

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2020.08.013

免喷涂金属质感改性塑料成型工艺优化

吴掣,余俊宝,杨亚娣

(会通新材料股份有限公司,合肥 231202)

摘要:针对金属质感免喷涂改性塑料在实际应用过程中常存在的熔接线及流痕问题,从注塑工艺角度对免喷涂金属质感改性塑料外观缺陷进行了优化验证研究。结果表明,提升注塑温度、降低注塑速度对流痕和熔接线有改善作用,但同时要兼顾低速注塑条件下易出现的欠注风险,对于复杂结构制件要注重分段多级注塑的验证;提高模具温度可以大大减弱流痕和熔接线,其中模具急冷急热技术是较好的改善手段;对于孔洞结构,常规的加工工艺改善措施对流痕及熔接线只有一定的缓解作用,无法根除,而模内切技术以其独特的加工过程,能实现孔洞结构流痕和熔接线的完美消除,是孔洞结构缺陷解决的有力方案;应尽量减少模具浇口的数量,如果无法规避,应根据制件结构适当调整浇口排布,通过顺序进胶方式将流痕和熔接线规避或是赶至制件非外观面。

关键词:免喷涂金属质感塑料;熔接线;流痕;低剪切;膜内切;顺序进胶

中图分类号:TQ32 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-3539(2020)08-0071-06

Optimization of Molding Process for Spray-Free Metallic Plastics

Wu Luo, Yu Junbao, Yang Yadi

(Orinko Advanced Plastic Co., Ltd., Hefei 231202, China)

Abstract : In order to solve the problems of weld line and flow mark in the practical application of spray-free metallic plastics, the apparent defects were optimized and verified from the perspective of injection molding technology. The results show that improving injection temperature and reducing injection speed have improvement effects on weld line and flow mark, but at the same time, the risk of short shot is easy to occur under the condition of low speed injection molding. It is necessary to pay attention to the verification of multistage injection molding for complex structural parts. Increasing the mould temperature can greatly reduce the flow mark and weld line, and the mould quick cooling and heating technology is a better way. For the hole structure, the conventional process improvement measures can only alleviate the convective marks and weld line, but cannot be eradicated. However, with its unique processing process, the in-die cutting technology can realize the perfect elimination of the flow mark and weld line of the hole structure, which is a powerful solution for the defects of the hole structure. The number of die sprue should be reduced as far as possible. If it cannot be avoided, the sprue arrangement should be adjusted appropriately according to the structure of the workpiece, and the flow mark and weld line should be avoided or rushed to the non-external surface of the workpiece by means of sequential glue feeding.

Keywords : spray-free metallic plastics ; welding line ; flow mark ; low shear force ; in-die cutting ; sequential injection

随着人们家电消费理念的改变,基本功能的满足已不再是消费者选购家电时的唯一衡量标准,外观个性化、新颖性逐渐成为消费者购买家电时考虑的重要因素^[1]。从近几年的家电博览会上可看出家电的这种发展趋势,如美的空调的“AIR 空间站”系列、格力空调的“I 铂”系列、海尔“卡萨帝”系列、苏

泊尔球釜电饭煲系列等,通过对比这些产品外观不难发现,个性化、定制化、智能化和美学性的完美结合必将成为今后家电发展的主要趋势^[2]。其中,外观设计金属质感效果应用非常多,而且是整个外观色彩提升的点睛之笔。

金属质感外观效果的实现方面,传统的制造工

通讯作者: 吴掣,工程师,主要研究方向为塑料改性 E-mail: wuluo1429@163.com

收稿日期: 2020-06-10

引用格式: 吴掣,余俊宝,杨亚娣. 免喷涂金属质感改性塑料成型工艺优化[J]. 工程塑料应用,2020,48(8):71-76,86.

Wu Luo, Yu Junbao, Yang Yadi. Optimization of molding process for spray-free metallic plastics[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(8):71-76,86.

艺或是直接进行钢板冲压与喷涂,亦或是常规塑料坯件进行喷涂、电镀、水转印等。但这些工艺一方面工序复杂,生产成本低,且产品容易出现掉漆露底;另一方面喷涂加工过程中容易对环境产生污染,危害健康^[3];再者这些产品的回收难度非常大,产品报废后通常直接丢弃或焚烧,会对环境造成更大的负担^[4-6]。可以预判由于成本和环保的双重压力,这些工艺会逐渐被边缘化。而将金属效果粉体直接融入塑料的一次成型金属质感免喷涂改性塑料将会成为家电市场外观材料的新宠^[7],该材料由于没有涂料、油漆的使用,一次注塑成型,材料可回收利用,能够解决传统工艺成本和环保上的问题。现有塑料制件替代金属或喷涂制件的短板在于塑料制件难以克服成型缺陷,主要是流痕和熔接线等外观缺陷。

免喷涂金属质感改性塑料主要是基体树脂与金属质感粉体的组合,其中常用的金属质感粉体包括铝粉、珠光粉、铜粉、玻片、金葱粉等,金属质感粉体多为极薄的片状结构^[4,8-9],这种片状结构对光具有极强的反射作用,所以宏观呈现出良好的金属质感效果。由于制件结构和模具的设计原因,在制件注塑充填过程中出现两股或多股料流交汇处会出现如下现象^[10-11]:(1)金属片状粉体取向在料流汇合面由平行流动方向变为垂直流动方向;(2)由于拉伸卷曲作用,会使得汇合面处熔体变稀,其中金属粉体也会变稀;(3)汇合料流前峰之间的气体无法完全排出,会形成一个“V”字形气穴槽。料流汇合前后金属粉分布如图1所示。在以上三点的共同作用下,

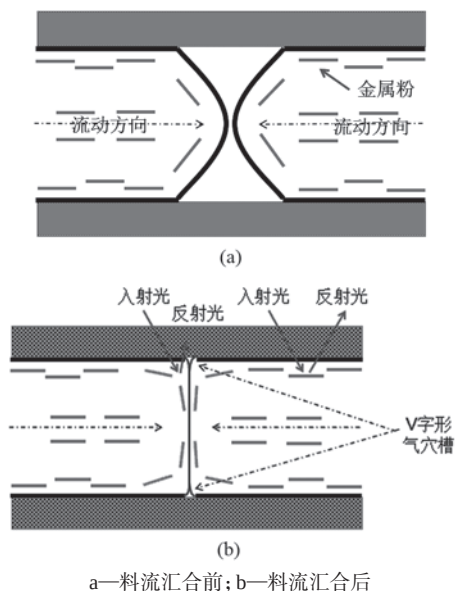


图1 金属质感改性塑料料流汇合前后金属粉分布示意图

汇合处金属粉体的反射性急剧下降,形成宏观目视上的暗线,即熔接线。其中,汇合处片状金属粉体的取向改变是形成熔接线的根本原因,同时也为如何消除熔接线提供了改善思路。熔接线的形成方式主要包括以下几个方式^[12]:一种是料流从不同浇口进入型腔,料流前锋迎头汇合形成熔接线;一种是制件中存在孔洞、凹坑或是镶件等结构,导致同股料流前沿分开后又重新汇合形成的熔接线;一种是由于浇口或是型腔横截面积较小,料流通过时流速过快,熔体前沿出现喷射造成的无规则熔接线。

流痕形成机理如图2所示,由于制件结构和模具设计原因,在制件注塑充填过程中料流前锋流向突然发生变化时,会导致片状金属质感粉体在此处排列上的取向也随之发生变化,取向变化会导致此处反射光强度和方向都发生改变,形成流痕^[11]。流痕常发生于浇口、壁厚突变、经纬、螺钉柱等结构处。

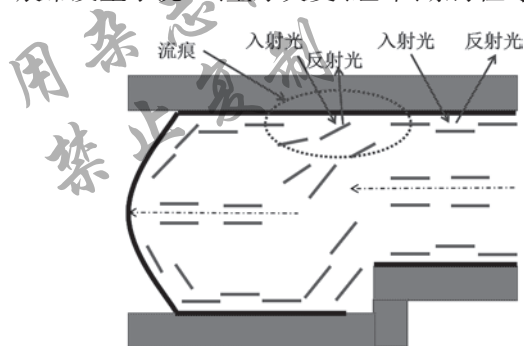


图2 金属质感改性塑料料流痕形成示意图

熔接线和流痕是金属质感改性塑料制品注射成型过程中最头痛的外观缺陷。不仅影响制品的外观质量,更是损害制品的力学性能,特别是熔接线对材料的韧性及强度都有极大的衰减^[13-14]。因此,研究分析金属质感改性塑料制品成型过程中熔接线及流痕形成的条件及影响因素,找出改善甚至消除其产生的方法,对提升金属质感材料注塑件质量,扩大其使用范围具有十分重要的意义^[15]。

笔者长期从事免喷涂美学材料改性研究工作,着重进行了免喷涂金属质感改性塑料表面缺陷消除应用的技术开发。为了更好地应用金属质感改性塑料,使其外观特点和优势在客户产品外观设计中得到充分发挥及应用,研究过程中从材料配方、加工工艺、模具结构设计等方面全面对其在成型过程中遇到的熔接线及流痕缺陷进行分析改善。现重点介绍成型加工工艺方面的优化改善研究。

常规塑料加工过程中,工艺的影响非常重要,

而免喷涂金属质感改性塑料由于流痕和熔接线的影响,对加工工艺的要求更加严苛。需要说明的是,由于挤出加工工艺(包括螺杆组合)主要是影响金属粉体的粒径及分散,对于后续产品的外观缺陷影响相对较小,所以研究的重点放在注塑成型加工工艺的优化上。

1 实验部分

1.1 主要原材料

ABS 树脂: 121H, LG 化学公司;

抗氧剂: 1010, 168, 天津利安隆新材料股份有限公司;

光稳定剂: UV-P, 天津利安隆新材料股份有限公司;

润滑剂: EBS, 苏州联胜化学有限公司;

金属质感粉体: TH-718, 合肥旭阳铝颜料有限公司。

1.2 主要仪器和设备

平行双螺杆挤出机: KY-lab 型, 科亚装备集团;

注塑机: MJ55 型, 震德塑料机械有限公司;

缺陷验证板模具: Orinko-QX 型, 自制。

1.3 试样制备

材料的改性加工及成型验证过程如下:

(1) 将一部分基材树脂与抗氧剂、光稳定剂、润滑剂充分干燥并预混, 从主喂料口加入;

(2) 将另一部分树脂与金属质感粉体充分干燥并预混, 从侧喂料口加入(金属质感粉体片状结构较脆, 不耐螺杆剪切, 所以需单独分出, 走侧喂);

(3) 调整合适工艺, 经双螺杆挤出机挤出成条;

(4) 料条经水冷及风冷冷却, 并经切粒、过筛得到金属质感免喷涂改性塑料粒子, 粒子长度在 3 mm 左右;

(5) 将免喷涂金属质感改性塑料粒子经注塑成型制备所需外观制件。

2 结果与讨论

2.1 注塑速度和注塑温度验证

流痕及熔接线形成的根本原因是片状金属质感粉体的取向变化导致。从图 1、图 2 可以看出, 片状金属粉体的取向和剪切应力的取向近似平行, 所以其取向的改变与注塑填充过程中剪切应力改变(大小与方向)是息息相关的。因此通过工艺控制剪切应力来改善流痕及熔接线是可行的。塑料填充过程中的剪切应力与材料黏度(与材料温度直接相关)及剪切速率(与注塑速度直接相关)成正相关, 因

此将验证的重点放在注塑工艺中的注塑温度和注塑速度上。图 3 中塑料制件是专门设计的验证工艺参数的“缺陷验证板”, 验证板上平板结构具有一个深度可调节的凹坑结构, 凹坑壁厚 $l=0.7L$ (L 为平板壁厚), 料流从浇口流向凹坑的过程中, 会在凹坑后面形成两条熔接线。

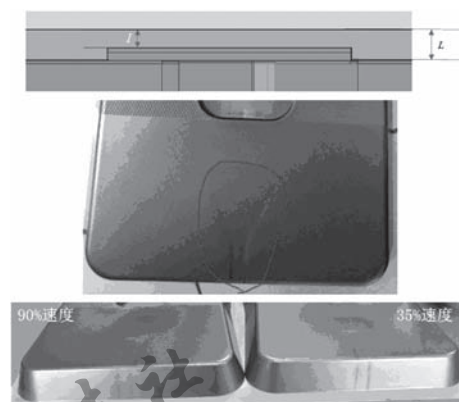
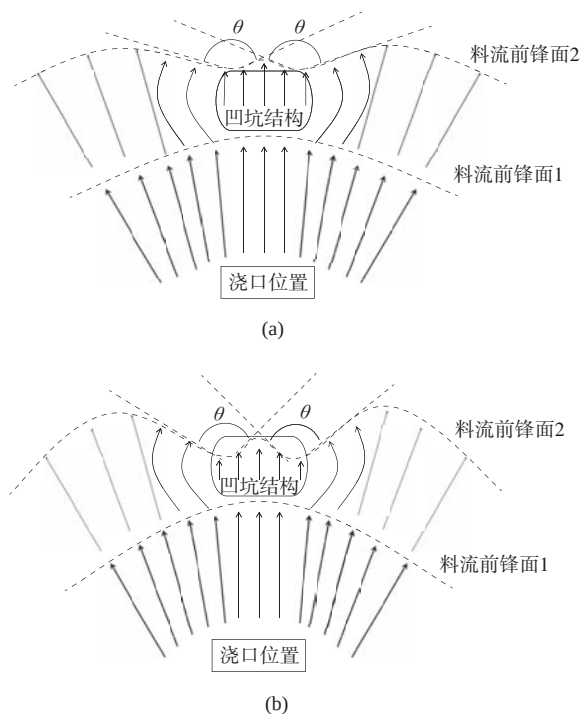


图3 不同注塑条件下缺陷验证板凹坑后熔接线照片

不同注塑工艺熔接线的表现不同, 低的塑化温度(常规塑化温度)+ 低的注塑速度下比在高的塑化温度+ 高的注塑速度下凹坑后面的熔接线会更突显。虽然两种工艺下, 片状金属粉体所受的剪切力相差不大, 但两种工艺会表现出不同的流动状态, 如图 4 所示, 高温高速注塑的料流前锋在凹坑后面

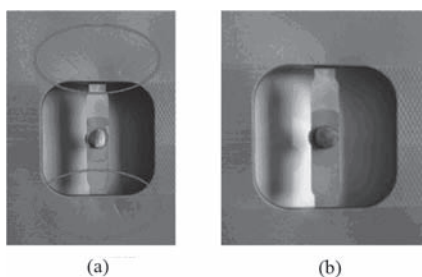


a—高温高速; b—低温低速

图4 不同注塑条件下凹坑处料流前锋示意图

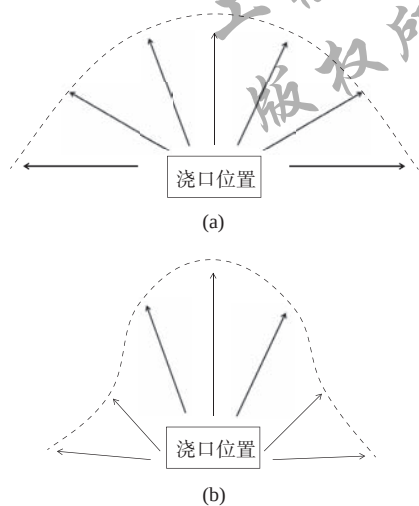
形成的夹角会更大,这种条件下汇合线处的片状粉体会由于汇合夹角增大和前锋冷却较慢导致片状金属粉体的取向相对轻微,宏观表现熔接线颜色更浅。

图5给出了制件浇口处不同注塑条件下的流痕表现情况,其与凹坑熔接线状况有所不同。低温高速的注塑条件下,浇口处的流痕更加严重(图5a),提高温度降低速度后浇口处流痕消除(图5b)。图6给出了浇口处料流前锋示意图。在低温高速的注塑工艺下,常规的扇形流动前锋会发生形变,在流动一定距离后,在扇形上方及底边之间会有轻微滞留出现,导致此处的片状金属粉体取向发生轻微变化,出现流痕。



a—低温高速(10%速度);b—高温低速(5%速度)

图5 不同注塑条件下浇口处流痕照片



a—高温低速;b—低温高速

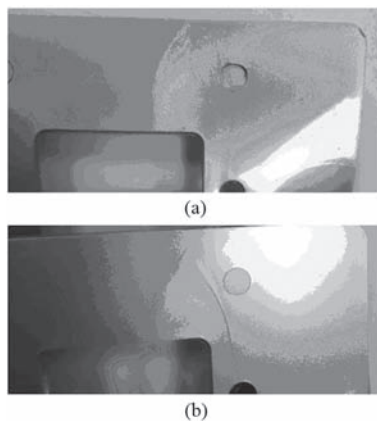
图6 不同注塑条件下浇口处料流前锋示意图

通过以上验证方案可以看到,流痕和熔接线的减弱不是绝对的,要跟据实际情况具体分析,且需要注意的是,实际的制件往往比较复杂,单段注塑工艺无法完全解决所有问题,所以要注意分段注塑,采用多种注塑工艺相结合的方法进行调整。

2.2 模具温度验证

在注塑工艺参数中,模具温度的控制对产品外

观质量的影响非常显著,特别是金属质感免喷涂材料,光泽度高低、熔接线和流痕的深浅都直接受模具温度影响。一般模具温度越高,产品光泽度越好,熔接线和流痕越不明显。目前常用的加模温的方法有恒温加热和急冷急热两种^[16-21]方式。恒温加热采用的加热媒介多为水(低温型,150℃以下)或者导热油(高温型,350℃以下),这种恒温加热方式虽然能达到很高的模温,具有减弱流痕和熔接线的作用,但由于提高温度后,制件的冷却时间变得非常长,所以一般不会使用太高的模温,对于实际的应用往往模温控制在70~90℃,在这种温度下,虽然材料的光泽度已经比较高,但制件的流痕和熔接线缺陷却很难得到改善。急冷急热模温成型技术是一种新的模温控制技术,应用在免喷涂美学材料上可以起到事半功倍的效果。其原理是:急冷急热设备在注塑前让模温快速升至塑料的玻璃化转变温度以上(常用加热手段有蒸汽加热、红外加热和电加热),注塑结束后快速降低模温至常温,在注塑的过程中由于模壁温度高于塑料的玻璃化转变温度,模壁处制件表面塑料可以维持在高弹态,此状态下有助于取向异变的片状金属粉体微调取向,减弱与大部分粉体取向的差异,实现流痕和熔接线的减弱甚至完全消除,而且此工艺可以增强产品表面光泽度,甚至达到镜面级别,提高产品表面金属质感和防刮性能。图7为不同模温下制件表面的流痕及熔接线形态,可以清楚看到,150℃高模温下材料表面不仅光泽度大大提升,孔洞后面的熔接线及流痕也极淡。



a—150℃模温;b—50℃模温

图7 不同模温条件下注塑的高光熔接线验证板照片

2.3 其它工艺(模内切、多浇口顺序进胶)验证

从上述分析可以看到,常规工艺的调整优化只能在一定程度上减弱流痕和熔接线,特别是带有孔

洞结构的产品熔接线,改善作用更加有限。所以如何规避孔洞结构或是改变孔洞结构处流动方式才是解决之道。模内切技术可实现孔洞结构产品熔接线问题的完美解决^[22-25]。模内切系统工作原理如下:当注塑机开始生产产品,模具闭合后开始注塑(此时材料处于软的流动态),于此同时行程开关传递信号给切刀时序控制器,时序控制器开始计时,待射胶完成——保压开始(此时材料仍处于柔软态)——保压完成(此时材料已基本无法流动,但仍有相当好的柔软度)后,时序控制器控制输出高压油给油缸,油缸推动切刀,完成制件切除部分与基体部分的分离,当模具开模前2~3 s,时序控制器控制泄压,油缸压力降低为零,切刀在归位弹簧作用下回复初始位置,模具开模,取出制件,此时切除部分与制件分离,整个切除动作在开模前模内自动完成^[26]。

图8给出了采用模内切技术解决浇口处孔洞熔接线问题的验证,图8a是常规浇口注塑,在孔洞的两边各有一条熔接线,工艺无法消除;图8b通过采用轮辐式浇口设计,可以完全消除两边的熔接线,但浇口去除需额外增加工序;图8c中通过做轮辐式浇口设计+模内切技术可以完全消除两边的熔接线。

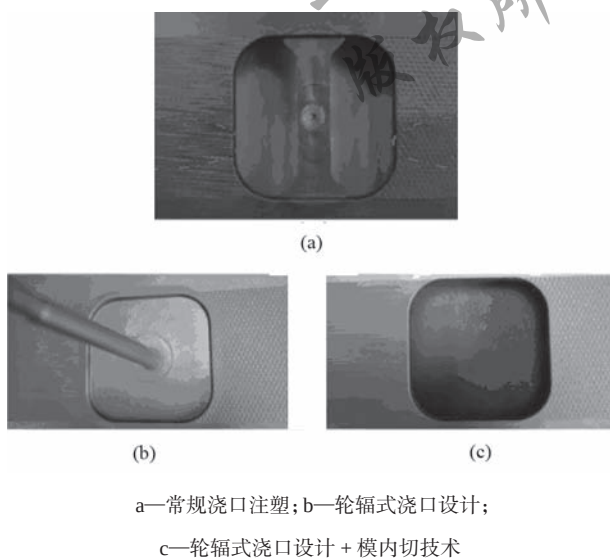
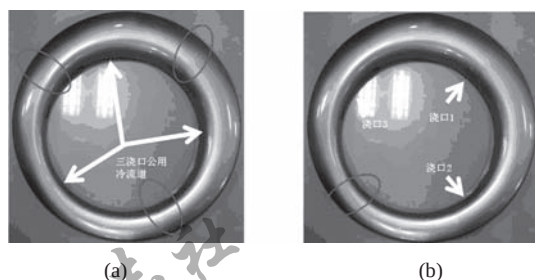


图8 轮辐式浇口+模内切工艺注塑的高光熔接线验证板照片

除了孔洞结构熔接线规避较困难外,在实际制件注塑过程中,还常常遇到多浇口注塑案例。在常规材料注塑过程中,由于颜色的原因,形成的熔接线目视往往看不到,所以熔接线的问题往往被忽略,对应的其工艺范围会宽很多。但是对于免喷涂金属质感改性塑料来说,多浇口注塑过程中表现缺陷非常

容易显现,图9a是洗衣机门外圈,制件有三个浇口,但这三个浇口共用一个主冷流道,充填时三浇口同时进胶,所以注塑填充后制件上会形成三条熔接线,通过工艺无法消除。通过更换进胶方式,三个共冷流道浇口改成三个相互独立控制进胶的热流道浇口,如图9b所示,熔接线情况会有很大改观。通过时序法控制,点浇口1(也是主浇口)先进胶,待料流流过浇口2和浇口3后,再开启这两个浇口,可以实现熔接线数量的减少(三条熔接线减少到一条)。



a—三个浇口共用一个主冷流道;b—三个分立浇口

图9 洗衣机门外圈不同进胶工艺制备制件图片

3 结论

(1) 在注塑过程中塑化温度及注塑速度的选择因结构的不同要灵活调整。但一般结构情况下,降低流体剪切应力对流痕和熔接线有改善作用,所以注塑过程中在保证材料受热稳定的情况下,尽量使用高塑化温度和低的注射速度,但同时得兼顾低速注塑条件下易出现的欠注风险,对于复杂结构制件,要注重分段多级注塑的验证,往往可以取得很好的效果。

(2) 高模具温度对流痕及熔接线起正作用,提高模具温度可以大大减弱流痕和熔接线,传统的恒温加热在提升温度的同时会带来注塑加工周期的延长,所以实际生产价值不大;急冷急热变模温技术完美解决了高模温和长加工周期的矛盾,对免喷涂金属质感材料缺陷问题的解决是非常合适的加工技术手段。

(3) 对于孔洞结构,常规的加工工艺改善措施对流痕及熔接线只有一定的缓解作用,无法根除。模内切技术以其独特的加工过程,实现塑料制品的模内软切除,能完全实现孔洞结构流痕和熔接线的消除,可以说是目前孔洞结构缺陷解决的有力方案。

(4) 对于金属质感改性塑料制品,应尽量减少浇口的数量,如果无法规避,应根据制件结构适当调整浇口排布,通过顺序进胶方式将流痕和熔接线规避或是赶至制件非外观面。

参考文献

- [1] 张臣. 我国改性塑料的发展趋势及热点分析[J]. 合成材料老化与应用, 2010, 39(1):34-38.
- Zhang Chen. Analysis in development trend and study focus of modified plastics[J]. Synthetic Materials Aging and Application, 2010, 39(1):34-38.
- [2] 塑料制造编辑部. 塑料行业呼唤免喷塑料产品问世[J]. 塑料制造, 2015(9):51.
- Editorial Department of Plastics Manufacture. Plastic industry calls for spray-free plastic products[J]. Plastics Manufacture, 2015(9):51.
- [3] 孟征, 孙兆懿, 贺芳, 等. 高光免喷涂 ABS/PMMA 合金研究进展[J]. 工程塑料应用, 2016(2):134-139.
- Meng Zheng, Sun Zhaoyi, He Fang, et al. Advance in research of ABS/PMMA alloy with high-gloss and free-spraying[J]. Engineering Plastics Application, 2016(2):134-139.
- [4] 董前年, 张彩云, 徐瞳瞳, 等. 铝颜料的分类及其在塑料行业中应用概述[J]. 山东化工, 2015(15):95-98.
- Dong Qiannian, Zhang Caiyun, Xu Tongtong, et al. The classification of aluminum pigments and its application in plastics industry[J]. Shandong Chemical Industry, 2015(15):95-98.
- [5] 莫荣强, 雷春堂. 家电壳体用高分子材料及其应用技术的发展趋势[J]. 塑料工业, 2019(2):6-10.
- Mo Rongqiang, Lei Chuntang. Development trend of polymer materials and application for household appliances shell[J]. China Plastics Industry, 2019(2):6-10.
- [6] 王斌, 周霆, 董建廷, 等. 不同加工工艺对 ABS 金属闪光效果影响的研究[J]. 工程塑料应用, 2010, 38(10):40-43.
- Wang Bin, Zhou Ting, Dong Jianting, et al. Study on effect of processing conditions on metallic flashing color of ABS[J]. Engineering Plastics Application, 2010, 38(10):40-43.
- [7] 林洁龙, 杨波, 丁正亚, 等. 免喷涂外观美学树脂的应用[J]. 工程塑料应用, 2016, 44(10):36-40.
- Lin Jielong, Yang Bo, Ding Zhengya, et al. Applied of paint-free resin with aesthetics exterior[J]. Engineering Plastics Application, 2016, 44(10):36-40.
- [8] 刘瑾, 胡先海, 陈敬之. 水性铝颜料的制备工艺研究[J]. 新技术新工艺, 2008(9):83-86.
- Liu Jin, Hu Xianhai, Chen Jingzhi. Study on the preparation technology of water-based aluminum pigment[J]. New Technology & New Process, 2008(9):83-86.
- [9] Hashizume Y, Nakao T. Aluminum pigment, process for its production and resin composition containing the same:6602339[P]. 2003-08-05.
- [10] 梁耀文, 张军, 胡新国. 免喷涂材料浅析及在冰箱的应用研究[C]. 2017年中国家用电器技术大会论文集, 2017.
- Liang Yaowen, Zhang Jun, Hu Xinguo. Study on the application of free-painting material in refrigerator[C]. Proceedings of 2017 China Household Electrical Appliances Technology Conference, 2017.
- [11] 周启花, 张杨, 雷明辉. 免喷涂材料及其应用概述[J]. 广东化工, 2019, 46(16):94-96.
- Zhou Qihua, Zhang Yang, Lei Minghui. Overview of spray-free materials and their applications[J]. Guangdong Chemical Industry, 2019, 46(16):94-96.
- [12] 闵成勇. 铝粉填充改性 ABS 树脂复合材料的研究[D]. 广州: 广东工业大学, 2013:72-76.
- Min Chengyong. Research on modified ABS composites with aluminum powder filling[D]. Guangzhou:Guangdong University of Technology, 2013:72-76.
- [13] Maldumera S C, Manisali A I, Riggs D C. Weld line structures and properties in injection molded polypropylene[J]. Polymer Engineering & Science, 1981, 21(17):1 149-1 155.
- [14] Patcharaphun S, Jariyatammanukul P. The effect of thickness on the weld-line strength of injection molded thermoplastic composites[J]. Polymer Plastics Technology and Engineering, 2010, 49(13):1 305-1 309.
- [15] 钱欣, 金杨福. 塑料注塑制品缺陷与 CAE 分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2010.
- Qian Xin, Jin Yangfu. Defects of plastic injection products and CAE analysis[M]. Beijing:Chemical Industry Press, 2010.
- [16] Wang Guilong, Zhao Guoqun, Li Haiping, et al. Analysis of thermal cycling efficiency and optimal design of heating / cooling systems for rapid heat cycle injection molding process[J]. Materials & Design, 2010, 31(7):3 426-3 441.
- [17] 张杨. 注射成型高光制品的结构优化研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2011.
- Zhang Yang. Research on structure optimization of the high-gloss parts by injection molding[D]. Nanchang:Nanchang University, 2011.
- [18] 张鹏, 程永奇, 宋财福. 高光注射成型及其关键技术[J]. 工程塑料应用, 2009, 37(4):31-34.
- Zhang Peng, Cheng Yongqi, Song Caifu. Rapid heat cycle molding for high glossy product and its key technology[J]. Engineering Plastics Application, 2009, 37(4):31-34.
- [19] 谢玲珍. 蒸汽高光注塑模具设计方法及疲劳寿命研究[D]. 济南: 山东大学, 2011:4-8.
- Xie Lingzhen. Research of design and fatigue life for steam rapid heating cycle injection mold[D]. Jinan:Shandong University, 2011:4-8.

- 2016:38-42.
- [9] 李海梅,高峰,申长雨. 注塑制品常见的缺陷及对策[J]. 工程塑料应用,2003,31(4):48-51.
- Li Haimei, Gao Feng, Shen Changyu. Common defects of the injection molded parts and the countermeasures[J]. Engineering Plastics Application, 2003, 31(4):48-51.
- [10] 张伟国,李世国,酆洪源. 注塑件缺陷分析及结构设计解决方案[J]. 工程塑料应用,2007,35(1):73-77.
- Zhang Weiguo, Li Shiguo, Li Hongyuan. Analysis on defects of injection case and its structural design solution[J]. Engineering Plastics Application, 2007, 35(1):73-77.
- [11] 高晓范,刘波,万松. 增强聚醚醚酮衬套的精密注塑成型[J]. 塑料科技,1998(1):18-21.
- Gao Xiaofan, Liu Bo, Wan Song. Exact forming of injection of the bush of reinforced PEEK/CF[J]. Plastics Sci & Technology, 1998(1):18-21.
- [12] 汪斌华,于杰,罗筑,等. 注塑件熔合缝缺陷分析[J]. 工程塑料应用,2000,28(7):15-17.
- Wang Binhua, Yu Jie, Luo Zhu, et al. Analysis of knit-lines in one kind of injection-molded parts[J]. Engineering Plastics Application, 2000, 28(7):15-17.
- [13] 赵付宝,王从科,张友强,等. DR在聚醚醚酮注射制品缺陷检测中的应用[J]. 工程塑料应用,2016,44(10):112-115.
- Zhao Fubao, Wang Congke, Zhang Youqiang, et al. Application of digital radiography on testing defects in polyetheretherketone injection products[J]. Engineering Plastics Application, 2016, 44(10):112-115.
- [14] 傅微波,王敏杰,于同敏. PEEK厚壁管注塑成型缺陷分析及解决对策[D]. 大连:大连理工大学,2015:40-45.
- Fu Huibo, Wang Minjie, Yu Tongmin. Analysis and solutions on injection molding defects of PEEK thick-walled tube[D]. Dalian:Dalian University of Technology, 2015:40-45.
- [15] 许群芳. 汽车注塑件典型缺陷及优化方法[J]. 内燃机与配件,2017(16):57-58.
- Xu Qunfang. Typical defects and optimization methods of automobile injection parts[J]. Internal Combustion Engine & Parts, 2017(16):57-58.
- [16] 陈东明,阮诗伦. 带金属嵌件PEEK注塑制品的仿真分析与工艺优化[D]. 大连:大连理工大学,2017:3-6.
- Chen Dongming, Ruan Shilun. Simulation analysis and process optimization of PEEK injection molding products with metal-inserts[D]. Dalian:Dalian University of Technology, 2017:3-6.
- (上接第76页)
- [20] 李熹平,赵国群,管延锦,等. 快速热循环注塑模具加热与冷却过程分析及其结构优化设计[J]. 塑性工程学报,2009,16(1):196-201.
- Li Xiping, Zhao Guoqun, Guan Yanjin, et al. Analysis and optimal design of heating and cooling process for rapid heating cycle injection mold[J]. Journal of Plasticity Engineering, 2009, 16(1):196-201.
- [21] 王桂龙,赵国群,李辉平. 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.
- Wang Guilong, Zhao Guoqun, Li Huiping. Study of variotherm injection molding technology and analysis on its application[J]. Modern Chemical Industry, 2009, 29(2):24-27.
- [22] 陈爱平. 注塑模具模内自动剪浇口技术[J]. 工程塑料应用,2013,41(1):62-64.
- Chen Aiping. Technology of cutting gate inner mould automatically for injection mould[J]. Engineering Plastics Application, 2013, 41(1):62-64.
- [23] 罗孝辉. 模内热切在汽车外饰塑件上的研究与应用[J]. 模具工业,2016,42(3):58-64.
- Luo Xiaohui. Research and application of hot cutting in mould for vehicle exterior plastic parts[J]. Die & Mould Industry, 2016, 42(3):58-64.
- [24] 陈红波,李小龙. 自动切除平板电视面框侧浇口废料的注射模设计[J]. 模具制造,2009(12):51-52.
- Chen Hongbo, Li Xiaolong. Design of auto-sheared injection mold for edge gate of FPD cabinets[J]. Die Mould Manufacture, 2009(12):51-52.
- [25] G. 曼格斯, P. 默兰. 塑料注射成型模具的设计与制造[M]. 李玉泉译. 北京:中国轻工业出版社,1993.
- Menges G, Mohren P. Injection mold design and manufacturing [M]. Translated by Li Yuquan. Beijing:China Light Industry Press, 1993.
- [26] 郭钜文. 使用模内热切技术改善家电注塑产品的浇口分离效果及其自动化[J]. 家电科技,2018(1):77-79.
- Guo Juwen. Using hot cutting in mould technology to improve the separation effect of gating and its automation[J]. Journal of Appliance Science & Technology, 2018(1):77-79.