

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2019.05.020

汽车活动接触座注塑件镶拼式侧抽芯注塑模具设计

梅益, 鄢天灿, 李亚勇, 吴巧, 甘盛霖, 杨幸雨

(贵州大学机械工程学院, 贵阳 550025)

摘要: 以内部结构复杂的汽车活动接触座塑件为例, 分析了薄壁件压板镶拼式侧抽芯三板注塑模具中的关键技术。塑件含有多孔、深槽和侧向凸台等多种细节特征, 运用 UG NX 软件进行塑件特征建模, 在 UG8.5 Mold Wizard 应用模块下保证各个机构间互不干涉。根据活动接触座的结构特点, 采用压板镶拼式抽芯机构实现塑件侧面特征成型。设计了阶梯形推杆, 保证塑件顺利脱模。为避免塑件表面产生气泡、凹陷等缺陷, 在模具分型面上开设了燕尾槽进行排气。关键点在于运用 Moldflow 软件对塑件缺陷进行模拟分析, 给出了合理的优化参数, 最终选择了熔体温度为 280℃、保压时间为 8 s、充填压力为 95 MPa 的工艺组合, 改善了零件的使用性能。设计的模具结构紧凑、工作稳定, 对同类模具设计具有一定参考价值。

关键词: 汽车活动接触座; 压板镶拼式侧抽芯; 模具设计; Moldflow

中图分类号: TQ320.52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2019)05-0105-05

Design of Injection Mold with Inserted Side Core Pulling for Automobile Movable Contact Seat

Mei Yi, Yan Tiancan, Li Yayong, Wu Qiao, Gan Shenglin, Yang Xingyu

(College of Mechanical Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract : Taking the plastic part of the moving contact seat of automobile with complex internal structure as an example, the key technology of the injection mold of thin-walled parts with side core pulling and laminating was analyzed. The plastic part contains many details such as porous, deep groove and lateral convex platform. UG NX software was used to model the characteristics of plastic parts. Under UG8.5 Mold Wizard application module, it ensured that each mechanism did not interfere with each other. According to the structural characteristics of the movable contact seat, the side feature forming of the plastic parts was realized by the core-pulling mechanism of pressing plate and inserting type. The ladder push rod was designed to ensure the smooth demoulding of plastic parts. In order to avoid the defects such as bubbles and depressions on the surface of plastic parts, a dovetail groove was set up on the parting surface of the mould for exhaust. The key point was using Moldflow software to simulate and analyze the defects of plastic parts, and reasonable optimization parameters were given. Finally, the process combination of melt temperature 280℃, holding time 8 s and filling pressure 95 MPa was selected to improve the service performance of the parts. The designed die has compact structure and stable operation, which has certain reference value for similar die design.

Keywords : automotive movable contact seat ; side core pulling by pressing plate mosaic ; die design ; Moldflow

科技的发展推动着技术的革新, 塑料工业带动医疗、交通及航空航天等行业不断发展。为满足人们对塑料产品的适用性、独特性等需求, 使塑料制品的质量、精度和外观等方面达到使用标准, 对模具结构设计提出了更高的要求^[1]。

汽车活动接触座塑件是汽车组合开关的重要部件, 笔者根据制件的结构和功能特点, 设计了压板镶拼式侧抽芯注塑模具, 难点在于完成塑件侧面多个复杂特征的成型。同时, 为保证制件的质量精度要求, 其翘曲变形必须控制在 0.3 mm 内。结合

基金项目: 贵州省科技计划项目 (黔科合支撑 [2019]2019), 贵州省科技支撑计划项目 (黔科合支撑 [2018]2175)

通讯作者: 梅益, 教授, 主要研究方向为材料成型计算机仿真技术及应用、逆向工程技术及应用、现代装备制造、制造业信息化等

E-mail: mei_yi@163.com

收稿日期: 2019-02-17

引用格式: 梅益, 鄢天灿, 李亚勇, 等. 汽车活动接触座注塑件镶拼式侧抽芯注塑模具设计 [J]. 工程塑料应用, 2019, 47(5):105-109, 121.

Mei Yi, Yan Tiancan, Li Yayong, et al. Design of injection mold with inserted side core pulling for automobile movable contact seat[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(5):105-109, 121.

UG8.5 Mold Wizard 应用模块进行模具结构的整体设计,并对模具的开合模过程进行模拟。设计出的模具结构简单,制造周期大大缩短,在达到生产使用标准的同时也降低了生产成本。

1 活动接触座塑件结构与工艺分析

1.1 结构分析

活动接触座注塑件为小型薄壁件,其尺寸为 54.8 mm × 40 mm × 29.3 mm,图 1 为塑件三维图。

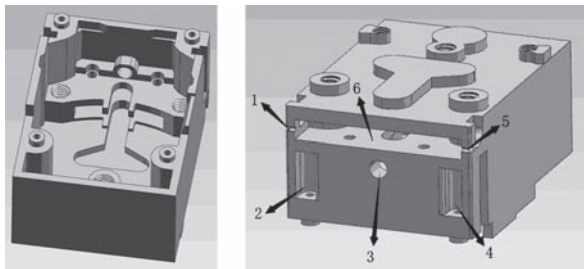


图 1 塑件三维结构图

考虑该塑件内部含有多孔、深槽、内螺纹孔和侧向凸台等多种成型特征,需要采用侧抽芯,内螺纹孔后期采用脱螺纹机构进行成型。图 1 中有两个不规则对称分布高为 10 mm 的凹槽,两凹槽中间有一个直径 3.8 mm 的孔,在小孔上方有一个长 36 mm 的不规则空腔,在此腔体两侧对称分布着两个直径为 1 mm、高为 2.7 mm 的垂直连接的半圆柱凹体。考虑到上述几处抽芯均位于塑件同一侧,且抽芯距较小,因此采用压板镶拼式侧抽芯机构进行抽芯,6 处抽芯位置在图 1 中已标示。运用 UG 软件测量塑件壁厚可知,塑件最大壁厚为 4 mm,平均壁厚为 1.89 mm,属于壁厚不均注塑件,塑件壁厚云图如图 2 所示。塑件体积为 16 475 mm³,质量为 0.02 kg。为保证塑件顺利脱模,需要保证一定的拔模斜度,设计的拔模斜度为 1°,塑件拐角处进行倒角处理,精度要求为 MT3,表面粗糙度无特殊要求^[2]。

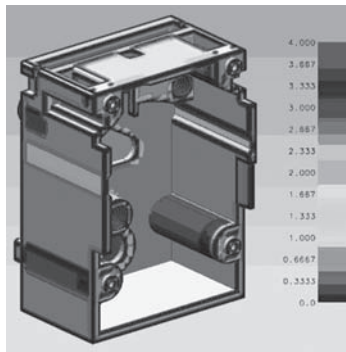


图 2 塑件壁厚云图

1.2 工艺分析

活动接触座塑件材料选择丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料 (ABS)。ABS 为一种热塑性材料,相对密度为 1.05 g/cm³,平均收缩率为 0.55%,强度高,硬度和抗冲击性能好,其制品表面光洁,还有非常高的耐磨性能。

结合活动接触座注塑件的结构特点,设计双分型面注射模具结构,采用点浇口,顶出机构选择推杆,一模两腔进行注射。浇注系统冷凝料根据塑件体积的 20%~100% 进行计算,得到实际注射量为 46.2 cm³。根据实际注射量应在额定注射量的 20%~80% 之间考虑,且不低于额定注射量的 10%,否则会造成塑件质量降低^[3]。因此注塑机应选择卧式注塑成型机 XS-Z-60,其主要技术参数如表 1 所示。

表 1 卧式注塑成型机 XS-Z-60 技术参数

参数	数值	参数	数值
理论注射容量 / cm ³	60	最大成型面积 / cm ²	130
螺杆直径 / mm	38	最大开合模行程 / mm	180
注射压力 / MPa	122	模具最大厚度 / mm	200
注射行程 / mm	170	模具最小厚度 / mm	70
注射方式	柱塞式	喷嘴圆弧半径 / mm	12
锁模力 / kN	500	喷嘴孔直径 / mm	4

2 模具结构设计

2.1 分型面选择

分型面的选择不仅要保证塑件顺利脱模,还需要满足其成型精度和质量要求^[3]。选择位置应有利于排气,同时还应考虑塑件外观等条件,因此选择塑件截面最大轮廓处作为分型面,设计中活动接触座塑件的分型面选取位置如图 3 所示。



图 3 分型面位置

2.2 抽芯机构设计

活动接触座塑件具有垂直分型面方向的 6 个侧型芯特征,考虑到这些侧抽芯都位于塑件同一侧,且采用一模两件的生產方式,总共需要进行 12 个侧型芯的抽芯,因此侧型芯与侧滑块的连接形式采用组合式侧滑块,需要将侧型芯紧固在滑块上,其具体连接形式有嵌入式镶拼、螺钉固定、销钉固定、压板式镶拼方式,根据塑件结构特点选择压板镶拼方式连接侧型芯和侧滑块。塑件各侧型芯分布如图 4 所示。

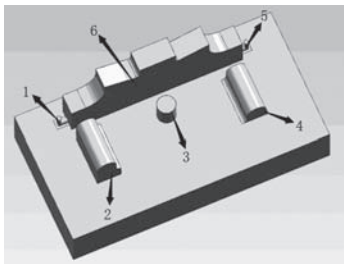


图4 各侧型芯分布图

笔者设计了压板镶拼式侧抽芯机构对塑件进行成型,为保证塑件顺利脱模,一般抽芯距比侧型芯深 2~3 mm,抽芯距应满足 6 个侧型芯中最大的一个。经计算,抽芯距离为 16 mm,脱模力为 1.59 kN。斜导柱长度为 150 mm,直径为 20 mm,倾斜角为 22°。经校核,斜导柱满足强度和刚度要求。为保证塑件在生产过程中不发生卡滞和跳槽现象,滑块必须在导滑槽中平稳顺利导滑,对比分析后采用镶拼式 T 型槽结构。滑块定位装置采用挡块,依靠弹簧来对滑块进行定位。为保证侧型芯在成型压力下产生后退作用进而影响塑件的精度,需设计楔紧块来锁紧滑块。抽芯机构如图 5 所示。

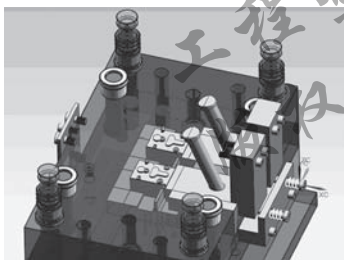


图5 斜导柱抽芯机构

2.3 顶出机构设计

活动接触座注塑件是薄壁塑件,塑件结构不适于布置接触面积大的推杆,其次塑件距离推板固定板距离较远,因此采用阶梯形推杆。经计算,每个塑件需要的脱模力为 795 N,通过压杆稳定公式可知,总共需布置 8 根推杆,推杆直径为 3 mm,每根推杆所受应力大小为 2.8 MPa,其许用应力 170 MPa。经校核,推杆的强度、刚度满足使用要求。为保证塑件受力均匀,推杆应对称布置于塑件内侧,顶出机构设计如图 6 所示。

2.4 排气机构设计

塑料熔体填充型腔时,必须排除浇注系统、型腔内及高温塑料熔体产生的气体,防止塑件表面产生气泡、凹陷等缺陷。结合型芯、型腔镶块结构可知,

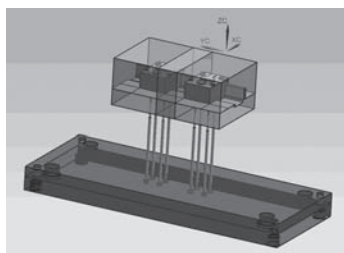


图6 顶出机构

需要在配合间隙和分型面上开设排气槽,其中配合间隙主要是活动型芯、推杆间隙排气,分型面上开设排气槽方式排气,笔者采用实际生产中较常用的燕尾槽进行排气。

3 塑件 CAE 分析

运用 Moldflow 软件导入塑件模型,设置双层面网格,通过交换边、合并节点、移动节点进行网格修复,并完成网格划分,结合网格统计可知三角形单元数为 30932,纵横比最大为 18.3,最小为 1.16,平均为 2.2,没有配向不正确和完全重叠单元,匹配率为 92.8%,因此活动接触座塑件满足模流分析条件。

3.1 浇注系统设计

活动接触座塑件属于壁厚不均匀注塑件,利用 Moldflow 软件分析其浇口匹配特性,得到塑件最佳浇口位置如图 7 所示。经分析可知其最佳浇口位置在塑件中部较厚处,结合塑件结构、分型面位置等特点,采用点浇口,点浇口的直径为 1.5 mm,圆柱孔长为 2 mm,引导部分长度为 20 mm。为了使点浇口拉断时不会损伤塑件表面,点浇口与塑件表面采用高为 0.5 mm、锥角为 90°~120°的倒锥连接^[4]。主流道设计成圆锥形,便于熔体流动;由于 ABS 的流动性良好,圆锥角取 3°;内壁表面粗糙度 R_a 为 0.4 μm 。为保证主流道和喷嘴的紧密接触,将两者接触处设计成球面凹坑,其中凹坑深度为 3 mm,大端半径为 14 mm,小端直径为 5 mm,主流道通常

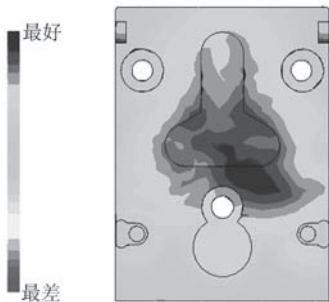


图7 浇口位置分析

控制在 60 mm 内^[5]。为防止塑件熔体在充填过程中压力损失和材料损耗,直流道长度应尽量短以确保合理冷却时间,由于塑件采用点浇口,可以将分流道位置设置在分流道推板与定模座板相接处或分流道和定模板相接处,对比分析后采取分流道位于定模板处,直流道的长度为 35 mm。考虑到材料特性、加工难易程度等多方面问题,设计 U 形截面的分流道,分流道截面高度为 11 mm,半径为 4.5 mm,倾斜角度为 6°,长度为 50 mm。

3.2 创建冷却系统

塑料熔体在成型过程中会放出大量的热量,其中大部分由冷却介质带走,其余小部分以辐射、对流的形式散发到大气中^[5]。根据塑件壁厚确定冷却管道直径为 8 mm,冷却水道总传热面积为 0.03 m²,模具应开设冷却管道的孔数为 4 个。冷却水管的布置需要根据塑件的尺寸、形状来设定,冷却水管与型腔距离 L 为 10~15 mm,两相邻水管中心距 S 为管道直径的 3~5 倍,根据成型零件壁厚设定 $L=10$ mm, $S=32$ mm。

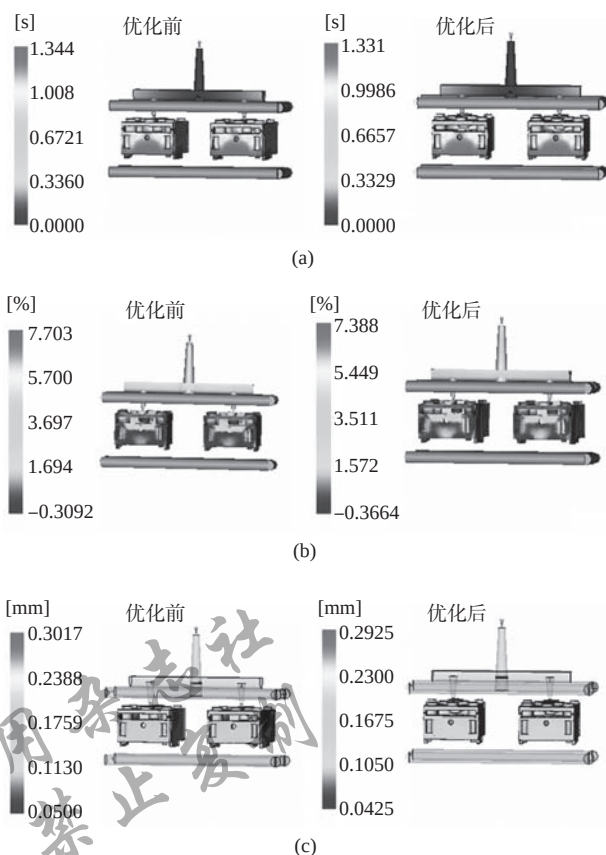
3.3 DOE 优化分析

选择分析序列为冷却+填充+保压+翘曲,利用 Moldflow 软件对塑件的充填时间、缩痕指数和翘曲变形进行分析。塑件充填时间和缩痕指数与充填压力、保压时间、熔体温度有关;翘曲变形产生于成型过程中的不均匀收缩,具体可分为结构不合理、材料性质、模具结构及生产工艺四大原因。以下着重介绍通过 DOE 方法对塑件的充填时间、缩痕指数和翘曲变形进行优化。通过模流分析可知,结合 DOE 变量影响因素,得到对其影响最大的三个因素,充填压力占 53.82%,熔体温度占 19.7%,保压时间占 12.2%,根据推荐的优化参数,现将充填压力由 80 MPa 调至 95 MPa,熔体温度由 265℃调至 280℃,保压时间根据 DOE 分析范围图调至 8 s,最终得到优化前后结果如图 8 所示;表 2 是优化前后的具体数值比对。优化后活动接触座塑件的翘曲值为 0.2925 mm,达到使用要求,可知塑件的质量和精度得到明显改善,大大提高了塑件的使用性能。

4 模架选择及模具工作原理

4.1 选择模架

汽车接触座塑件采用一模两腔进行注射,并且设计了压板镶拼式侧抽芯机构,浇口形式为点浇口。结合塑件的浇注方式及结构特点,参照 GB



a—优化前后充填时间;b—优化前后缩痕指数;c—优化前后翘曲变形

图 8 DOE 优化分析

表 2 DOE 优化分析结果

优化分析	充填时间 /s	缩痕指数 /%	翘曲值 /mm
优化前	1.344	7.703	0.3017
优化后	1.331	7.388	0.2925
优化结果 /%	1.0	4.1	3.0

/T 12555-2006 点浇口模架标准,选择 DA 模架类型中的 2740 序列,其中 A 板厚度为 30 mm, B 板厚度为 70 mm,垫块 C 厚度为 70 mm。在 UG8.5MoldWizard 应用模块调用模架如图 9 所示。

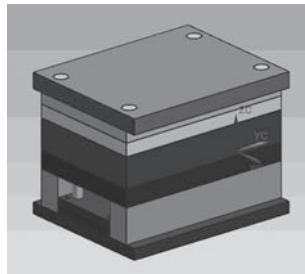


图 9 模架

4.2 模具工作原理

图 10 为汽车活动接触座模具总装配图。塑件需要进行垂直分型面方向的 6 个复杂特征的抽芯,

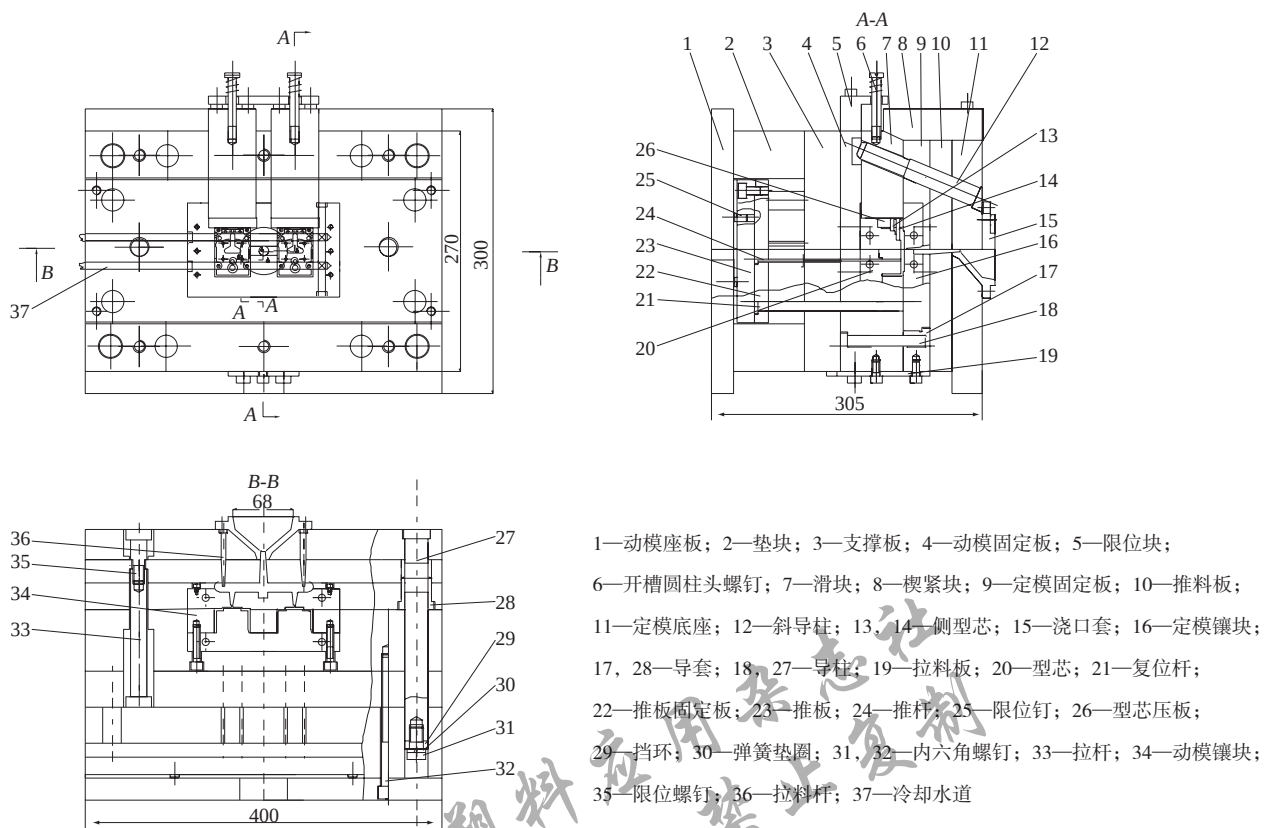


图10 汽车活动接触座模具总装图

为了满足模具开合运动范围及成型方式的准确性等条件,在开合模过程中必须保证各机构间不产生干涉,避免成型塑件表面产生磨损,以达到塑件使用性及功能性等要求。模具工作过程为:在合模状态下,塑料在注塑机中完成加热塑化后,通过螺杆进行注射,再经过浇口套 15 到达型腔,接着进行保压,保压完成后冷却水通过水道 37 冷却塑件。塑件冷却后进行开模,在拉料杆 36 的作用下,点浇口被拉断,浇注系统冷凝料留在定模上,当定模运动一段距离后,分流道在推料板 10 作用下与定模板分型,浇注系统冷凝料脱离定模板,在拉杆 33 和限位螺钉 35 作用下使分流道推板与定模底座 11 分型。抽芯机构通过导滑槽向后滑动,完成塑件侧向成型特征的抽芯。最后通过推板 23 与推杆 24 顶出塑件,利用复位杆 21 完成模具复位,合模完毕,准备下一次注射。

5 结论

(1) 针对汽车活动接触座注塑件具有多个侧型芯的抽芯结构,设计了一模两腔压板镶拼式侧抽芯注塑模具的抽芯机构、顶出机构、冷却系统等相关模具部件,准确给出了模具设计参数。在 UG8.5 Mold

Wizard 应用模块下保证各机构间不产生干涉现象,确保模具结构紧凑及运行过程稳定可靠。

(2) 利用 Moldflow 软件对塑件充填时间、缩痕指数、翘曲变形进行分析,并采用 DOE 方法对其相关缺陷进行优化,改善了塑件的质量和精度。该案例为注塑类模具设计提供了借鉴,对指导工程实际生产具有重要参考意义。

参考文献

- [1] 张维和. 塑料成型工艺与模具设计 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2016:169-186.
Zhang Weihe. Plastic forming process and die design[M]. Beijing:Chemical Technology Press, 2016:169-186.
- [2] 冯爱新. 塑料模具工程师手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2009:42-46.
Feng Aixin. Plastic mould engineer handbook[M]. Beijing:Machinery Industry Press, 2009:42-46.
- [3] 何冰强,高汉华. 塑料模具设计指导与资料汇编 [M]. 大连: 大连理工大学出版社, 2014:209-210.
He Bingqiang, Gao Hanhua. Design guidance and data compilation of plastic mould[M]. Dalian:Dalian University of Technology Press, 2014:209-210.

(下转第 121 页)

- 2013(1):63–66, 72.
- [6] 蔺越国, Macro G, Marie C L, 等. 电-热耦合对航空复合材料拉伸及疲劳性能的影响[J]. 航空学报, 2014, 12:3 315–3 323.
- Lin Yueguo, Macro G, Marie C L, et al. Effect of electro-thermal coupling on tensile and fatigue properties of aerospace composites[J]. Journal of Aeronautics, 2014, 12:3 315–3 323.
- [7] Hirano Y, Katsumata S, Iwahori Y, et al. Artificial lighting testing on graphite epoxy composite laminate[J]. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 2010, 41(8):973–981.
- [8] Marco G, Marie C L, Jean C G. Development of experimental and modelling tools for the characterisation of the thermo-electro-mechanical behaviour of composite materials for aircraft applications[J]. Mecanique & Industries, 2001(12):87–101.
- [9] 杨正林, 陈浩然. 层合板热弹性问题混合状态 Hamilton 半解析法[J]. 大连理工大学学报, 1997(3):17–22.
- Yang Zhenglin, Chen Haoran. Laminated plate thermoelastic problem mixed state Hamilton semi-analytical method[J]. Journal of Dalian University of Technology, 1997(3):17–22.
- [10] 于祺, 陈平, 陆春. 碳纤维/双马树脂基复合材料在热循环过程中热应力分布的数值模拟[J]. 材料研究学报, 2012(6):583–589.
- Yu Qi, Chen Ping, Lu Chun. Numerical simulation of thermal stress distribution of carbon fiber / BMW composites during thermal cycling[J]. Journal of Materials Research, 2012(6):583–589.
- [11] 郭云力. 碳纤维增强树脂基复合材料雷击损伤的研究[D]. 济南: 山东大学, 2014.
- Guo Yunli. Study on lightning damage of carbon fiber reinforced resin matrix composites[D]. Jinan: Shandong University, 2014.
- [12] 中国航空研究院. 复合材料结构稳定性分析指南[M]. 北京: 航空工业出版社, 2002:5–12.
- China Aviation Research Institute. Composite structural stability analysis guide[M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2002:5–12.
- [13] Zhang X L, Guo Y D, Su J F, et al. Investigating the electrothermal self-healing bituminous composite material using microcapsules containing rejuvenator with graphene / organic hybrid structure shells[J]. Construction and Building Materials, 2018, 187(8):1 158–1 176.
- [14] Singh A, Das S, Craciun E M. Thermal stress intensity factor for an edge crack in orthotropic composite media[J]. Composites Part B, 2018, 153(7):130–136.
- [15] 高剑虹, 陈佳彬. 短纤维增强橡胶复合材料热应力及热-结构耦合的数值研究[J]. 材料科学与工程学报, 2018, 36(3):386–391, 380.
- Gao Jianhong, Chen Jiabin. Numerical study on stress and thermal structure coupling should be short fiber reinforced rubber composite heat[J]. Journal of Materials Science and Engineering, 2018, 36(3):386–391, 380.
- [16] 李乐坤, 李曙林, 常飞, 等. 碳纤维增强树脂基复合材料的热膨胀行为[J]. 机械工程材料, 2016, 40(7):97–101.
- Li Lekun, Li Shulin, Chang Fei, et al. Thermal expansion behavior of carbon fiber reinforced resin matrix composites[J]. Mechanical Engineering Materials, 2016, 40(7):97–101.
-
- (上接第 109 页)
- [4] 齐晓杰, 余五新, 毕凤阳, 等. 塑料成型工艺及模具设计[M]. 北京: 机械工程出版社, 2012:87–197.
- Qi Xiaojie, Yu Wuxin, Bi Fengyang, et al. Plastic forming process and die design[M]. Beijing: Mechanical Engineering Press, 2012:87–197.
- [5] 董湘怀. 金属塑性成型原理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- Dong Xianghuai. Principles of metal plastic forming [M]. Beijing: Machinery Industry Press, 2011.
- [6] 王卫兵, 李金国. Moldflow 注塑流动分析案例导航视频教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2014:14–70.
- Wang Weibing, Li Jinguo. Moldflow injection molding flow analysis case navigation video course[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2014:14–70.
- [7] 屈华昌, 张俊, 吴梦陵, 等. 塑料成型工艺与模具设计[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007:93–252.
- Qu Huachang, Zhang Jun, Wu Mengling, et al. Plastic forming process and die design[M]. Beijing: Higher Education Press, 2007:93–252.
- [8] 王锦红, 田晶, 李海林, 等. 浅谈注射模抽芯机构的设计[J]. 北京: 中国轻工业出版社, 2010:34–36.
- Wang Jinhong, Tian Jing, Li Hailin, et al. Brief discussion on the design of core-pulling mechanism of injection mould[J]. Beijing: China Light Industry Press, 2010:34–36.
- [9] 杨军, 曾霞文, 王雪红, 等. 烟花塑料底座多向斜抽芯注射模设计[J]. 模具工业, 2016, 42(12):45–47.
- Yang Jun, Zeng Xiawen, Wang Xuehong, et al. Design of multi-directional inclined core-pulling injection mould for fireworks plastic base[J]. Mold Industry, 2016, 42(12):45–47.
- [10] 张燕琴, 黄科勤. 迷你音响外壳注射模设计[J]. 模具工业, 2016, 42(4):48–51.
- Zhang Yanqin, Huang Keqin. Design of injection mold for mini audio shell[J]. Mold Industry, 2016, 42(4):48–51.
- [11] 陈鹏. 注塑模斜向分型与抽芯机构的设计及应用[J]. 机床与液压, 2014(2):30–32.
- Chen Peng. Design and application of oblique parting and core pulling mechanism for injection mould[J]. Machine Tools and Hydraulic Pressures, 2014(2):30–32.