

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2017.12.017

塑料模具异型水路制作与应用

陶永亮

(重庆川仪工程塑料有限公司,重庆 400712)

摘要:传统的塑料模具模冷却水路加工往往依赖于钻加工,加工中必须避免干涉到模具机构,钻加工方式是直线型的,不能均衡地降低模温,无法解决塑料制品中许多缺陷。分析了模具中异型冷却水路的原理,并阐述了加工制造过程。对复合加工技术在模具中应用、结合浇口套实例做了介绍,采用异型冷却水路复合加工技术可达到模具均衡冷却,用以提高塑料制品质量。

关键词:塑料成型模具;异型水路;制作;应用

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2017)12-0084-04

Making and Application of Alien Waterway Plastic Mould

Tao Yongliang

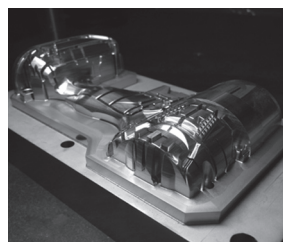
(Chongqing Chuanyi Engineering Plastic Co., Ltd, Chongqing 400712, China)

Abstract : The traditional molding mould cooling waterway often rely on drilling machining, interference in the field of processing to the mould must be avoided. Drill processing method is linear, it can not reduce the mould temperature evenly, and it can't solve many defects in products molding. The special-shaped principle of cooling water was analysed, such as processing and manufacturing process more in detail. The composite processing technology applied in the mold, combining with an instance of gate set was introduced. The special cooling water way compound processing technology can achieve the mold balanced cooling in order to improve the quality of plastic products.

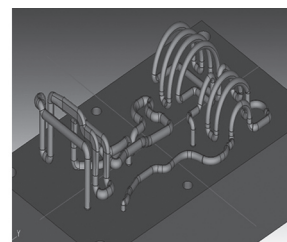
Keywords : plastic forming die ; abnormity waterway ; production ; application

传统的塑料模具冷却水路的设计和制作往往依赖于二次加工。通过交叉钻孔,产生直线管的内部网络,通过内置流体插头与外接胶管来调整流速和改变方向,但这种方法有局限性,冷却水路必须避免干涉到模具内顶杆、滑块和复杂机构等因素。水路网络呈直线形状,冷却水路离模具的表面远近不一致,使得冷却效率低下。有时水路网络盲点部位还有可能被堵塞。在复杂模具的制造中,为了预留冷却水路的加工,模具型芯还需被分割成几件镶块制造,最后再拼接成一整块型芯,这导致了制造成本的增加,并且还会缩短模具使用寿命^[1]。

按照现代模具设计理念,冷却系统必须考虑到冷却水路的布置、型式、冷却温度、水管内的流率和冷却时间等因素。更重要的是冷却水路的位置必须能够贴近产品轮廓以达到均匀带走热量的目的(如图1所示)。为解决这一问题,新的设计概念应运而生,通过一些现代模具加工技术,使得冷却水路可不必受到传统加工的限制,可更自由地设计出贴近产品的水路,即异型水路,或称随形水路,或者3D水路,并主要用于塑料模具和压铸模等塑料模具中。



(a)



(b)

a—模具型芯外形图; b—型芯内部水路图

图1 模具型芯的异型冷却水路示意图

1 异型冷却水路原理和分析依据

异型冷却水路原理是随着产品的形状而配置水路,相对于传统直孔水路,它的形状可以是异型、3D形状的。和传统水路相比,由于它能够均匀贴合产品,使得产品在注塑生产过程中冷却时间更短、生产周期缩减,能有效提高制品产量。另外,由于冷却均匀,产品的变形量也会得到很大控制,产品的合格率也能得到提升。通过冷却液(水)在模具内通道

联系人:陶永亮,教授级高级工程师,主要从事模具设计加工和成型管理工作

收稿日期:2017-10-08

流过,为注塑件带走更多的热量,达到快速冷却,这种冷却效果的速度和均匀性是由流体通道以及冷却流体的速度来决定的^[2]。

异型冷却水路的分析依赖于 CAE 模流分析技术。具体有 Moldflow 和 Moldex3D 模流分析软件等,能有效模拟各种三维流动效应,并且为了完整呈现真实塑料件外观,分析模型需以真实对象为基准,将所有特征形状列入考虑,建立三维分析模型,在产品的设计阶段的各种仿真实验中得到广泛应用^[3],按照模型轮廓自动定义和建立异型水路,大幅节省了复杂冷却系统设计,提升了冷却效率。CAE 的辅助功能更加快速与精准,大幅缩短了产品在设计与制造上的流程与工时。如果产品设计具有先天的缺陷,则通常会造成塑料加工条件范围狭窄,现场生产时很难找到适当的加工条件,这类问题也很难藉由模具修理来解决。鉴于上述状况,模流分析 CAE 技术已经日益成熟,不少厂商引进模流分析软件,用以计算分析缩短模具开发、试模的过程。

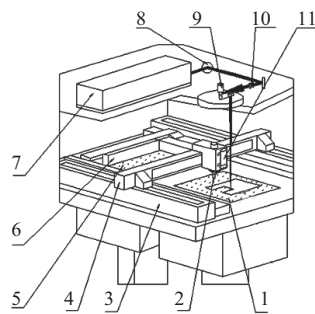
在各种塑料模具中,流道与冷却系统的设计对于制件质量及生产周期都有很大的影响。当流道系统设计不佳时,造成塑料射压过高、不均匀充填等,都可能会造成日后制品产生翘曲变形等。另外,冷却系统设计不良,也会造成生产周期过长,增加成本。同时,不均匀的冷却效果也会造成产品不均匀收缩而产生翘曲变形,从而影响质量。异型冷却水路让水路能贴着模型(模腔)形状的变化而变化,为模具设计提供了更大的模具设计空间,也简化了冷却水路的设计方法。在一般的塑料成型过程中,需要经过一定的周期才能使模具达到稳定的生产状态,这是因为当熔融的熔体注入模具后,模具与熔融熔体在接触面之间发生热量传递,模具通过自身向冷却水路进行热脉冲传导。利用 CAE 模流分析技术能较好地解决塑料成型和冷却平衡的问题,解决模具均衡散热的问题,保证制件的质量。

2 异型冷却水路主要的加工方法

确立了异型冷却水路的设计方法后,要解决异型冷却水路的制作问题。国内外的快速塑料成型(RP)与快速模具制造技术为异型冷却水路的制作奠定了较好的基础^[4]。这些年来人们把 RP 技术原理应用到注塑模具制造这一领域的努力从没有停止过。金属粉末的选择性激光烧结(SLS)技术,由德克萨斯大学的 Carl Deckard 和同事们在 1989 年发明。其基本理念与光造型术(SLA)类似,是用激

光逐层照射聚合物或者金属粉末,使粉末熔接粘合,从而堆叠为三维物体。后来选择性激光熔化技术(SLM)是在选择性激光烧结(SLS)基础上发展起来的一种金属材料直接成型技术,利用同轴或是旁轴供粉的办法进行快速金属融化(也可采用塑料加工塑化),也叫激光 3D 打印^[5-7]。与选择性激光烧结不同的是,工艺过程中金属粉末在高能激光辐射下完全融化,从而使金属粉末之间发生冶金结合(分子间结合),加工的成型零件不需要经过后处理,其致密度近乎达到 100%,具有较好的材料力学性能,多用于直接制造金属零件。由于这两种加工方法都属于增材加工范围,应用到模具零件上还需不同程度后加工^[8-9]。

近些年在日本,金属粉末激光造型复合加工技术把金属粉末选择性激光熔化(SLM)的增材加工工艺和传统的高速切削加工工艺融为一体,是增材加工和去除加工这两种反方向加工手法的复合化,综合集成了材料技术、计算机软件技术、激光技术和数控加工技术。应用“复合加工技术”,把选择性激光熔化增材加工工艺和高速切削加工工艺融为一体也将是发展趋势。加工均在专用加工设备上完成,其加工原理如图 2 所示。



1—加工平台(Z轴); 2—主轴; 3—Y轴; 4—X轴; 5—粉末箱;
6—覆层刮刀; 7—镭射发生器; 8—反射镜; 9—检流计扫描;
10—集光透镜; 11—光电图像传感器摄像头

图2 金属粉末激光造型复合技术加工装置示意图

加工顺序示意图如图 3 所示。其加工顺序是:在加工装置中,激光发生器是重要的加工能源,激光通过反射镜和聚光透镜聚射在工件上,装置中粉末箱的粉末即时向工件表面送粉铺展。主轴是加工的

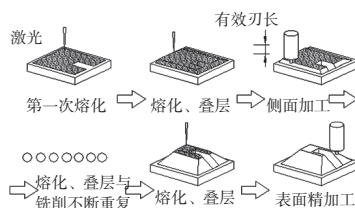
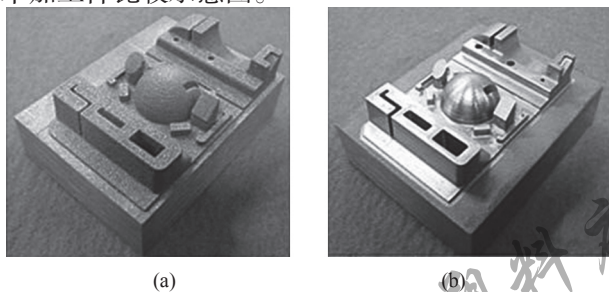


图3 加工件顺序示意图

动力头,根据计算机指令和光电图像传感器摄像头等全帧读出,指令工作台 X, Y, Z 轴的移动,完成铣削,在此期间,熔化、叠层与铣削不断重复进行。

①用激光熔化铺展在金属底板上的金属粉末;②重复铺展金属粉末和进行激光熔化,逐层叠加造型使叠层厚度达到切削刀具的有效刃长;③对叠层侧面用小直径切削刀具施以切削加工;④反复进行激光熔化、叠层造型和高速切削加工;⑤做出具有精密加工表面的立体形状造型^[10]。与以往单纯的金属粉末选择性激光熔化叠层造型技术相比,其加工尺寸精度可达 ± 0.005 mm 以内,热处理后的材质硬度可达到 HRC54。图 4 为 SLM 技术与复合技术加工件比较示意图。



a—SLM 技术加工的零件;b—复合技术加工的零件

图 4 SLM 技术与复合技术加工件比较示意图

通过 SLM 技术与复合技术加工零件的比较可知,SLM 技术使用激光有选择地照射预先铺展好的金属粉末,并不断地重复铺粉与照射的过程,从而逐渐叠层造型,最后制成所需形状的金属零件。复合加工技术用选择性激光熔化增材加工和高速切削加工同时进行,加工出的零件可直接用于模具上。复合加工技术为模具内部加工出任意形状的异型水路奠定了较好基础。这样的异型水路将会有助于改善模具冷却状况,缩短塑料成型周期,提高制品品质。

通过 SLM 技术可以打印和加工出所需要的随形水路,另一种与 SLM 不同的 3D 打印增材制造技术是基于叠层实体制造 (LOM) 的热扩散焊技术。德国 PVA TePla 公司的 LOM 扩散焊技术在模具 3D 随形水路设计中得到了应用。热扩散焊技术又称真空压力热扩散焊,是在真空条件以及一定的压力和温度作用下,通过原子扩散而不需用焊料使焊接件相互联接的焊接方法。真空热扩散焊温度一般设为材料熔点的 0.5~0.8 倍,在焊接过程中,热扩散时间以及热扩散压力对三维模具焊接质量的影响至关重要^[11]。基于 LOM 的热扩散焊即使用金属薄板为材料,采用激光将三维零件的轮廓切割出来,进行去

污、去毛刺等处理后将二维层片堆叠起来,送入真空扩散焊接 (DB) 炉进行焊接。DB 炉具备高真空、最高 1350℃ 以及 150 t 加载压力的工作能力,工作时温度升至 1000℃,焊接时间需要 60 min,整个过程循环 8 h 可完成焊接^[11]。真空扩散焊相对于金属粉末 3D 打印的优势:

- (1) 材料可选范围更广,可直接使用标准型材;
- (2) 工件尺寸可以更大,最大尺寸可以达到 900 mm(宽) × 1000 mm(深) × 500 mm(高);
- (3) 工件性能更好,如强度,耐腐蚀性等,冶金性能非常接近母材;
- (4) 生产效率更高,不管大小件,工艺时间基本可以控制在 12 h 以内,而且可以一炉加工多个产品。

3 应用实例

浇口套上用异型冷却水路是模具制造业从未想过的问题,而有了复合加工技术可实现直径 12 mm 左右浇口套上采用异型冷却水路^[10]。从一般模具结构来看,主流道的四周、浇口套这部分往往是蓄热现象最为突出的。因为浇口套与高温的塑料机喷嘴直接接触,是模具中最初被注入高温熔体的部位。当遇到薄壁或小型产品的模具设计时,浇口套结构小无法采取冷却措施,主流道部分比产品部分耗费更多的冷却时间。现在利用金属粉末激光造型复合加工技术 (3D 打印技术),可直接在浇口套内部设置一定的冷却水路。如果再配置专用温调机,对浇口套进行控制,并根据注塑机塑料周期调节水流进出速度,将能对主流道部分实施快速有效的冷却 (如图 5 所示)。有了浇口套应用后,对其它模具型芯加工 (如图 1) 都迎刃而解。

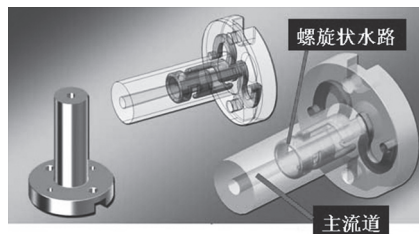


图 5 模具冷却水路浇口套示意图

4 结论

异型冷却方式与传统冷却方式的根本区别在于,其冷却水道的形状随塑料制品的外形变化而变化,是 3D 形状的,不再是简单的直线状,这种冷却水道更好地解决了传统冷却水道与模具型腔表面距离不均衡的问题,可以使得塑料制品得到均衡的冷却,冷却效率得到提高^[12]。金属粉末激光造型复合

加工技术是由日本松下电工最初开发出来的,并将这项新技术引入中国,已得到广泛应用。其特点在于可一体化地加工完成有内部异型水路模具加工,其加工尺寸精度高,热处理后的材质硬度高,符合精密模具的量产水准要求,提供了一种极为宝贵的新型模具加工技术。目前这项技术的推广主要在于加工成本较高,如一般直径为 12 mm 左右浇口套市场售价为 20 元,而同样加工大小异型水路浇口套价格在 1 000 元左右,这使得人们难于接受。通过对异型水路的认识和接受,在不久的将来这种复合加工技术也会像当初引进线切割、电火花和加工中心那样,得到推广和普及。如今,增材制造技术可制造出以前无法实现的复杂随形冷却/加热水道,可以接触到以前无法冷却或加热的嵌件区域,在成型塑料零件质量方面,堪称发生了一场巨大革命^[13]。

参考文献

- [1] 基于 3D 打印的随形冷却注塑模具 [OL]. https://mp.weixin.qq.com/s/GkAwiaYJli6AiLa_ZbvMA.
Based on 3D printing conformal cooling injection molds [OL]. https://mp.weixin.qq.com/s/GkAwiaYJli6AiLa_ZbvMA.
- [2] 3D 打印给注塑产品带来的附加价值 [OL]. <http://info.plas.hc360.com/2016/05/051012561424.shtml>.
3D printing bring the added value of injection molding products [OL]. <http://info.plas.hc360.com/2016/05/051012561424.shtml>.
- [3] 唐忠民,宋震熙. 注塑模流分析技术现状与 Moldex3D 软件应用 [J]. CAD/CAM 与制造业信息化, 2003(1): 57-59.
Tang Zhongmin, Song Zhenxi. The current status of injection mold flow analysis and the application of Moldex 3D software [J]. CAD/CAM and manufacturing informatization, 2003(1): 57-59.
- [4] 孙忠良,洪军,卢秉恒,等. 基于 SLA 的快速精铸技术研究现状 [J]. 铸造技术, 2008, 29(6): 814-817.
Sun Zhongliang, Hong Jun. Lu Bingheng, et al. Research status of rapid recasting technology based on SLA [J]. Casting Technology, 2008, 29(6): 814-817.
- [5] 选择性激光烧结技术 [OL]. <http://www.didayin.com/archives/167>.
Selective laser sintering [OL]. <http://www.didayin.com/archives/167>.
- [6] Matsumoto M, Shiomi M, Osakada K, et al. Finite element analysis of single layer forming on metallic powder bed in rapid prototyping by selective laser processing [J]. International Journal of Machine Tool & Manufacture, 2002, 42: 61-67.
- [7] 选择性激光烧结 (SLS) 和熔融 (SLM) 快速塑料工艺有何不同? [OL]. <http://wenda.so.com/q/1384154653060669>.
What is the difference between selective laser sintering (SLS) and melt (SLM) rapid plastic technology? [OL]. <http://wenda.so.com/q/1384154653060669>.
- [8] Abe F, Osakada K, Shiomi M, et al. The manufacturing of hard tools from metallic powders by selective laser melting [J]. Journal of Materials Processing technology, 2001, 111: 210-213.
- [9] 李佳桂. 金属粉末选择性激光熔化成形模拟及试验研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2007: 1-67.
Li Jiagui. Metal powder selective laser fusion forming simulation and experimental study [D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2007: 1-67.
- [10] 杨青. 异型水路加工之金属粉末激光造型复合加工技术 [OL]. <http://www.icax.org/article-2266-7.html>.
Yangqing. The technology of metal powder laser modeling for the processing of different types of water [OL]. <http://www.icax.org/article-2266-7.html>.
- [11] 德国 PVA TePla 基于 LOM 的金属热扩散焊接技术在模具随形水路中的应用 [OL]. <https://24maker.com/thread-19308-1-1.html>.
The application of the German PVA TePla based on LOM thermal diffusion welding technology in the shape of the mould [OL]. <https://24maker.com/thread-19308-1-1.html>.
- [12] 3D 打印随形冷却将大幅提高注塑模具生产效率 [OL]. <http://3dprint.ofweek.com/2016-12/ART-132107-8420-30076932.html>.
3D printing with shape cooling will greatly improve the production efficiency of injection mold [OL]. <http://3dprint.ofweek.com/2016-12/ART-132107-8420-30076932.html>.
- [13] 增材制造与激光新技术, 将给模具行业带来什么改变? [OL]. <http://mp.weixin.qq.com/s/KILsLN1ZR95eyMs768UjIQ>.
Add material manufacturing and new technology of laser, will bring change to the mold industry? [OL]. <http://mp.weixin.qq.com/s/KILsLN1ZR95eyMs768UjIQ>.

本刊声明

近期有不法网站和个人假借本刊名义向广大读者征稿,同时收取高额注册费、审稿费、版面费。本刊特此声明:《工程塑料应用》为中国兵器工业集团第五三研究所(山东非金属材料研究所)主办,杂志社所在地为山东省济南市,本刊唯一合法投稿网址为 www.epa1973.com,本刊未委托任何机构和个人从事征稿和组稿业务。请广大作者牢记本刊投稿网址,辨别来电属地,不要给个人账号汇款,防止受骗。本刊保留对相关网站和个人追究法律责任的权利。

(工程塑料应用杂志社)