

基于CAE分析的摩托车引擎盖压铸模具设计

徐虹¹ 赵森¹ 王瑞¹ 刘国军¹ 马世忠² 蔡瀚荣¹ 张超³ 宋来福³

(1. 吉林大学材料科学与工程学院, 长春 130025; 2. 大连三重精密机械有限公司, 大连 116600; 3. 长春一汽富维汽车零部件股份有限公司车轮分公司, 长春 130013)

摘要 通过UG软件分析所生产摩托车引擎盖的结构及成形特点, 针对模具设计要点进行分析, 确定了一模一腔的布置和模具的分型面。根据深腔结构设计了横浇道均匀环绕铸件的浇注系统和独立的点冷式冷却系统, 并使用AnyCasting软件进行模拟试验, 验证了工艺的可行性。

关键词 模具设计; 壳体零件; 摩托车; 模流分析

中图分类号 TG249.2; TP311

文献标志码 A

DOI:10.15980/j.tzzz.T20240452

Design of Die-casting Mold of Engine Shell Based on CAE Analysis

XU Hong¹, ZHAO Miao¹, WANG Rui¹, LIU Guojun¹, MA Shizhong², CAI Hanrong¹, ZHAN Chao³, SONG Laifu³

(1. School of Materials Science and Engineering, Jilin University, Changchun 130025; 2. Dalian Sanzhong Precision Machinery Co., Ltd., Dalian 116600; 3. Wheel Branch of Changchun Faway Group Automcotion Components Co., Ltd., Changchun 130013)

Abstract: The structure and molding characteristics of produced engine shell of motorcycle was analyzed by UG software. Key points of mold design were investigated to determine parting surface position of the mold. A reasonable gating system with runner encircled castings and an independent spot cooling system were designed according to deep cavity structure, and AnyCasting software was utilized to verify the process feasibility.

Key Words: Mold Design, Shell Components, Motor, Mold Flow Analysis

摩托车引擎盖作为车身核心承载部件, 需兼具轻量化与高强度特性, 其尺寸精度普遍要求高于 ± 0.1 mm, 表面粗糙度需控制在 $Ra\ 1.6\ \mu\text{m}$ 以内^[1]。当前, 高硅铝合金(如ADC12)因其优异的流动性与耐蚀性成为此类薄壁壳体零件的首选材料^[2-4]。然而, 复杂的几何特征(如深腔、密集孔系)导致传统模具设计易产生流痕、冷隔等缺陷, 废品率较高^[5-6]。根据客户需求, 利用铝合金压铸工艺针对某型号摩托车引擎盖的生产进行模具设计和优化, 并使用AnyCasting软件进行模流分析, 验证模具设计的合理性, 以期获得性能优良、表面无缺陷的产品。

1 壳体零件结构分析

所设计摩托车引擎盖材质为ADC12铝合金, 其化学成分见表1, Si含量达10.6%(质量分数, 下同), 具有良好的流动性和填充性, 并显著提高了高温强度与耐磨性, 同时相比A380合金有相对高的耐蚀性^[7]。图1

表1 ADC12铝合金化学成分

Tab. 1 Chemical composition of ADC12 aluminum alloy %

w_B							
Si	Cu	Fe	Zn	Mn	Mg	Pb	Al
10.6	1.6	0.9	0.9	0.2	0.2	0.1	余量

为铸件结构示意图和尺寸示意图。该铸件形状较为复杂, 整体呈壳状, 具有孔位(A)、深腔(B)、强筋(C)等多种难成形结构, 孔位较多且多分布于侧壁, 深腔面积大, 强筋结构多, 成形时易产生缩孔缩松等微观缺陷。

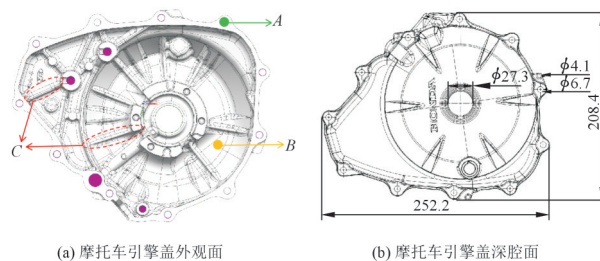


图1 壳体零件三维模型

Fig.1 3D model of shell components

收稿日期: 2024-11-05; 修订日期: 2025-04-08

基金项目: 吉林省自然科学基金资助项目(20220101226JC)

第一作者: 徐虹, 女, 1972年出生, 教授, E-mail: xh@jlu.edu.cn

引用格式: 徐虹, 赵森, 王瑞, 等. 基于CAE分析的摩托车引擎盖压铸模具设计[J]. 特种铸造及有色合金, 2026, 46(4): 624-626.

XU H, ZHAO M, WANG R, et al. Design of die-casting mold of engine shell based on CAE analysis[J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2026, 46(4): 624-626.

该铸件最大宽度为208.4 mm,最大长度为252.2 mm,最大孔径为27.3 mm,最小孔径为4.1 mm。

图2为铸件壁厚分布云图。可以看出,该铸件壁厚分布极不均匀,铸件中心区域存在厚度为18 mm的凸台,与周边薄壁区(1.12 mm)形成显著梯度差,且强筋结构处壁厚变化剧烈,在后续冷却过程中难以实现连续凝固,成形较为困难。为此,需通过浇注系统与冷却系统的协同设计实现热平衡控制。

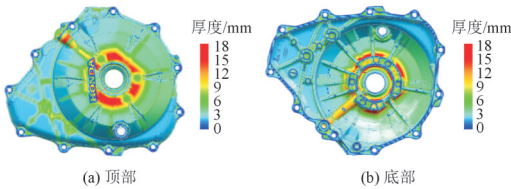


图2 铸件壁厚分布云图

Fig.2 Nephogram of wall thickness distribution of casting

2 分型面及起模设计

2.1 分型面设计

合理的分型面设计可以简化工艺的流程,有利于延长模具的使用寿命和降低成本。分型面的设计要结合坯料的结构特点,满足排气和嵌件的要求^[8-10]。此产品刻字面为外观面,要求不可有分型痕迹和段差;分型面有两处枕位,做碰穿面;分型面的设计要保证生产时产品留在动模,不可粘定模。综合分析应将分型面选在脱模方向的最大外轮廓处。图3中红色曲线即为分型面轮廓。

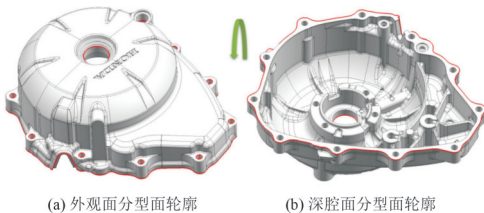


图3 分型面设计

Fig.3 Parting surface design

2.2 起模设计

以分型面为基准进行公差内起模,产品的所有孔位都需要起模,需要设计合适的起模角度。为避免产品拉伤,起模斜度单边均大于1°。图4为起模模拟结

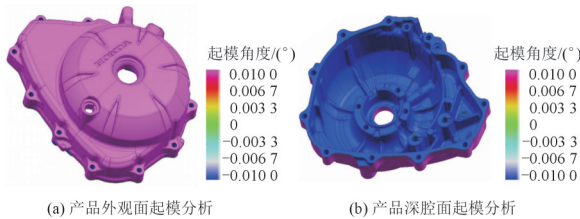


图4 起模设计

Fig.4 Draft design

果,起模效果满足预期要求。

3 浇注系统与冷却系统设计

3.1 浇注系统设计

合理的浇注系统不仅可以控制填充速度,还可以改善金属液在模具型腔内的流动性和温度分布,避免卷气的同时减少厚壁处夹渣、缩松等微观缺陷的产生^[11-12]。此产品为类半球形铸件,金属液的填充区域面积较大,为保证金属液能快速填充型腔,在铸件周边设置多处侧浇口以利于金属液的流动。该产品局部壁厚差异较大,厚壁处易产生缩孔缩松等缺陷,将内浇口设置在厚壁处以实现金属液的充分补缩。合理的设计波浪板可以控制金属液流动方向,减缓流速,均匀分布金属液压力^[13-15]。图5为浇注系统设计。浇注系统采用“环形横浇道+扇形内浇口”结构,并设计了均匀环绕铸件的多条溢流条、合理设置了波浪板位置,在不影响分型的前提下保证了金属液平稳流动,避免缺陷的产生,提高产品的质量。

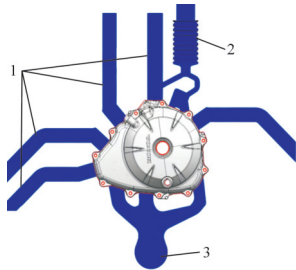


图5 浇注系统设计

Fig.5 Gating system design

1. 溢流条 2. 波浪板 3. 直浇道

3.2 点冷式冷却系统设计

图6为定模和动模点冷水路位置。此产品为类半球形零件,壳体部分较薄、面积较大,深腔部位多强筋,壁厚不均匀,不利于一体化平面型冷却系统的设计,针对壁厚梯度易引发的热失衡问题,提出“分区点冷+动态调控”策略。使用独立的点冷式冷却系统。在定模和动模的深腔处,尤其是中心厚壁处设置多个深层冷却点位,有利于模具整体温度场均匀分布,进一步降低

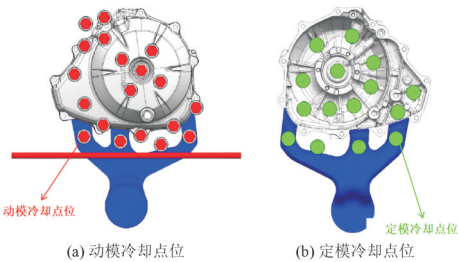


图6 点冷式冷却系统设计

Fig.6 Spot cooling system design

铸件内部应力,提高了压铸件的致密性。

图7为点冷式冷却系统装配示意图,高压水泵将冷却液压进嵌入模具的冷却点位,不同位置嵌入模具的深度不同,厚壁及深腔的冷却点位要求嵌入更深处。

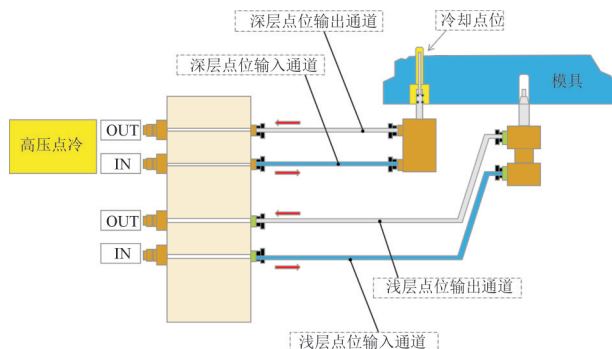


图7 点冷式冷却系统装配示意图

Fig.7 Assembly diagram of spot cooling systems

4 模具设计与验证

考虑到此铸件孔系较多且结构复杂,所有孔系均做成动模镶针,简化模具的同时又能保证孔系气密性和铸件质量。根据产品结构,在保证模具强度的前提下计算模具的尺寸,最终设计为600 mm×630 mm×290 mm的模具。本模具采用两板式结构,将设计好的模架、套板、型芯、座板、浇口套、支承柱、推杆、支承板、推板和抽芯结构等部件进行装配,整体装配图见图8。

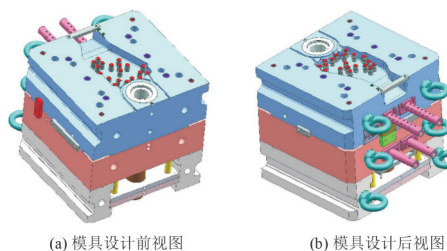


图8 模具装配图

Fig.8 Assembly diagram of mold

为验证模具设计的合理性,使用AnyCasting软件对铸件的充型过程进行模拟分析。浇注温度为680℃、模具初始温度为200℃、初始注射速度为5 m/s、加速比为10。从金属液进入浇口开始对物料踪迹进行观察,直到型腔填充完整,见图9。可以看出,铸件充型过程顺利,型腔填充饱满,整体充型时间为0.255 8 s。充型

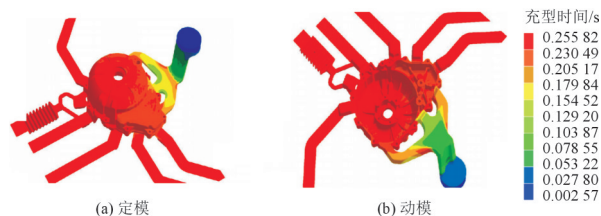


图9 CAE模流分析

Fig.9 CAE mold flow analysis

过程中金属液流动较平稳,孔系周围无明显夹渣、卷气现象。

5 结 论

(1)摩托车引擎盖铸件所有孔系型芯采用嵌入式,既能简化模具结构,又能保证孔系气密性和铸件质量。

(2)针对铸件壁厚分布不均匀问题采用侧浇口浇注系统,于厚壁处设置多条内浇口,实现快速填充的同时保证了厚壁处金属液的充分补缩。

(3)选择独立的点冷式冷却系统可以改善模具整体温度场,降低铸件内应力,防止裂纹、缩孔、缩松等缺陷的产生。

参 考 文 献

- [1] 查敏,顾焘,马品奎,等.轻合金大型一体化结构部件压铸成形技术研究进展[J].特种铸造及有色合金,2024,44(8):1 009-1 022.
- [2] HE Y H, LU D H, LI Z M, et al. Multi-objective optimization of the low-pressure casting of large-size aluminum alloy wheels through a systematic optimization idea [J]. Materials, 2023, 16 (18): 25.
- [3] XU H, LIU W L, WANG Y P, et al. Control and optimization of defects in die casting of complicated right crankcase cover [J]. Journal of Materials Research and Technology, 2024, 33:2 831-2 840.
- [4] 董淑娟,侯丽彬.汽车发动机前盖压铸模浇注系统及排溢系统设计[J].特种铸造及有色合金,2024,44(2):277-281.
- [5] DJABRAIAN S, TEICHMANN F, MUELLER S. Thermo-mechanical optimization of die casting molds using topology optimization and numerical simulations [J]. Materials, 2024, 17 (9): 2 114.
- [6] 张必胜,张玉田,张正来,等.电动汽车逆变器壳体压铸模具设计与实践[J].特种铸造及有色合金,2025,45(3):464-466.
- [7] 张卓,彭国胜,汪焱焱,等.压铸成形TiB₂/ADC12铝合金材料组织与力学性能研究[J].特种铸造及有色合金,2025,45(9):1 348-1 353.
- [8] HAGA T, FUSE H. Die casting of lightweight thin fin heat sink using Al-25%Si [J]. Metals, 2024, 14(6): 21.
- [9] 贾志欣,王子平,李继强,等.基于CAE分析的复杂壳体压铸模具设计[J].铸造,2020,69(8):873-877.
- [10] 侯志杰,雷书星,宋晓红.基于UG和AnyCasting的铝合金电机壳压铸模设计[J].模具工业,2023,49(11):71-74.
- [11] 李春玲.基于ProCAST分析的汽车轮毂成形工艺及模具设计[J].模具技术,2020(4):19-27.
- [12] 方俊芳.铝合金摄像头外壳的压铸模具浇排系统设计[J].铸造,2025,74(2):211-217.
- [13] 罗维,贾志欣,李继强,等.汽车车灯支架压铸工艺CAE分析及模具设计[J].铸造,2024,73(2):202-207.
- [14] 朱洪军.基于AnyCasting缸盖罩盖压铸工艺研究[J].铸造,2021,70(2):248-252.
- [15] 周海军,陆建成,伍世添,等.变速箱壳体压铸工艺分析及缺陷改善[J].特种铸造及有色合金,2019,39(11):1 216-1 219.

(编辑:张正贺)