

蒸汽直接加热模腔的高光注塑技术研究*

梁业兴¹ 余春晖² 柴金龙¹ 林国勇¹ 李春波¹ 潘莹¹ 凌中水¹ 黄虹宾¹

(1. 深圳大学机电与控制工程学院, 深圳市模具先进制造技术重点实验室, 深圳 518060; 2. 深圳职业技术学院汽车与交通学院, 深圳 518055)

摘要 提出了蒸汽直接加热模具型腔表面的高光注塑新方法, 研制了蒸汽直接加热模具型腔的高光注塑模具及模具温度控制机。该装置将高温蒸汽直接通入模腔, 使模腔表面达到所需的温度, 然后通入高温干空气, 吹除模腔内残留的冷凝水, 再注射、保压、冷却、开模, 完成一个注塑周期。该方法使动定模模面得到均匀加热, 熔融料前锋温度和速度高, 且只加热模面以下 1~2 mm 的模芯, 能有效地缩短加热和冷却时间。结果表明, 该技术能够有效地解决塑料件的熔接痕、流痕、翘曲、缩水、尺寸变形等缺陷, 使塑料件获得极高的表面粗糙度等级, 且节省热能, 降低相关的模具制造成本。

关键词 蒸汽直接加热模腔 高光注塑模具 高光模温机 注塑工艺

高光注射成型是一种新的注射成型技术, 该技术能够根据塑料特性和工艺要求, 动态地控制模具温度, 使熔融塑料达到最佳的成型状态, 从而生产出高质量塑料件^[1-4]。目前高光无痕注射成型按照加热方式分为以下两种, 一是以热传导为主的加热方式, 通过模具内部管道的油、水、蒸汽、电热元件等将热量传导到模腔表面, 主要有高温油传热、高温高压水传热、高温蒸汽传热、电热管传热等^[1-5]; 二是以辐射为主的加热方式, 如将太阳能、激光束、电子束、红外线等直接辐射到模腔表面^[6-7]。

蒸汽直接加热模具型腔技术是将高温蒸汽直接通入复杂模腔, 使模面达到要求的温度, 然后通入高温干空气, 吹尽模腔内残余的冷凝水, 再浇注、保压、冷却、出模, 完成一个注塑周期。该方法只加热模具型腔表面 1~2 mm 的厚度, 能够将热量集中且均匀地作用于型腔表面, 极大地缩短了加热和冷却时间, 提高了热能利用率。由于前后模面均被加热, 熔融料前锋温度高, 熔融料的流动性增强, 两模面熔融料前锋速度基本一致, 模面温度均匀一致, 能够彻底消除塑料件表面的熔接痕、翘曲、流痕、表面缩水等缺陷, 并达到极高的表面粗糙度等级。

1 蒸汽直接加热模腔的高光模具

1.1 塑料件模型及结构分析

图 1 为塑料件模型, 其总体尺寸为 98.4 mm × 52.2 mm × 13 mm, 三个圆孔直径为 8.00 mm, 质量为 9.37 g, 材料为台化产丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)(AG15E1)。采用单点侧浇口进料, 浇口位在图 1 中左图的右下方。图 1 中塑料件上开孔的目的是检验笔者所提技术对各孔

之间及三个圆孔前端部分熔接痕的消除效果; 背部十字型凸起结构的目的是检验塑料件表面缩水的消除效果; L 型凸起和细长凸起用来检验干空气对狭长细小型腔中残留冷凝水的吹除效果。



图 1 塑料件

1.2 高光模具结构

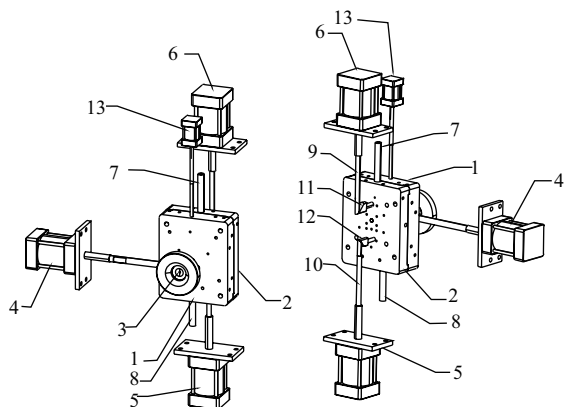
高光模具为一模一腔三板模, 图 2 为蒸汽直接加热模腔结构图, 图 3 为蒸汽直接加热模腔动定模, 模芯采用 NAK80 料制作, 图 4 为蒸汽直接加热模腔的实物图。图 2 中射嘴开关气缸 4、进出气(汽)开关气缸 5 和 6、小气缸 13 由蒸汽直接加热模腔的模温机协调控制, 其中小气缸 13 用来控制浇口与模腔之间流道的开闭; 进出气(汽)管 7、8 为高温水蒸气与干空气的进出气(汽)通道; 进出气(汽)口顶杆、封堵杆与相应孔之间采用间隙配合, 间隙取经验值 0.04 mm。

1.3 高光模具工作过程

蒸汽直接加热模腔表面的高光模具的工作过程为高光模温机先将进出气(汽)口气缸 5 和 6 开启, 射嘴开关气缸 4、小气缸 13 闭合, 将高温蒸汽通过进气(汽)口(如图 3)直接通入模腔表面, 加热模腔, 使模面达到要求的温度, 然后小气缸 13 开启, 先从

* 国家自然科学基金项目(60978039)

收稿日期: 2011-10-04



1—定模芯;2—动模芯;3—浇口;4—射嘴开关气缸;5—出气(汽)口开关气缸;6—进气(汽)口开关气缸;7—进气(汽)管;8—出气(汽)管;9—进气(汽)口开关顶杆;10—进气(汽)口封堵杆;11—出气(汽)口开关顶杆;12—出气(汽)口封堵杆;13—小气缸

图2 蒸汽直接加热模腔的高光模具结构

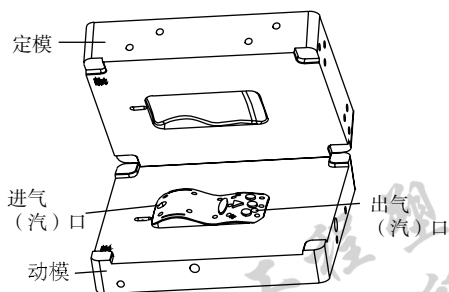


图3 蒸汽直接加热模腔的高光模具动定模

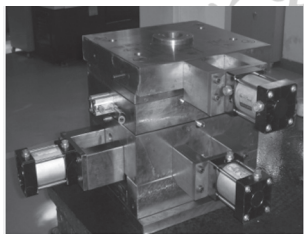


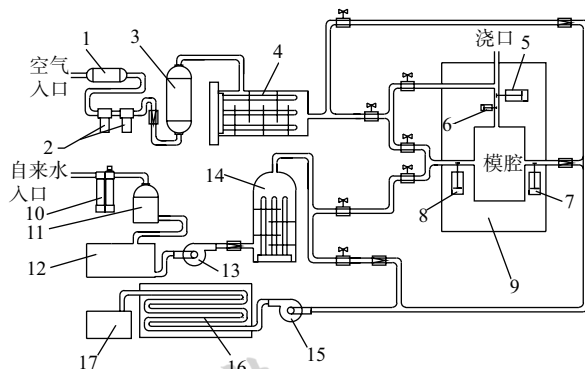
图4 蒸汽直接加热模腔的高光模具

射嘴处通入高温干空气,吹尽浇注系统中的冷凝水,然后从进气(汽)口7通入高温干空气,将模腔表面的残留冷凝水完全吹除,一般浇口通入干空气要比进气(汽)口7通入干空气早1~2 s,防止残留的冷凝水从浇口处流向射嘴。待干空气吹尽模腔中水分后,将预热的熔融料注入型腔,保压、冷却后开模,完成一个注塑周期。

2 蒸汽加热模腔的高光模温机

图5为笔者研制的蒸汽直接加热模腔的高光模温机原理图^[8-11],图6是根据图5原理制造的蒸汽直接加热模具型腔的高光模温机。基本工作过程为空气经压缩空气杂质过滤器、空气净化器进入储气罐,并由空气加热器加热后,在电磁阀控制下流经两条通道,一条通入模腔,另一条进入模具浇注系统

中。自来水经杂质过滤器、油水分离器、树脂去离子装置后,储存入水箱,工作时由补水增压泵抽入蒸汽锅炉,产生的蒸汽由高温电磁阀控制直接通入模腔,加热模腔后的蒸汽一部分可重复利用,另一部分冷凝后进入废水收集箱。



1—压缩空气杂质过滤器;2—空气净化器;3—空气干燥器;4—空气加热器;5—射嘴开关气缸;6—小气缸;7—出气(汽)口开关气缸;8—进气(汽)口开关气缸;9—高光模具;10—自来水杂质及油水分离器;11—树脂去离子水装置;12—水箱;13—补水增压泵;14—蒸汽锅炉;15—磁力泵;16—冷凝器;17—废水收集箱

图5 蒸汽直接加热模腔的高光模温机结构图

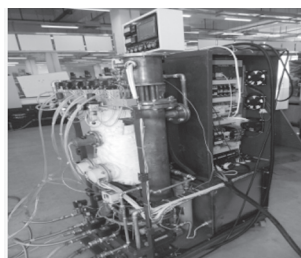


图6 蒸汽直接加热模腔的高光模温机

高光模温机由PLC控制,能够精确地控制水蒸气和干空气通入模腔及射嘴的时间,水蒸气的加热上限为180℃,干空气的加热上限为350℃,并在相应的管道出口处有温度传感器显示温度值,该高光模温机能够很好地满足高光注射成型过程所需的工艺条件。

3 高光注塑试验及结果分析

3.1 试验仪器及设备

高光注塑试验使用SP108A注塑机,蒸汽直接加热模腔的高光模具见图4。蒸汽加热模腔的高光模温机J11-V/A-170型如图6所示,蒸汽压力816 MPa、温度160℃,高温干空气压力为816 MPa、温度300℃,材料选用台化ABS(AG15E1)料。

3.2 试验过程及结果分析

前期实验结果表明,熔体温度、模腔表面温度

对塑料件表面粗糙度影响最大。因此笔者在前期定性研究的基础上,运用 Taguchi 实验设计理论设计了 $L_9(3^4)$ 正交试验表,以信噪比(S/N)为分析依据,利用方差和正交多项式的手段,对影响塑料件表面粗糙度的各种因素进行研究^[12],得出合理的注塑工艺过程如图 7 所示。

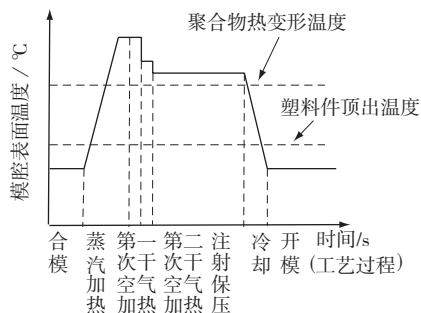


图 7 高光注塑工艺过程

高光模温机将 160°C 的高温水蒸气通入模腔表面加热 4 s,使模腔表面温度升高至 115°C ,然后从浇口处通入 300°C 高温干空气 1 s,将浇注系统流道中的冷凝水吹尽,接着从进气(汽)口 7 通入高温干空气 2 s,将模腔表面的残留冷凝水完全吹除(包括 L 型凸起和细长凸起部分)。此时模腔表面温度有所下降,下降至聚合物的热变形温度 110°C 左右,然后注入 235°C 熔融料,在 80 MPa 压力下保压 2~3 s,随后通入冷却水 6 s 后取出塑料件,得到如图 8 和图 10(a 图)所示的高光塑料件,图 9 和图 10(b 图)为在相同注塑参数下模具未加热的普通塑料件。从图 8~10 可以看出,蒸汽加热塑料件比普通塑料件具有极高的表面粗糙度等级。从图 9 还可发现,普通塑料件在背面十字凸起处的表面出现缩水现象,三角形孔与圆孔之间及圆孔前端部分有明显的熔接

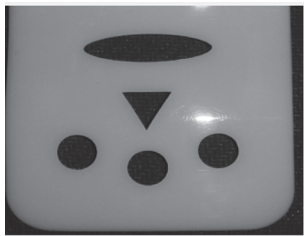


图 8 蒸汽加热塑料件放大图

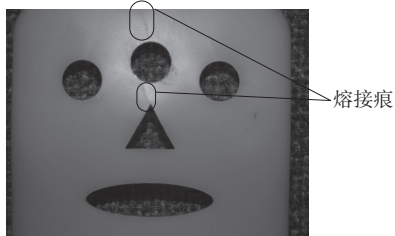
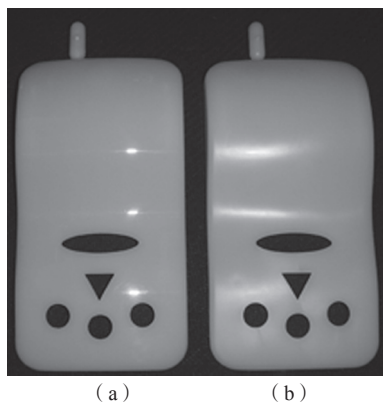


图 9 普通塑料件放大图



a—蒸汽加热塑料件;b—普通塑料件

图 10 蒸汽加热塑料件与普通塑料件的比较

痕,而图 8 所示蒸汽塑料件完全消除熔接痕和缩水,塑料件表面质量高。

图 11 给出了模腔表面温度与塑料件表面粗糙度关系。从图 11 可见,塑料件表面粗糙度等级随着模腔表面的温度上升而逐步提高,由暗光泽面($Ra\ 0.1\ \mu\text{m}$)到亮光泽面($Ra\ 0.05\ \mu\text{m}$),最后接近镜状光泽面($Ra\ 0.025\ \mu\text{m}$),随着温度进一步提高,塑料件表面的粗糙度等级明显下降,开始出现烫伤斑纹。因此模腔表面温度控制在 $105\sim 110^{\circ}\text{C}$ 可得到最佳的表面粗糙度等级。

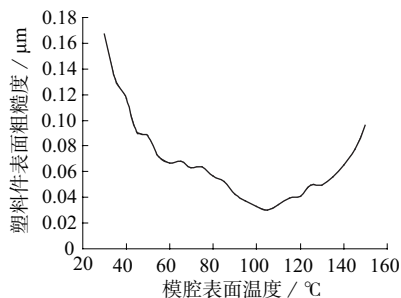


图 11 模腔表面温度与塑料件表面粗糙度的关系

图 12 所示水蒸气通入时间与模腔表面温度的关系。从图 12 可知,水蒸气在 5 s 内即可将模腔表面温度提高至 120°C ;如果继续通入水蒸气,模腔表面温度升高速度明显放缓,并在 20 s 后逐步接近 145°C ,故在一个稳定的成型周期内,水蒸气(160°C 、816 MPa)加热的时间控制在 4 s 左右即可。

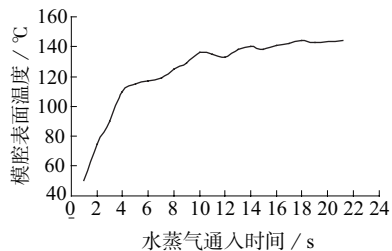


图 12 水蒸气通入时间与模腔表面温度的关系

4 结论

提出了蒸汽直接加热模腔的注塑技术,研制了蒸汽直接加热模具型腔的高光模具及高光模温机,探索了注塑工艺过程,生产出了高光无痕塑料件,实现了一种节能、环保的高光注塑生产方式。通过研究发现其有如下特点。

(1) 蒸汽直接加热模具型腔技术加热的型腔温度均匀一致,可完全解决缩水、熔接痕等缺陷。

(2) 蒸汽直接加热模具型腔技术在模具定模腔表面粗糙度 $Ra=0.2 \mu m$ 左右的情况下,塑料件仍能够达到极高的表面粗糙度等级。

(3) 加热到相同模面温度,比现有技术的设备少耗电能 50% 左右,加热速度快。

(4) 模具无需特殊设计,结构简单,模具制造费用比现有高光模具低 40% 左右,将现有普通模具改造方便,只需开设进出气(汽)口即可。

(5) 深圳大学具有该技术完全的自主知识产权与核心技术^[9-12],可降低类似设备市场价格 50% 以上,为普及该技术,减少环境污染、降低能耗、降低塑料件成本提供了可能。

参考文献

- [1] 张鹏,程永奇,宋财福. 高光注塑成型及其关键技术[J]. 工程塑料应用,2009,37(4):31-34.
- [2] 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(6):216-221.
- [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(2):24-27.
- [4] Ming C J, Shia C C, Pham S M, et al. Rapid mold temperature control in injection molding by using steam heating [J]. International Communications in Heat and Mass Transfer, 2010,37(9):1295-1304.
- [5] 梁雄,伍晓宇,彭太江,等. 带全区域连同型随行介质通道的车载上盖高光注塑模具[J]. 设计与研究,2009(5):22-28.
- [6] 游茗景. 快速加热系统于微射出成型之应用[D]. 台南市:国立成功大学,2007.
- [7] Takushi S,Isao S. A new concept of active temperature control for an injection molding process using infrared radiation heating [J]. Polymer Engineering,2002,42(12):2418-2429.
- [8] 黄虹宾. 一种蒸汽加热模具的加热设备及使用该设备的注塑工艺:中国,CN200810141706.4[P].2009-02-11.
- [9] 黄虹宾. 蒸汽加热模具的加热设备:中国,CN201020584582.X[P].2011-05-11.
- [10] 黄虹宾. 一种蒸汽加热模具的加热设备:中国,CN201010564913.8[P].2011-08-10.
- [11] 黄虹宾. 蒸汽加热模具的加热设备:中国,CN201010526057.7[P].2011-04-20.
- [12] 丁磊,伍晓宇,李伟荣,等. 应用 Taguchi 方法消除产品表面熔接痕的工艺研究[J]. 塑料制造,2008(11):85-86.

RESEARCH OF HIGH-GLOSS INJECTION TECHNOLOGY WITH DIRECT STEAM HEATING THE MOLD CAVITY

Liang Yexing¹, Yu Chunhui², Chai Jinlong¹, Lin Guoyong¹, Li Chunbo¹, Pan Ying¹, Ling Zhongshui¹, Huang Hongbin¹

(1. College of Mechatronics and Control Engineering, Shenzhen Key Laboratory of Advanced Manufacturing Technology for Mold & Die, Shenzhen 518060, China; 2. Automotive & Transportation Engineering, Shenzhen Polytechnic, Shenzhen 518055, China)

ABSTRACT A novel high-gloss injection method which the mold cavity was heated by steam directly was presented, the related high-gloss mold and special high-gloss mold temperature controller was developed. By this machine, the high-temperature steam was input the mold cavity for several seconds and the surface of mold cavity gained the demandable temperature, then the high-temperature dry air was switched to the mold cavity for blowing off residual condensation water on the surface of mold cavity. Subsequently, a cycle of injection molding was completed, including injection, packing, cooling, and mold opening. Surface of fixed and moving half molds were heated evenly by this method, the speed and temperature of the front of molten plastic were very high, and the metal of mold cores with depth of only 1-2 mm from mold surfaces was heated, so the method greatly shortened the heating and cooling time. The experimental results showed that the surface defects of plastic parts were improved effectively such as welding mark, flow mark, warping, craters, size deformation, et al. And extreme high grade of surface roughness was obtained, the technology also reduced heat energy consumption and saved mold manufacturing costs.

KEYWORDS direct steam heating mold cavity, high-gloss injection mold, high-gloss mold temperature controller, injection technology

国内首条千吨级碳纤维及复合材料生产线投产

近日,国内首条千吨级碳纤维及复合材料生产线在江苏恒神纤维材料公司成功投产。目前恒神已建成四条规模化碳纤维生产线,形成碳纤维系列、树脂系列、织造系列、预

浸料系列及复合材料设计应用开发五大系列产品。其中,T300级产品已具备年产千吨级生产能力,T700级产品有望年底实现批量生产。据了解,2010年全世界碳纤维产量达到4万多t,我国进口约7000多t。(国家石油化工网)