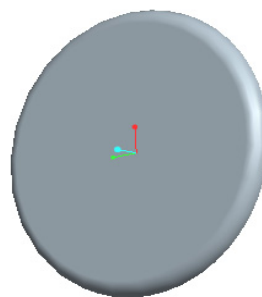


图2 盘型塑件模型

采用水加热水冷却对该盘型塑件产品的高光模具进行模温的控制, 加热水与冷却水利用模具内部同一管道即高光管道循环交替流动, 由PLC

*福建省科技计划重大产学研项目(No.2010H6028); 福建省科技计划重点项目(No.2009I0027); 福建省教育厅 A 类科技计划项目(No.JA10245); 厦门市科技计划高校创新项目(No.3502Z20083027)。

作者简介: 陈敏(1986-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 材料成型 CAD/CAE。

控制相关阀门的开闭实现该功能。考虑到模具材料为钢材，热传导性能好，须在模仁与模架之间设置隔热板，并在模框设置隔热水路，以防止热量扩散，达到增加模仁加热温度的均匀性的同时降低功耗的目的^[2]。该产品模具为一模两穴，模具简化结构如图3所示。模仁材料为S136，模框材料为45号钢，隔热板材料为模具专用环氧树脂隔热板。

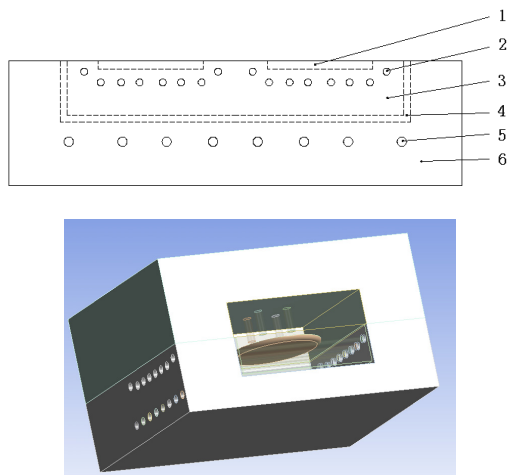


图3 模具结构简图

1.模具型腔；2.高光管道；3.模仁；4.隔热板；5.隔热水道；6.模框

3 模仁加热响应

根据注塑车间情况，本文取模具初始温度为60℃，环境温度为30℃，模具外表面与空气之间发生对流换热。在水加热水冷却的变模温注塑生产中，注射之前向模具内部高光管道通入高温水，对模具进行快速加热，使型腔表面温度升高到120℃时开始注射。注射保压完成后，向模具管道通入20℃的水，对模具进行快速冷却，当塑件冷至80℃，开模取件。采用FLUENT6.3建模，进行对流传热分析，观察模面上的温度分布。相关材料热物理性质见表1。

3.1 不同水温下的模仁热响应

分别对高光管道通入不同温度的热水，初始模温、热水流速、加热时间相同，所得结果如表2所示。图4显示了模仁热响应，即在该加热条件下模仁的热量分布。观察可知，模面最终温度随入口热水温度的升高而升高。当热水温度为160℃时，加热20s局部模温无法达到120℃，只能延长加热时间，降低了生产效率；当热水温度高于160℃时，最终模面温度高于120℃，符合高光注

表1 相关材料热物理性质

材质	密度 /kg.m ⁻³	比热容 /J/kg℃	热导系数 /W/m.℃	粘度 /10 ⁻⁶ Pa.s
20℃冷却水	998	4183	0.599	1004
160℃饱和水	907	4346	0.683	173.6
180℃饱和水	886	4417	0.674	153.0
200℃饱和水	863	4505	0.663	136.4
S136	7810	461	16.5	
45号钢	7850	480	44.8	
环氧树脂	780	350	0.12	

塑要求^[3]。关注方案1-1，最终模面温度为118℃，与设定温度120℃相差不大，但水在0.618 MPa的压力下沸点为160℃，而沸点上升到180℃则要求压力大于1.003 Mpa。然而，高光机的压力越高越危险，功耗越大。同时，过高的模温将导致冷却效率下降，延长成型周期。综上所述，以模温为目标函数时，热水温度采用170℃较为合理，而在综合考虑成本，安全性等问题的情况下，采用160℃的加热水，配合强化传热的方式，也能够20s内加热型腔表面至120℃。

表2 不同水温下的模仁热响应

方案	初始模温/℃	加热水温度/℃	加热水流速 m/s	加热时间/s	最终模面温度/℃
1-1	60	160	20	20	118
1-2	60	170	20	20	121
1-3	60	180	20	20	126
1-4	60	190	20	20	130
1-5	60	200	20	20	133

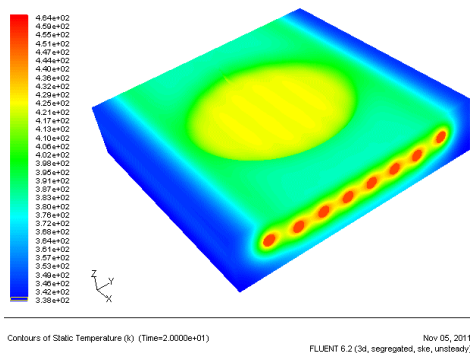


图4 模仁热响应

3.2 不同流速下的模仁热响应

高光管道通入180℃高温水，流速分别为5 m/s、10 m/s、15 m/s、20 m/s、25 m/s。初始模温、加热时间设定值均相同，所得结果如表3所示。观察可知，模面最终温度随着流速度升高而升高，但当流速大于15 m/s时，加热20s，模面最低温度

大于120℃, 由于管道内流体的湍流程度已经很高, 再继续提高流速, 湍流程度及对流传热系数变化不大, 传热效果改善不明显。综上所述, 在该条件下, 采用15 m/s至20 m/s的热水流速较为合理。

表3 不同流速下的模仁热响应

方案	流速 m/s	初始模 温/℃	加热水 温度/℃	加热 时间/s	最终模面 温度/℃
2-1	5	60	180	20	106
2-2	10	60	180	20	115
2-3	15	60	180	20	120
2-4	20	60	180	20	126
2-5	25	60	180	20	128

3.3 不同加热时间下的模仁热响应

加热时间分别设为5 s、10 s、15 s、20 s。初始模温、热水温度及流速相同, 所得结果如表4所示。观察可知, 模面温度随着加热时间增加而升高, 加热15 s时, 模面最低温度已经大于120℃, 符合高光注塑要求。延长加热时间, 模温上升有限, 同时会降低冷却效率。综上所述, 采用15 s的加热时间可以缩短高光注塑的成型周期。

表4 不同加热时间下的模仁热响应

方案	加热 时间/s	初始 模温/℃	加热水 温度/℃	加热水 流速 m/s	最终模面 温度/℃
3-1	5	60	180	20	89
3-2	10	60	180	20	110
3-3	15	60	180	20	122
3-4	20	60	180	20	126

3.4 不同模具结构下的模仁热响应

参考文献:

- [1] KIM B, YAO D G. Method for rapid mold heating and cooling: US, 6846445 [P]. 2005201225
- [2] YAO D G, KIM B. Development of rapid heating and cooling systems for injection molding applications [J]. Polym. Eng. Sci. 2002, 42(12): 2471-2481.
- [3] 王桂龙, 赵国群, 李辉平, 等. 变模温注塑技术的研究与应用分析 [J]. 现代化工, 2009(29): 24-27.
- [4] 王桂龙, 赵国群, 李辉平, 等. 变模温注塑热响应模拟与模具结构优化 [J]. 机械工程学报, 2009(45): 216-221.
- [5] FAN Zengwei, Ge Xiaohong, Huang Hongwu, Li Hui. Development of an efficient thermal transfer structure in rapid heat cycle molding [J]. Advanced Materials Research, 2010(12).

高光管道的直径, 相对于模面的距离以及排布方式等因素都会影响模仁的热响应。采用对比的方式进行模拟分析, 发现8~10 mm直径的管道、6~8 mm的高光管道与模面距离的情况下, 加热效果最好, 见图5。

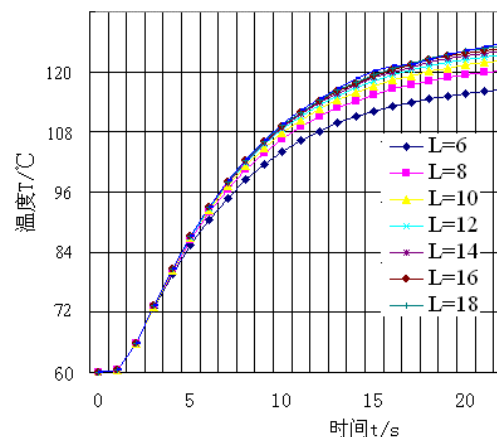


图5 高光管道与模面距离L对加热温度及时间的影响

4 结论

采用FLUENT6.3对盘型塑件模仁热响应进行模拟分析, 通过对比发现, 采用180℃的加热水温, 20 m/s的流速, 15 s的加热时间, 8 mm的管道直径, 以及6 mm的管道与模面距离, 能以较短的成型周期, 获得合理的模仁温度分布; 而采用160℃的加热水温配合强化传热, 20 m/s的流速, 20 s的加热时间, 8 mm的管道直径, 以及6 mm的管道与模面距离, 能在低成本, 高安全性的情况下, 获得合理的模面最终温度。以上分析结果有待实验验证和完善。