

高光注射成型及其关键技术*

张 鹏 程永奇 宋财福

(广东工业大学,广州 510006)

摘要 简述了高光塑料产品注射成型技术的原理和流程,介绍了高光塑料材料、高光模具材料与结构、模面加热方法与模具温度控制系统等关键技术及其应用,并分析了高光注射成型发展趋势。

关键词 注射成型 高光塑料产品 快速热循环 模面温度

随着产品功能要求的不断提升,塑料产品的结构设计越来越复杂,质量要求也不断提高。在兼顾产品的结构强度、精度、生产周期、节能环保等多重需求下,成型技术不断推陈出新^[1]。其中高光注射成型是近几年才发展的一种新型技术,该技术可很好地复制模具表面的形状,使塑料产品表面无熔接痕、流痕等缺陷,表面光泽度高,并提高塑料产品强度和表面硬度,无需后续环境污染严重的喷涂工艺,减少工艺流程,节省能源与材料,保护环境和操作人员的健康。高光塑料产品在汽车、电子、通讯、计算机、日用品、医疗等行业如平板电视机、电脑液晶显示器、空调、汽车内饰件等具有广泛的应用前景。

1 高光注射成型原理

传统的注塑加工,在整个注射成型周期中,低温的冷却液不停循环,以保持较低的模面温度,维持较短的成型周期。然而,在注射成型中较低模具表面温度会导致塑料产品产生外观和质量上的诸多缺陷。众所周知,熔融的塑料接触温度低的模壁将产生冻结层(图1),并使熔体表层和中心层的温差增大,波前温度下降,严重时导致滞流。此外两股或两股以上的熔融塑料在填充过程中,波形前端在型腔中相遇汇合,当模面温度不足、流体熔合温度较低或压力不足,便会造成汇合部分无法完全熔合,产品表面出现熔接痕,导致外观不良、熔合强度低等缺陷(图2)。

假如能把模面温度升高至塑料的热变形温度以上进行注塑,冻结层将减薄,熔融塑料在型腔内的流动性增加,表层和中心层的温度差别变小,塑料与模面之间的摩擦阻力减少,流动引起的分子取向在填充后的短时间内得到松弛,高的温度也可使保压补缩更加充分,从而可以有效减少产品熔接痕、浮纤、残留应力等缺陷,提高产品外观质量、熔接痕结合强度、尺寸精度和稳定性。而单纯的高模温将使注射成型周期变长,为此必须采取变化的模面温度,将单

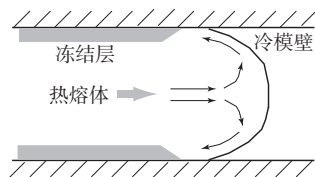


图1 熔体流动示意图

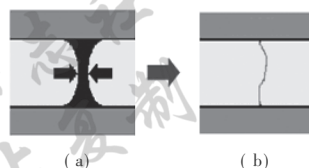


图2 熔接痕产生示意图

纯高模温注塑发展成为变模温注塑,在填充时能够快速且均匀地加热模具表面,而在冷却时能急剧冷却来缩短成型时间。这就是高光注射成型的基本原理。

高光注塑是目前注塑企业最为通用的叫法,从注塑产品的光泽上看,由于熔体流动前沿与模面接触点的界面温度提高,可使模具部分的微细形状复制容易,如结合表面高光的模具、特殊工程塑料,可生产出高光泽度的注塑产品,实现一步注塑成功最终产品,由此被称为高光注塑,其全称应该为高光产品的变模温注塑。除此之外还有其它很多叫法,比如:该工艺采取了快速加热冷却,被称为快速热循环注塑(RHCM);从模具温度变化来看,称为变模温、动态模温、交替冷热模温控制技术;从消除喷涂等后处理工序看,被称为免喷涂注塑;从消除表面缺陷上看,称为无熔接痕、无痕注塑。从加热方式分,又称为蒸汽式、电热式、热水式、高油温式、感应加热式模温控制技术等。从模温控制机看,又称为蒸汽模温机、电热模温机、水温机、油温机、电磁感应模温机等。还有些取为公司商品名称,如E-Mold、TITAN

* 2008年粤港关键领域重点突破项目(2008Z51)

收稿日期:2009-01-16

技术等^[1-6]。

从以上内容看出,高光注射成型可以表述为:一种利用各种加热冷却手段,通过模具温度控制系统动态改变模具表面温度,在高模温填充和低模温冷却之间快速循环的一种新型精密注射成型工艺。其主要目的是生产高光、免喷涂、薄壁或微型塑料产品。其一般的工艺流程为:在开模和(或)填充阶段,加热系统工作,将模具表面加热到塑料的热变形温度以上,然后开始填充塑料,填充阶段模具的温度基本保持稳定的高温。填充完成后从保压阶段开始,冷却系统开始工作,对模具进行急剧降温处理,模面温度逐渐下降,直至顶出产品,完成一个成型周期,然后进入下一个快速加热冷却循环。高光注塑与普通注塑模具表面温度变化曲线见图 3。

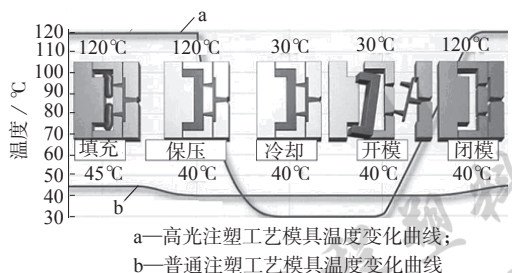


图 3 高光注塑与常规注塑模具表面温度变化示意图

2 关键技术

高光注射成型与常规注射成型相比,其关键技术或区别在于以下 3 个方面:高光塑料材料、高光模具、模具温度控制系统。

2.1 高光塑料材料

生产表面质量较高的产品时,常用的塑料有(丙烯腈/丁二烯/苯乙烯)共聚物(ABS)、聚酰胺(PA)、聚碳酸酯(PC)、聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)、PC+ABS 或 PMMA+ABS。其中,ABS 的硬度最低,PMMA+ABS 的硬度最高,可达 H 级、甚至 2H 级。但硬度越高,熔体流动速率也相对越低,流动性变差,因此可根据生产需要选取适当的塑料品种。目前很多公司也研发出了一些专用的高光塑料材料,如高光泽 PMMA/ABS 免喷涂材料 HAM8560 等^[7-8],但目前品种还较少。

2.2 高光模具

影响模具的因素主要有模具材料、模具设计与制造加工等。

(1) 模具材料 模具材料需要有较好的抛光性、耐腐蚀性、耐磨性、热强度、韧性、加工性能和低的热膨胀系数等。其中抛光性、耐腐蚀性、热强度、

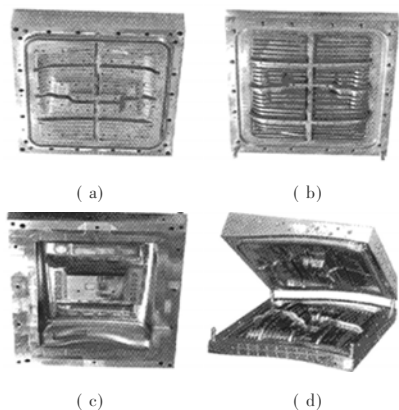
热膨胀系数对高光模具尤为重要。如模具抛光性差、表面粗糙度大,或被腐蚀或注塑时有水分沉积,就无法进行高光泽产品成型;温度的快速变动对模具材料的热强度、热膨胀系数也有了更高的要求。目前使用的高光模具材料有日立金属 CENA1、日本大同 NAK80 和 S-STAR、ASSAB 的 S136 或 S136H (420)、POLMAX 等镜面、高耐磨、抗腐蚀模具钢,低档高光模具也有采用 P20 等常规模具材料的。日立金属开发的超大型塑料成型模具用材料 CENA1 α 更是为高光模具专门开发的产品,获得了 2007 年日本新产品奖。其综合性能好,耐磨性、加工性、韧性、耐腐蚀性都较好,而抛光性极佳,是高光镜面成型最佳的模具材料之一。

(2) 模具设计与制造 高光模具除了模具表面质量要求高外,模具温度的动态变化导致结构比普通模具复杂很多,其中模具内部管道的设计与制造是影响模具质量、生产周期和模具成本的关键。

为保证模具表面温度的均匀性和快速变化,模具内部必须开设合理的管道确保快速升温 and 降温。常规模具的管道系统一般采取直线管道,通过钻孔加工来实现,这种设计制造无法满足复杂模具的模面温度均匀性要求。复杂的高光模具通过分层结构或其它特殊方法将管道布置在距模具表面恒定距离的地方来满足以上要求,其中分层结构相对容易实现。分层结构的型腔和(或)型芯由两部分组成:上层是一个厚度基本均匀的型腔零件,正面加工出模具成型面(图 4c),背面加工出均匀的空间半圆管道(图 4a),下层是一个衬板,有对应上层零件配合面,也加工出均匀的空间半圆管道(图 4b),上下层配合形成空间管道(图 4d),以此解决热传导的均匀性,可在短时间内均匀提高模具的表面温度。与普通的模具相比,由于管道数量多、距离模面近,冷却加热时间均可大大缩短,使高光注塑周期比常规注塑周期短,实现快速循环成型,但分层结构也导致加工成本提高,模具寿命缩短。

此外,快速冷热循环对模具的其它部分也提出了更高的要求。为了防止加热系统对模具其它部分产生影响,对定位装置、抽芯和导向机构的运动配合部分的隔热、密封、配合需要仔细考虑,避免模具开合不良、滑块无法动作、定位不良等情况发生。

在高光模具方面,目前存在模具材料单一、价格昂贵、模具制造成本高、模具寿命低、复杂模具制造困难、周期长等问题,使高光注塑只限于成型结构简



a—上层零件; b—型腔衬板; c—组合型腔; d—模具

图4 高光模具结构图

单的产品如平板塑料壳体。今后需要研究开发高光精密模具制造新技术和新的模具材料,结合现代CAE技术、快速制造技术、抛光工艺、表面加工技术等,实现模具表面、模具内部管道、模具零件的高效精密设计加工。

2.3 模具温度控制系统

从某方面而言,高光注塑最关键的是模具温度控制系统。由于高光注塑与一般注塑最大区别在于模具温度的控制,而对注塑机的要求并不高。高光注塑模具温度控制系统一般也称为高光模温机,和通用注塑机配合,在注塑的填充、保压、冷却、开合模具过程中协调动作。

模具表面的加热方式是温控系统的关键技术,高光模具表面主要通过以下方式获得热量。一是以热传导为主的加热方式,如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具表面;二是以热辐射为主的加热方式,如将太阳能、激光束、电子束、红外光、火焰、气体等直接辐射模具表面;三是通过自身热场加热,如通过电阻、电磁感应加热等使模具表面自身产生热量。目前实用的加热系统有:高温油传热的油温机、高温高压水传热的高压水温机、蒸汽传热的蒸汽模温机、电热管传热的电热模温机,以及电磁感应加热系统和红外辐射加热系统等。

(1) 高温油传热的油温机 模具内部设计均匀的加热或冷却管道,通过油加热系统达到模具预热的功效,同时在注射过程有冷却的作用。最高温度可达 350°C 。由于油的热传导系数低,效率较低,而且产生的油气影响高光成型质量,但目前企业油温机比较普遍,使用经验丰富。

(2) 高温高压水传热的高压水温机 模具内部设计均衡的管道,不同阶段使用不同温度的水。加

热时通入高温水,冷却时切换为低温水,实现模具表面的加热或冷却。如将水加压,温升还可达 $140 \sim 180^{\circ}\text{C}$,升温很快。高温高压的水温控制系统如韩国的TITAN系统,由于热水可循环利用,运行成本较低,但水需要净化系统。

(3) 蒸汽传热的蒸汽模温机 同高压水温机作用原理相似,模具内部设计均衡的管道,加热时通入蒸汽,冷却时切换为低温水,实现模具表面的加热或冷却(蒸汽加热前一般还需要用压缩空气将管道吹干)。高温高压蒸汽加热系统可使模具表面最高温度达到 160°C 。由于蒸汽相对于水,其热容较小,相对升温时间较长。达到 150°C 模具表面温度需要 300°C 左右的蒸汽。日本小野产业株式会社开发的系统应用比较成功。但由于生产过程中蒸汽不可循环利用,需要安装锅炉设备,致使其运行成本很高。

(4) 电热管传热的电热模温机 采取电阻加热元件(电热板,电热框,电热圈等)作为热源,其中电热管应用较多,它以金属管为外壳(包括不锈钢、紫铜管),沿管内中心轴向均布螺旋电热合金丝(镍铬、铁铬合金),其空隙填充压实具有良好绝缘导热性能的氧化镁砂,管口两端用硅胶密封。电热元件可加热空气、固体和各种液体。目前直接加装在模具里的电热器加热系统成本较高,并需支付模具设计专利费。电热管加热速度较快,控制温度范围可达 350°C ,典型为韩国NADA公司的E-MOLD系统。利用该系统后,15 s就可将模具温度加热到 300°C ,然后15 s又能将模具温度冷却到 20°C 。

(5) 高频电磁感应加热系统 根据电磁感应原理使工件的温度升高。由于集肤效应,在工件表面上产生的涡流最强,而在内部很弱,到芯部接近于零。因此这种方法可只对工件表面至集肤深度范围加热,因此加热体积小,升温速度快,加热速度在 $14^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上,如台湾中原大学研发的系统升温速度已经达到 $20^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上。表面加热完成后,再搭配快速低温冷却设备,可达到模具表面快速加热、冷却的效果,实现变模温控制。

(6) 红外线辐射加热系统 研究人员正开发利用红外线辐射的方式直接对型腔部位进行加热。红外线的传热形式是辐射传热,由电磁波传递能量,不需要传热介质,具有一定的穿透能力。与其它方式相比,具有节省能源、安全、设备简单、易推广等优点。但由于光亮金属对红外线吸收能力较弱,加热速度慢。

(7) 气体式加热系统 高温气体作为快速变模温的介质,在充填阶段前快速准确定量地将气体注入型腔中,可以瞬间将模面温度提高至 200℃左右,且高温区域可控制在模具表面附近,不会造成模具其它部分因温度变化剧烈产生尺寸膨胀的配合度问题。该技术无需对现有模具作太大的修改,模具制造成本较低,但密封要求高。

目前温度控制系统还存在一些问题需要解决。一是实用的加热方法少,比较成功的为蒸汽、电加热和感应加热。二是高光注塑都是采取单独的模具温度控制系统,需要和注塑机配合使用。三是设备及运行成本高。如何能让变模温控制技术在不影响成型周期的条件下进行经济规模生产是大家争相发展与突破的题目。今后需要在实用的低成本快速加热方法、集成的高光注塑机等方面进一步研究开发。

3 结论

高光注塑技术目前国内尚属于一项先进的生产工艺。由于这一技术大大改善了塑料产品的表面质量和强度,并可低压注塑、取消后续的喷涂或喷漆等工艺,既保护了环境和操作人员的健康,又节省能

源与材料,具有极大发展潜力,日渐受到塑料成型行业的关注。相信随着塑料产品的应用日趋广泛,以及人们的环保意识逐渐提高,高光注塑技术必将成为未来注塑技术领域的又一颗灿烂新星。

参考文献

- [1] 罗卫华,周南桥,吴宏武.精密注射成型新技术[J].工程塑料应用,2002,30(8):27-31.
- [2] 陈夏宗,张仁安,林钰婉,等.快速动态模温控制于高深宽比微结构注塑成型[J].塑胶工业,2007,10(1):24-26.
- [3] 李兆东,袁文生,王忠雷.微结构塑件模具温度控制探讨[J].模具工业,2006,32(6):55-58.
- [4] 蒋炳炎,沈龙江,彭华建.微注射成型中变模温控制技术[J].中国塑料,2006,20(3):99-102.
- [5] 肖方成,欧相麟,卜海涛,等.模温及熔体温度对不同材料的薄壁注塑制品熔接痕的影响[J].中国塑料,2007,21(12):67-71.
- [6] 坂本和男,宇野泰光.制造泡沫树脂模塑产品的方法及用于模塑泡沫树脂的设备:中国,2004100018549.8[P].2004-01-14.
- [7] 王斌,李雪,李炎,高光泽 PMMA/ABS 免喷涂材料 HAM8560[J].现代塑料,2007(11):33-34.
- [8] 刘宝玉,肖鹏.高光泽聚丙烯的研制[J].上海塑料,2007(2):20-23.

RAPID HEAT CYCLE MOLDING FOR HIGH GLOSSY PRODUCT AND ITS KEY TECHNOLOGY

Zhang Peng, Cheng Yongqi, Song Caifu

(Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

ABSTRACT The principle and procedure of rapid heat cycle molding for high glossy product was introduced, the key technologies such as plastics material, mold material and structure, heating methods to mold surface and temperature control system and its application were reviewed in detail. The development trend was predicted.

KEYWORDS injection molding, high glossy product, rapid heat cycle, mold surface temperature

北京星贝达化工材料有限公司

(重庆、上海、广州也设仓库,供现货)

玻纤增强 PA66 膨胀型(无卤)阻燃剂 ST-EPFR-200A

新近推出环保膨胀型磷-氮阻燃剂。ST-EPFR-200A 专为各种阻燃玻纤增强尼龙(PA)66 制品所设计;在 25%玻纤增强 PA66 中,加入约 23% ST-EPFR-200A 就可以达到 1.5 mm UL94-V0。ST-EPFR-100A 专为各种阻燃聚丙烯(PP)制品所设计,具有不迁移、不析出、耐水性强(成品通过 UL 的 70℃×168 h 浸水试验)、机械性能好和阻燃性能优异(以 ST-EPFR-100A 阻燃的 PP 不融滴,可以通过 0.75 mm UL94-V0)的特点。

北京:上地信息路 1 号国际科技创业园 1 号楼 802 室 电话:010-82895069 82895072

重庆:西部塑料原料市场 A 区 8 号 电话:023-65250828 65258828 传真:023-65258828

上海湖盟公司:021-62164991 51272622 广州:020-82309869 82308865