

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2021.05.0017

弹头材料对溢流法水驱动弹头辅助注塑制件的影响

胡礼彬¹, 匡唐清¹, 赖家美², 柳和生², 冯强¹, 刘文文¹

(1. 华东交通大学机电与车辆工程学院, 南昌 330013; 2. 南昌大学机电工程学院, 南昌 330031)

摘要: 选取 Q235 钢、聚乳酸 (PLA)、尼龙 6 (PA6)、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料 (ABS)、聚四氟乙烯 (PTFE) 和聚丙烯 (PP) 6 种材质制备弹头, 基于自行搭建的实验平台来探究弹头材料对水驱动弹头辅助注塑 (W-PAIM) 管件残余壁厚和内壁质量的影响。研究发现, 金属弹头因其较高的热传导, 在其表面形成凝固层, 穿透过程中在剪切作用下又被剥落, 导致管件壁厚和内壁质量前后差异较大; 弹头材质和成型材料相同时, 因二者相容粘结严重, 导致管件壁厚偏薄、波动大, 内壁质量差; PLA, PA6, ABS 和 PTFE 4 种弹头成型的 W-PAIM 管件残余壁厚与弹头材料的维卡软化点温度间存在强相关, 弹头材料的维卡软化点温度越低, 管件残余壁厚越薄; 弹头材料的热变形温度会影响弹头完成穿透后触及模具壁面后的变形程度, 对弹头穿透截面的影响不明显。机加工的 PA6 树脂弹头因其维卡软化点温度较高, 使得其成型的管件的质量最佳。

关键词: 水驱动弹头辅助注塑; 弹头; 材料; 残余壁厚; 内壁质量

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2021)05-0087-05

Influence of Projectile Material on Overflow Water-Projectile Assisted Injection Molding Pipes

Hu Libin¹, Kuang Tangqing¹, Lai Jiamei², Liu Hesheng², Feng Qiang¹, Liu Wenwen¹

(1. School of Mechanical & Electrical Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China;

2. School of Mechatronics Engineering, Nanchang University, Nanchang 330031, China)

Abstract : In order to investigate the influence of projectile material on the residual wall thickness (RWT) and inner wall quality of water projection assisted injection molding (W-PAIM) pipe, six materials, including Q235 steel, polylactic acid (PLA), nylon 6 (PA6), acrylonitrile butadiene styrene plastic (ABS), polytetrafluoroethylene (PTFE) and polypropylene (PP) were selected to process projectiles and W-PAIM experiments were carried out based on our lab-developed equipment. It is found that a solidified layer formed on the metal projectile for its high heat conduction and peeled off under the shear action during the process of penetration, resulting in a large difference in the wall thickness and inner wall quality between the front and rear parts of the W-PAIM pipe. The RWT of pipe formed by a PP projectile is thin and fluctuated obviously and the quality of inner wall is poor due to the completely compatibility and serious adhesion between the projectile and the molding material them. There is a strong correlation between the residual wall thickness of W-PAIM pipe formed by PLA, PA6, ABS and PTFE projectile and the Vicat softening point temperature (VST). The lower the VST of projectile material, the thinner the RWT of pipe. The thermal deformation temperature of the projectile material affects the deformation of the projectile after its penetration, and has no obvious effect on the penetration section. Because the Vicat softening point temperature of PA6 resin is higher, the quality of pipe formed by machine made PA6 resin projectile is the best.

Keywords : water projection assisted injection molding ; projectile ; material ; residual wall thickness ; inner wall quality

流体辅助注塑 (FAIM) 是在传统注塑工艺上发展起来的新型注塑工艺, 通过引入流体介质在熔体中穿透从而得到中空制件^[1]。根据流体介质的

不同, 可分为气体辅助注塑 (GAIM) 和水辅助注塑 (WAIM)。相比于 GAIM, 采用 WAIM 技术成型的管件内壁面更光滑、残余壁厚更薄更均匀^[2-3]。但

基金项目: 国家自然科学基金项目 (51763016), 江西省自然科学基金项目 (20181BAB206014), 江西省科技厅重点研发计划项目 (20203BBE53065)

通信作者: 匡唐清, 教授, 博士, 主要研究方向为聚合物成型工艺 E-mail: tkuang@ecjtu.edu.cn

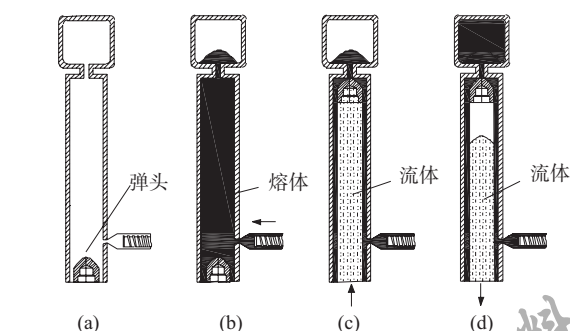
收稿日期: 2021-03-04

引用格式: 胡礼彬, 匡唐清, 赖家美, 等. 弹头材料对溢流法水驱动弹头辅助注塑制件的影响 [J]. 工程塑料应用, 2021, 49(5): 87-91, 102.

Hu Libin, Kuang Tangqing, Lai Jiamei, et al. Influence of projectile material on overflow water-projectile assisted injection molding pipes[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(5): 87-91, 102.

WAIM 管件的残余壁厚 (RWT) 易波动^[4-5], 大多数材料需要经过昂贵的改性处理才能用于水辅助注塑工艺^[6]。

流体驱动弹头辅助注塑 (F-PAIM) 利用高压流体驱动预置于流体喷嘴处的弹头穿透熔体形成中空制品, 高压流体除提供弹头的驱动力外, 还对模具壁面熔体有保压和冷却的作用, 其工艺过程如图 1 所示^[7]。与 FAIM 类似, 根据流体介质的不同可分为水驱动弹头辅助注塑 (W-PAIM) 和气体驱动弹头辅助注塑 (G-PAIM), 根据穿透前熔体是否完全充满型腔可分为溢流法和短射法^[8]。



a—放置弹头、塑化; b—注射熔体; c—注射流体驱动弹头、冷却保压; d—卸压排水

图 1 F-PAIM 工艺过程

目前除德国亚琛大学 IKV 研究所外^[9-10], 国内只有本课题组一直致力于 W-PAIM 技术的研究工作^[11-15]。刘文文等^[11]通过实验对 W-PAIM 和 WAIM 工艺进行对比, 发现 W-PAIM 管件 RWT 比 WAIM 管件更薄、更均匀、更可控; 杨帆等^[12]采用实验与模拟相结合的方法分析了 W-PAIM 管件弯曲处残余壁厚与弯曲半径和偏转角的关系; Kuang Tangqing 等^[14]通过实验探究了工艺方法和工艺参数对 W-PAIM 管件壁厚的影响, 研究发现注水延迟时间和熔体温度对壁厚影响较大, 短射法 W-PAIM 管件壁厚比溢流法 W-PAIM 管件更均匀; Kuang Tangqing 等^[15]采用 Fluent 软件模拟了 W-PAIM 工艺中弹头的穿透行为, 获取穿过程程流场的瞬时分布, 并从速度场、温度场和压力场等几个方面与 WAIM 对比, 揭示了 W-PAIM 工艺的成型机理。

为了考察弹头材料对 W-PAIM 管件内壁质量和残余壁厚的影响, 笔者选取 Q235 钢、聚乳酸 (PLA)、尼龙 6 (PA6)、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料 (ABS)、聚四氟乙烯 (PTFE) 和聚丙烯 (PP) 等 6 种不同材料所制作的弹头, 基于自主搭建的实验平台, 分别进行溢流法的 W-PAIM 实验, 以便为该工艺的应

用实践提供指导。

1 实验部分

1.1 实验平台与主要设备

注塑机: TTI-250FT 型, 广东东华机械有限公司;

模温机: BTM-09W 型, 温控范围为 25~120℃, 深圳博瑞克机械有限公司;

注水系统: 含水箱、高压水泵和注水针阀等, 最高水压 20 MPa;

模具示意图如图 2 所示, 主型腔直径 16 mm, 有 150° 和 120° 两个弯角, 弯曲半径为 20 mm。

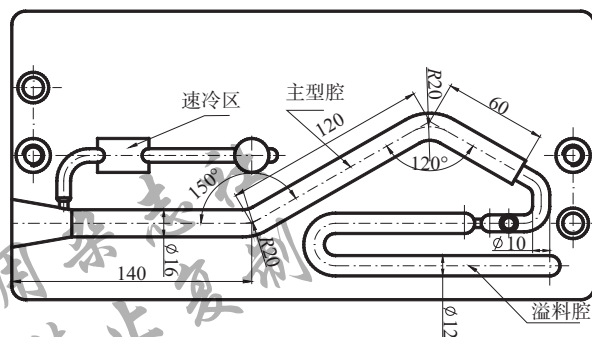


图 2 模具示意图

1.2 实验材料

弹头: 外径和长度均为 12 mm 其外观如图 3 所示。

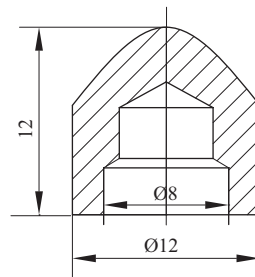


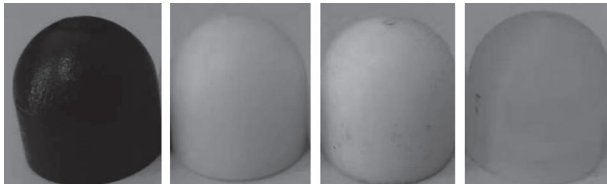
图 3 弹丸示意图

弹性头材质: PA6, 1010C2, 荷兰皇家帝斯曼集团; ABS, PA-709, 台湾奇美实业有限公司; PTFE, MP1100, 美国杜邦 (中国) 有限公司; PP, PP-3310, 台湾南亚塑胶工业股份有限公司; PLA: REVODE195, 浙江海正生物材料股份有限公司; PLA 弹头采用丝材 3D 打印方式制得, 其它采用棒材车削加工而得; 弹头材料的物性参数见表 1。图 4 为除 PLA 外的 4 种树脂材料弹头。图 5 为机加工弹头与 3D 打印弹头, 机加工弹头表面较为光亮, 而 3D 打印弹头表面较为粗糙。

成型材料 PP: PPH-T03, 熔体流动速率 20 g/10 min, 热变形温度为 91℃, 中国石油化工股份有限公司茂名分公司。

表1 弹丸材料的物性参数

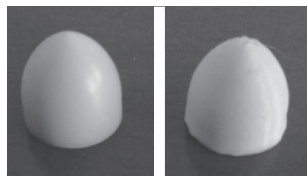
弹头材料	加工方式	热导率 / [W·(m·K) ⁻¹]	维卡软化温 度 / °C	熔点 / °C	热变形 温 / °C
Q235 钢	机加工	44.19		1495	
PLA	3D 打印	0.025	50	175	130
PA6	机加工	0.4	170	220	160
ABS	机加工	0.25	101	170	83
PTFE	机加工	0.256	110	327	55
PP	机加工	0.24	150	190	76.5



(a) (b) (c) (d)

a—PA6 ; b—ABS ; c—PTFE ; d—PP

图4 不同树脂材料制成的弹丸



(a) (b)

a—机加工 ; b—3D 打印 (PLA)

图5 不同加工方式制成的弹头

1.3 工艺参数

根据所选的成型材料 PP 推荐成型条件范围成型管件,经实验调试,确定 W-PAIM 成型工艺参数见表 2。

表2 W-PAIM 成型工艺参数

工艺参数	数值
熔体温度 / °C	210
注塑压力 / MPa	6
注水延迟时间 / s	3
注水压力 / MPa	5
保压时间 / s	8
模具温度 / °C	25

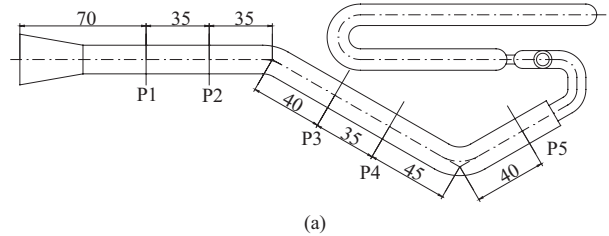
1.4 壁厚测量方案

图 6 为壁厚测量方案。每组实验取 4 根管件,在每根管件的直段部分截取 5 个位置 (P1~P5),如图 6a 所示;在每个位置取 4 个等分点 (P6~P9) 测出壁厚值,如图 6b 所示。对同一组管件的同一截面位置的壁厚值取算术平均值作为该组管件在该位置处的截面平均壁厚值;对同一组管件的所有壁厚值取算术平均值作为该管件的总平均壁厚值。

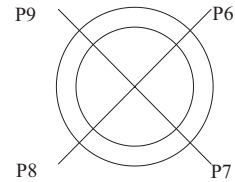
2 结果与分析

2.1 实验结果

采用表 2 的工艺参数,分别用 6 种材料的弹头进行溢流法 W-PAIM 实验,依照图 6 的测量方案计



(a)



(b)

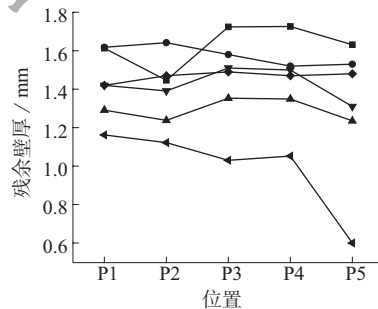
a—沿流动方向的测量位置 ; b—横截面处的测量位置

图6 壁厚测量方案

算出各类管件的平均壁厚以及沿流动方向各位置的壁厚值,测量结果见表 3,以及如图 7 所示。金属弹头制得的管件试样及其纵剖如图 8 所示。

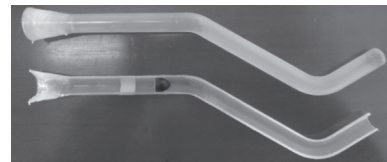
表3 不同材料弹头成型的管件的总平均壁厚 mm

项目	Q235 钢	PLA	PA6	ABS	PTFE	PP
残余壁厚	1.62	1.29	1.60	1.43	1.51	0.95

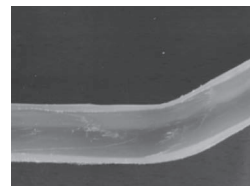


■—Q235 钢; ●—PA6; ▲—PLA; ▼—ABS; ◆—PTFE; ◀—PP

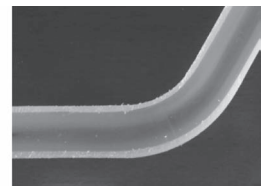
图7 不同材料弹头成型的管件在沿流动方向上各位置的平均壁厚



(a)



(b)



(c)

a—实验试样及其纵剖图 ; b—弯角 1 ; c—弯角 2

图8 金属弹头成型的试样

机加工制得的 4 种塑料弹头 (PA6, ABS, PTFE 和 PP) 所成型的管件试样纵剖图及穿透后的弹头分

别如图9和图10所示。

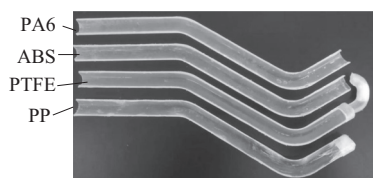


图9 机加工的塑料弹头的成型管件试样纵剖图

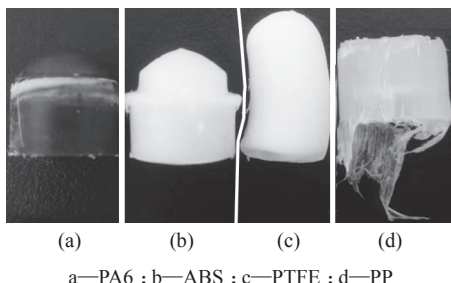


图10 穿透后的弹头形状

2.2 结果分析

由表3可知,不同材料的弹头所生产的管件平均壁厚有所差异,壁厚大小关系为Q235钢>PA6>PTFE>ABS>PLA>PP,且各类管件的实际壁厚均小于2 mm的设计壁厚值(弹头外径12 mm,型腔直径16 mm)。管件实际残余壁厚值低于设计值有以下3个原因:(1)熔体在弹头表面形成一层凝固层,增大了弹头的穿透截面;(2)弹头穿透后,高压水对壁面熔体进行保压冷却,残余壁厚熔体冷却收缩,使残余壁厚进一步变薄;(3)高压水除驱动弹头向前运动外,还能带动弹头侧面熔体向前流动,最终使得壁厚值小于理论值^[11]。

由图7可知,Q235钢弹头所成型管件的壁厚波动较大,先从1.61 mm减小到1.42 mm,通过第一个弯曲处后迅速增大到1.71 mm并趋于稳定。从图8可观察到金属弹头成功完成穿透,在该管件弯角1处及其附近位置的内壁面有明显的刮痕,之后内壁质量明显改善。这可能是因为:熔体注入后,导热率很大的金属弹头被高温熔体包覆,金属弹头将热量迅速传递给水针和水,熔体在金属弹头表面迅速形成一层凝固层,增大了弹头的初始穿透截面,导致前段壁厚偏薄;高压水驱动弹头在熔体中快速穿透,弹头表面的初始凝固层在周边熔体的剪切作用下被剥落,导致前段成型管件内壁粗糙;弹头表面的凝固层被剥落后,弹头在熔体中的穿透截面变小,残余壁厚也就增大并保持相对稳定。

由图7可知,相比于PLA,PA6,ABS和PTFE 4种塑料弹头管件,PP弹头管件壁厚明显要薄,且沿流动方向上管件壁厚减小,后段尤其显著。由图

9可知,PP弹头管件内壁面比较粗糙,存在类似于纤维状的残留物,而其余三类管件的内壁面较光滑。由图10可见,穿透后的PP弹头前端残缺严重,并有很长的撕扯残留物。造成这些现象的原因是:PP弹头材质和成型材料PP属同一材料,完全相容,在高温高剪切下弹头与熔体粘结严重,导致穿透时弹头侧面对壁面熔体剪切严重,残留壁厚较薄,而弹头表面因受热而处于高弹态的材料也在熔体的剪切拉扯作用下被撕下,严重影响了管件内壁面的质量和壁厚的均匀性。这一实验结果说明,W-PAIM工艺中不适合采用与成型材料相同的材料制作弹头。说明相关专利^[16]考虑便于弹头制造与回收而提出采用与成型材料相同的材料制作弹头的建议还有待商榷。

由图7可知,PLA,PA6,ABS和PTFE 4种弹头管件沿流动方向上的壁厚分布均匀,总体平均壁厚大小关系为PA6>PTFE>ABS>PLA。对照表1所示的材料热属性,发现残余壁厚和材料的维卡软化点间存在强相关,弹头材料维卡软化点温度越低,管件残余壁厚越薄,如图11所示。这是因为弹头材料的维卡软化点温度越低,在高温熔体中穿透时在高压水的驱动下更易被挤压得更短更粗,使得弹头的穿透截面相应变大,从而导致管件壁厚更薄。

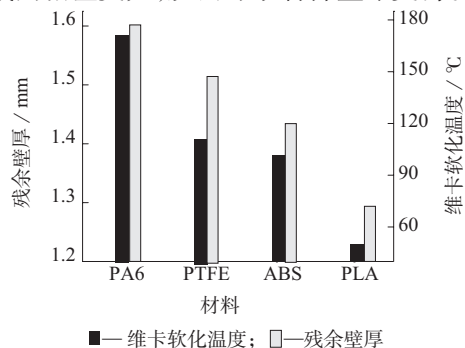


图11 不同材料弹头的成型管件的残余壁厚与维卡软点温度

PLA弹头管件相比于PA6,ABS和PTFE 3类管件的壁厚明显要薄,平均壁厚仅有1.29 mm。原因有两方面:一是PLA的维卡软化点温度(仅有50℃)要远低于其它3种材料,穿过程中在高压水的挤压下其截面最粗,穿透截面最大;二是实验用的PLA弹头是采用3D打印而得,表面粗糙度大,因而穿过程中弹头更容易带动弹头侧边的熔料向前流动,导致残余壁厚进一步减小。

由图10可见,完成穿透后的PTFE弹头截面明显变细,同时还发生一定程度的弯曲,而ABS弹头头部出现阶梯结构,PA6弹头无明显变细。这是因

为 PTFE 材料的热变形温度最低 (55℃), ABS 材料热变形温度也较低 (85℃), PA6 的热变形温度最高 (160℃)。在高压水的挤压下, PTFE 弹头被挤入溢流通道 (图 9 中所示), ABS 弹头被卡滞在溢流通道入口形成阶梯结构。由此可知,弹头材料的热变形温度会影响弹头完成穿透后触及模具壁面后的变形程度,对弹头穿透截面的影响不明显。由以上分析可知,机加工的 PA6 弹头所成型 W-PAIM 管件质量最佳。

3 结论

以 Q235 钢、PLA, PA6, ABS, PTFE 和 PP 共 6 种材料制备弹头,进行溢流法 W-PAIM 实验,考察弹头材料对溢流法 W-PAIM 管件残余壁厚和内壁质量的影响规律,得到以下结论:

(1) 金属弹头由于具有较高的热传导,在其表面易形成凝固层,穿透过程中在剪切作用下又被剥落,导致其 W-PAIM 管件前段壁厚较薄,内壁较粗糙,而中后段壁厚较厚较稳定,内壁质量较好。

(2) 与成型材料的材质相同的弹头,会由于材料间的相容,导致弹头在熔体中穿透时剪切厉害,严重影响 W-PAIM 管件壁厚的均匀性和内壁面的质量。W-PAIM 工艺的弹头的材质不宜与成型材料相同。

(3) 树脂弹头 W-PAIM 管件残余壁厚与弹头材料的维卡软化点温度存在强相关,弹头材料维卡软化点温度越低, W-PAIM 管件壁厚越薄。

(4) 树脂弹头材料的热变形温度影响弹头完成穿透触及模具壁面后的变形程度,对弹头穿透截面的影响不明显。

(5) 机加工的 PA6 弹头所成型 W-PAIM 管件质量最佳。

参考文献

- [1] 于同敏,李坤,张浩.水辅助注射成型技术的发展与应用[J].模具工业,2004(5):21-25.
Yu Tongmin, Li Kun, Zhang Hao. The development and application of water-assisted injection moulding technology[J]. Die & Mould Industry, 2004(5):21-25.
- [2] Mikell K. Water injection molding makes hollow parts faster[J]. Plastics Technology, 2002, 48(4):42-47.
- [3] 张伟,柳和生,余忠,等.水辅助注射成型制品质量的缺陷及工艺优化研究概述[J].中国塑料,2018,32(4):12-17.
Zhang Wei, Liu Hesheng, Yu Zhong, et al. A survey of defects and process optimization of water-assisted injection molded parts[J]. China Plastics, 2018, 32(4):12-17.
- [4] Park Hyung-Pil, Cha Baeg-Soon, Park Soo-Bin, et al. A study

on the void formation in residual wall thickness of fluid-assisted injection molding parts[J]. Advances in Materials Science and Engineering, 2014(4):1-6.

- [5] 匡唐清,邓洋,余春丛,等.短射法水辅助注塑工艺水穿透实验[J].高分子材料科学与工程,2015,31(4):121-126.
Kuang Tangqing, Deng Yang, Yu Chuncong, et al. Water penetration during short-shot water-assisted injection molding process[J]. Polymer Materials Science & Engineering, 2015, 31(4):121-126.
- [6] Mikell K. Water injection molding makes hollow parts faster lighter[J]. Plastics Technology, 2002, 48:42-47.
- [7] Kuang Tangqing, Liu Tian, Feng Qiang, et al. Fluid-powered projectile-assisted injection molding: Principles and developments[J]. International Polymer Processing, 2020(1):1-15.
- [8] 宋满仓,王敏杰,赵丹阳.水辅助注射成型技术的发展[J].塑料科技,2004(1):7-10.
Song Mancang, Wang Minjie, Zhao Danyang. Development of water-assisted injection molding[J]. Plastics Science and Technology, 2004(1):7-10.
- [9] Hopmann C, Michaeli W, Gründler M, et al. Process development of the projectile injection technique[C]. Boston: Annual Technical Conference of the Society of Plastics Engineers 2011:1 706-1 710.
- [10] Hopmann C, Recht U. Manufacturing of fiber-reinforced, elastomeric parts using the injection moulding process[C]. Orlando: Annual Technical Conference of the Society of Plastics Engineers, 2015:1 728-1 732.
- [11] 刘文文,匡唐清,赖德炜,等.管件流体-弹头辅助注射成型实验初步研究[J].塑料工业,2016,44(11):138-142.
Liu Wenwen, Kuang Tangqing, Lai Dewei, et al. Preliminary experimental investigation on the fluid-projectile-assisted injection molding pipes[J]. China Plastics Industry, 2016, 44(11):138-142.
- [12] 杨帆,匡唐清,刘文文,等.水驱动弹头辅助注塑弯管的壁厚分布[J].高分子材料科学与工程,2017,33(11):112-118.
Yang Fan, Kuang Tangqing, Liu Wenwen, et al. Distribution of residual wall thickness of water-projectile-assisted injection molding pipes with curved sections[J]. Polymer Materials Science & Engineering, 2017, 33(11):112-118.
- [13] 匡唐清,赖德炜,潘俊宇,等.水驱动弹头辅助注塑管件残余壁厚的工艺影响[J].高分子材料科学与工程,2018,34(12):106-111.
Kuang Tangqing, Lai Dewei, Pan Junyu, et al. Effects of processing method and parameters on the residual wall thickness of water-projectile-assisted injection molding pipes[J]. Polymer Materials Science & Engineering, 2018, 34(12):106-111.
- [14] Kuang Tangqing, Pan Junyu, Feng Qiang, et al. Residual wall

的斜面与螺柱的轴线平行,巧妙地解决了倾斜螺柱的脱模问题;为保证产品在顶出时的平衡性,设计成一模两腔,保证了模具受力的稳定性,从而确保模具自动化注塑生产的可靠性^[15]。针对产品的结构,通过设计一套效果良好的排气系统、定位系统、顶出系统、冷却系统,降低产品的注塑周期,提高合格率。用该模具生产的产品具有成型快、表面缺陷少、变形小、水口料浪费少等优点,现正在正常生产,经生产证明,该模具生产效率高,结构设计合理,模具使用寿命长。

参考文献

- [1] 张维合,邓成林. 汽车注塑模具设计全图解教程[M]. 北京:化学工业出版社,2017.
Zhang Weihe, Deng Chenglin. Automotive injection mold design full graphic tutorial[M]. Beijing:Chemical Industry Press,2017.
- [2] 李恩田,刘光虎. 精密模具设计与制造[M]. 北京:科学出版社,2014.
Li Entian, Liu Guanghu. Precision die design and manufacturing[M]. Beijing:Science Press,2014.
- [3] 高奇,李卫民. 汽车气囊支架模流分析与注塑模具设计研究[J]. 塑料工业,2018,46(4):63-66.
Gao Qi, Li Weimin. Moldflow analysis and injection mold design of airbag holder[J]. China Plastics Industry,2018,46(4):63-66.
- [4] 张维合. 汽车中央通道主体大型注塑模具设计[J]. 中国塑料,2017,31(5):92-97.
Zhang Weihe. Design of large-sized injection molds for main bodies of auto central channels[J]. China Plastics,2017,31(5):92-97.
- [5] 吴炳进. 声呐面罩壳八滑块六次抽芯复合机构注塑模具设计[J]. 中国塑料,2019,33(6):117-126.
Wu Bingjin. Design of injection mold for six-time core-pulling composite mechanism of eight sliders of sonar surface shell[J]. China Plastics,2019,33(6):117-126.
- [6] 刘鑫,郭恒亚,黄明. 汽车挡风玻璃装饰条对射式双色注塑模具设计[J]. 中国塑料,2019,33(10):100-104.
Liu Xin, Guo Hengya, Huang Ming. Design of opposite-type bicolor injection mold for automotive windshield decoration strip[J]. China Plastics,2019,33(10):100-104.
- [7] 费晓瑜,郑伟. 汽车车灯边框薄壁件多向侧抽芯注塑模具设计[J]. 工程塑料应用,2020,48(10):80-85.
Fei Xiaoyu, Zheng Wei. Design of injection mould with multi-directional side core pulling for thin wall plastic parts of automobile lamp frame[J]. Engineering Plastics Application,2020,48(10):80-85.
- [8] 傅莹龙,褚建忠,邵明朝. 高光后盖热流道注塑模具结构设计[J]. 工程塑料应用,2020,48(3):104-108.
Fu Yinglong, Chu Jianzhong, Shao Mingchao. Design of hot runner injection mold structure for high gloss back cover[J]. Engineering Plastics Application,2020,48(3):104-108.
- [9] 曹勇. 便携式定位器面壳内抽芯注塑模具设计[J]. 塑料,2019,48(4):82-86.
Cao Yong. Design of injection mold for inner core of portable locator[J]. Plastics,2019,48(4):82-86.
- [10] 王建玲,王永瑛. 淋浴房排水连接件注塑模设计[J]. 塑料,2019,48(5):124-127.
Wang Jianling, Wang Yongying. Design on injection mold for shower room drainage connector[J]. Plastics,2019,48(5):124-127.
- [11] 欧阳波仪. 遥控器一模三件组合注塑模设计[J]. 塑料工业,2018,46(2):45-49.
Ouyang Boyi. Design of the combined injection mold of one-mold with three-piece for remote control[J]. China Plastics Industry,2018,46(2):45-49.
- [12] 闫冈,宋杰,刘鹏厚,等. 味精瓶铰接瓶盖八次开模九次脱模注塑模具设计[J]. 工程塑料应用,2020,48(4):69-74.
Yan Min, Song Jie, Liu Penghou, et al. Design of injection mold with 8 times opening and 9 times demoulding for aginomoto bottle hinged cap[J]. Engineering Plastics Application,2020,48(4):69-74.
- [13] 易忠奇,贺柳操. 汽车雨挡导流片浮顶式侧抽芯机构注射模设计[J]. 中国塑料,2020,34(5):97-101.
Yi Zhongqi, He Liucuo. Design of injection mold with floating roof side core-pulling mechanism for rain deflector[J]. China Plastics,2020,34(5):97-101.
- [14] 金济民,金泽雄. 轿车进气歧管成型工艺与成套注塑模具设计[J]. 塑料科技,2020,48(3):89-95.
Jin Jimin, Jin Zexiong. Design of molding process and complete injection mold for car intake manifold[J]. Plastics Science and Technology,2020,48(3):89-95.
- [15] 闫竹辉,刘斌. 多种抽芯机构的汽车内门把手座注塑模设计[J]. 工程塑料应用,2020,48(1):76-80.
Yan Zhuhui, Liu Bin. Design of injection mold for car interior door handle with various core pulling mechanisms[J]. Engineering Plastics Application,2020,48(1):76-80.
- (上接第91页)
- thickness of water-powered projectile-assisted injection molding pipes[J]. Polymer Engineering & Science,2019,59(2):295-303.
- [15] Kuang Tangqing, Feng Qiang, Liu Tian, et al. Numerical Simulation on the penetration behavior of the projectile during the water-injection stage of water projectile assisted injection molding process[J]. Advances in Polymer Technology,2020(9):1-15.
- [16] Tomoyoshi S, Minoru O, Hiroki K. Method of manufacturing hollowed:US,20120068388[P]. 2012-03-22.