

离合器壳体压铸工艺分析及缺陷改善

周海军 吴玉婷 赵郁臻 刘后尧 张 森
(广东鸿图南通压铸有限公司)

摘 要 国产新一代 CVT 变速箱燃油经济性、动力性、舒适性好,成本低,但是集成结构的复杂化和功能的多样化给离合器壳体的制造带来了极大的挑战。通过应用并完善高压点冷型芯针设计,可提高热节的冷却效果,延长型芯针的使用寿命;通过改进毛坯形状设计,增大挤压销的直径,可解决厚大位置内部缩松、缩孔缺陷,保证产品的内部品质和气密性。

关键词 镶件;模具设计;高压点冷型芯针;挤压销

中图分类号 TG249.2;U261.24⁺1 **文献标志码** A

DOI:10.15980/j.tzzz.2023.05.026 **开放科学(资源服务)标识码(OSID):**



Die Casting Process Analysis and Defect Improvement of Clutch Housing

Zhou Haijun, Wu Yuting, Zhao Yuliu, Liu Houyao, Zhang Sen
[Guangdong Hongtu (Nantong) Die-casting Co., Ltd.]

Abstract: The new generation of domestic CVT transmission has desirable fuel economy, power performance, comfort and low cost, however the complexity of integrated structure and diversity of functions bring great challenges to the manufacturing of clutch housing. By applying and perfecting the design of high pressure point cooling core pin, the cooling effect of hot spot can be improved effectively and the service life of pin can be prolonged. By improving the shape design of blank and increasing diameter of squeezing pin, shrinkages and porosities in the thick position can be effectively eliminated, and the internal quality and gas tightness of the product can be guaranteed.

Key Words: Insert, Mold Design, High Pressure Point Cooling Core Pin, Squeezing Pin

国产新一代 CVT 变速箱可获得传动系统与发动机工况的最佳匹配,但是变速箱结构复杂、壁厚变化大,内部和表面品质、加工尺寸精度以及气密性要求高,导致产品制造困难,废品率高,需要对其压铸工艺进行研究和改进。

该离合器壳体材质为 ADC12 合金,轮廓尺寸为 545 mm×430 mm×230 mm,一般壁厚为 3.5 mm,产品质量为 10.47 kg,峰值年产量为 20 万件,内部品质要求优于 ASTM E 505 2 级标准,外观品质要求装配及密封位置加工后气孔直径小于 0.4 mm,间隔大于 8 mm,数量小于 3 个;并且要求毛坯表面不允许有铸点、冷隔、裂纹、飞边、毛刺等缺陷;气密性要求在 300 kPa 的压力下,高压油道泄漏量小于 3 mL/min。

通过对离合器壳体的压铸工艺设计、压铸缺陷的原因分析和工艺改进,提出同类产品的典型压铸缺陷解决方法,为其应用提供参考。

1 压铸工艺设计

1.1 压铸机型选择

压铸时,为了保证铸件尺寸精度和内部品质,防止压铸过程飞料,必须锁紧分型面。

铸造总投影面积($S_{总}$):

$$S_{总}=S_{产品}+S_{浇道}+S_{溢流槽}=3\,229\text{ cm}^2 \tag{1}$$
$$F_{锁}\geq k p S_{总} \tag{2}$$

式中, k 为安全系数,取 1.1; p 为压射比压,为 75 MPa,计算得 $F_{锁}$ 最小值为 26 650 kN。

根据锁模力计算结果和实际情况,选择 IDRA 的 27 000 kN 压铸机。

1.2 压铸模具设计

内浇口设计应使铝液的充型距离尽量短,以减少铝液温度的降低;浇口位置应使铝液到达型腔各处位置距

收稿日期:2022-04-18;修改稿收到日期:2022-06-15

第一作者简介:周海军,男,1975 年出生,工程师,江苏南通(226300),E-mail: hai_jun_zhou@163.com

引用格式:周海军,吴玉婷,赵郁臻,等. 离合器壳体压铸工艺分析及缺陷改善[J]. 特种铸造及有色合金,2023,43(5):717-720.
ZHOU H J, WU Y T, ZHAO Y L, et al. Die casting process analysis and defect improvement of clutch housing[J]. Special Casting & Non-ferrous Alloys, 2023, 43(5):717-720.

离相等,实现远离部位同时充填和凝固,应该设置在压铸件壁厚处,实现顺序填充、压力补缩^[2]。根据该产品的结构特点,两个大的轴承孔内部、高压油道内部品质要求高。根据金属液填充流向,浇注系统采用梳形设计,浇口厚度为 4 mm,位于产品壁厚 5 mm 分型线位置设置在定模面上。浇注系统设计见图 1,模具设计见图 2 和图 3。

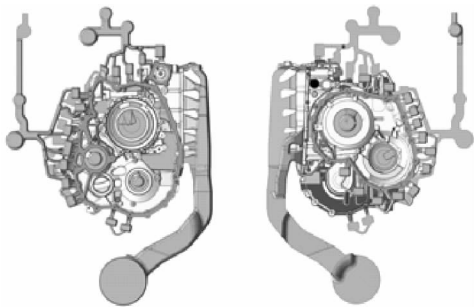


图 1 浇注系统设计
Fig.1 Design of gating system

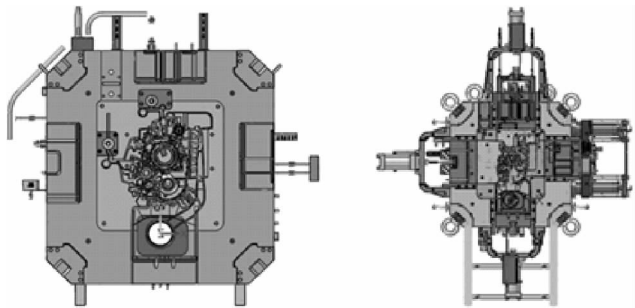


图 2 定模设计
Fig.2 Static mould design

图 3 动模设计
Fig.3 Moving mould design

1.3 嵌件工艺设计

为了提高变速箱输出带轮轴前轴承孔的耐磨性能,设计了嵌件结构,嵌件材质为 ADC14 合金,壁厚为 3 mm,见图 4。要求嵌件在模具上放置位置准确、稳定可靠,压铸过程中,铝液和嵌件紧密结合无间隙,且该孔用作机加工定位孔。嵌件内径为 $\phi(78.57\pm0.03)$ mm,动模定位凸台直径为 $\phi(78.45\pm0.01)$ mm,配合间隙单边为 0.04~0.08 mm,嵌件使用烤箱加热至 200 ℃,取出后与模具前端贴合放置。嵌件在模具上定位见图 5。

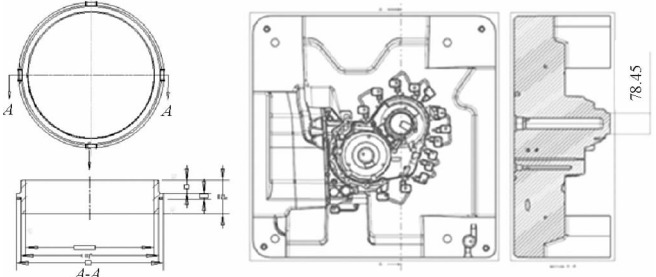


图 4 嵌件
Fig.4 Insert

图 5 动模嵌件定位
Fig.5 Insert position of moving mould

1.4 压铸工艺参数设计

铸造压力选择 75 MPa,填充速度为 50 m/s;内浇口总横截面积为 1 490 mm²;冲头直径为 $\phi 160$ mm,冲头横截面积为 20 096 mm²;内浇口和冲头速度比值为 13.49;冲头速度为 3.7 m/s; $m_{\text{内浇口通过质量}} = m_{\text{产品}} + m_{\text{渣包}} = 13.5$ kg;填充时间为 68 s;

高速切换位置,一般以金属液到达浇口的位置为基准进行设定,根据产品品质和功能需求,前后调整切换位置来选择最佳位置。当产品出现缺陷时,都可以通过调整切换位置来观察缺陷的变化来改善,见图 6,计算方法如下:

$$l_{\text{行程}} = m_{\text{内浇口通过质量}} / (A_{\text{冲头}} \rho_{\text{铝}}) = 254 \text{ mm} \quad (3)$$

料柄厚度为 35 mm。

因此,高速切换点=压室有效长度-料柄厚度-高速行程=626 mm。

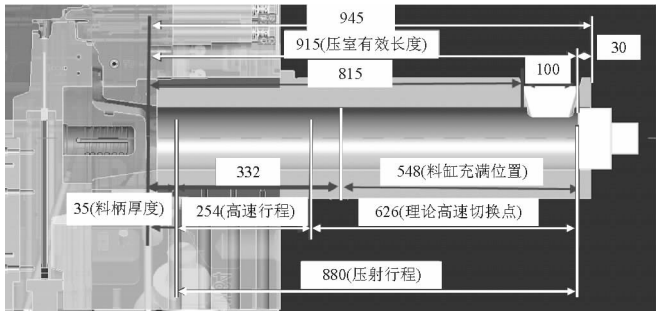


图 6 高速行程及切换点位置
Fig.6 Shift position of high speed punching

2 压铸缺陷分析及改进

(1)问题 1 安装密封面上的 M10 螺纹孔,毛坯孔大端直径为 7.5 mm,深 24 mm,加工完成后,在 300 kPa 压力下和高压油道发生窜漏,发生比例达 50%,严重影响产品的密封及使用功能,漏气位置见图 7。

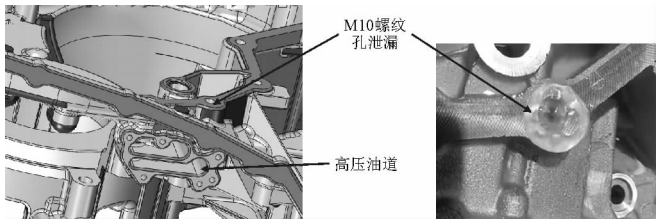


图 7 漏气位置
Fig.7 Gas leakage position

原因是 M10 螺纹孔位置局部厚大,达到 20 mm,属于热节区域,在压铸成形过程中,产生直径约为 5 mm 的缩孔,导致 M10 螺纹孔和高压油道串漏,缺陷解剖及 X 光检查见图 8。

针对该问题,采用高压型芯点冷针进行解决,型芯针直径为 7.5 mm,内部冷却通道直径为 3.5 mm,单边

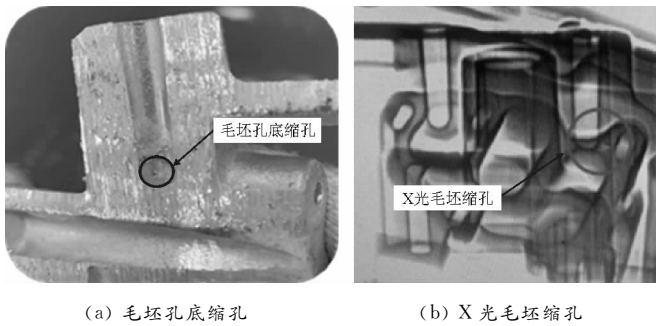


图 8 缺陷解剖及 X 光检测

Fig.8 Defect anatomy and X-ray inspection

壁厚为 2 mm,见图 9。实际使用过程中,发现点冷针头部粘铝,冷却效果差,主要原因是原设计冷却通道底端距离针头部 6 mm,不能快速有效冷却,改为冷却通道底端距离针头部 3 mm,见图 10,发现不易断针,冷却效果良好,缩孔缺陷得到彻底解决。

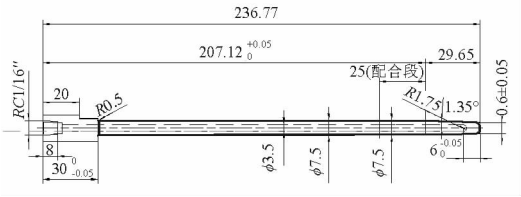


图 9 改善前超点冷针设计

Fig.9 Super point cooling design before modification

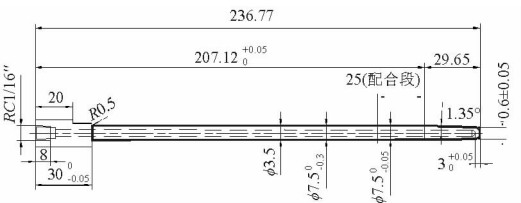


图 10 改善后超点冷针设计

Fig.10 Super point cooling design after modification

(2) 问题 2 产品高压油道孔,毛坯孔大端直径为 $\phi 8.03$ mm,深为 87 mm,加工完成后,前部 M10 螺纹孔出现黑皮残留,螺纹孔内 1/4 周无螺牙,该批次发生比例达 47%,严重影响产品的装配和密封性能,导致批量报废。螺纹三维结构及缺陷见图 11。

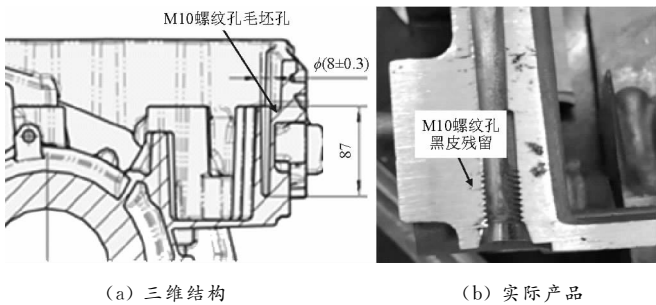


图 11 螺纹孔形状、尺寸及缺陷位置

Fig.11 Shape, size and defect position of screw hole

对油道孔异常型芯进行调查发现,型芯针孔大端尺

寸要求为 $\phi(8\pm 0.3)$ mm,实测结果为 7.98 mm,尺寸合格;型芯针孔深度要求为 (87 ± 1) mm,实测结果为 86.79 mm,尺寸合格。但是型芯针在距离顶部 40.83 mm 处,开始发生弯曲;在长度为 29.69 mm 处,型芯针表面有轻微拉伤,表面涂层有脱落,而在长度为 16.27 mm 处粘铝严重,见图 12。

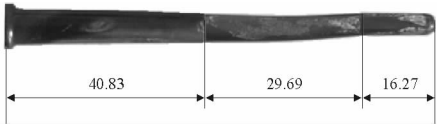


图 12 型芯针弯曲位置

Fig.12 Bending position of core pin

根本原因:①油道孔高压点冷型芯针设计不合理,内孔直径为 $\phi 2.5$ mm,中心管直径为 $\phi 2.5$ mm,单边间隙只有 0.1 mm,排水量小,容易堵塞,冷却效果差,导致型芯针表面温度过高,易粘铝,脱模困难,型芯针发生弯曲,见图 13。②由于该型芯针直径小且比较长,现有材料 SKD61 热硬度和热稳定性不足,抗热疲劳及突变失效的能力差,两个因素叠加导致型芯针易发生弯曲变形^[3]。

针对产品高压点冷型芯针弯曲,做了如下改进:①高压点冷型芯针设计改进后,内孔直径为 3 mm,中心管直径为 2 mm,单边间隙为 0.5 mm,排水畅通,可以有效保证冷却效果。改善措施实施后,针表面没有粘铝、拉伤缺陷,表面品质良好。②材质由 SKD61 改为 W360 合金,硬度(HRC)为 52~56,同时进行表面渗氮处理,提高了型芯针表面硬度和耐磨性^[1]。实施改善措施后,针没有发生弯曲,只是在接近寿命时会发生断裂,根据数据统计,寿命按 9 000 件进行管理,可以保证连续稳定生产。

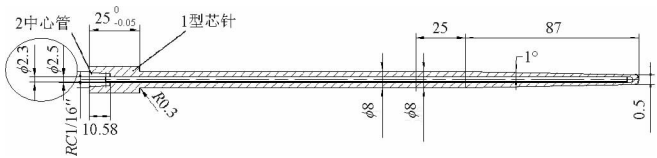


图 13 高压点冷型芯针

Fig.13 Core pin for high pressure point cooling

(3)问题 3 产品轴承孔旁的 M6 螺纹孔深度为 21 mm,加工完成后在 300 kPa 压力下和高压润滑油道发生串漏,发生比例为 35%,严重影响产品的密封及使用功能,漏气位置见图 14。

高压润滑油道形状复杂,直径为 $\phi 6$ mm 的油道无法抽芯,需要加工完成,导致壁厚为 15 mm 的油道区域,内部产生缩松、缩孔缺陷,而 M6 螺纹孔和高压润滑油道最近距离为 15.4 mm,容易发生串漏。针对缩松易发生泄漏位置,采用局部挤压工艺,毛坯凸台直径为

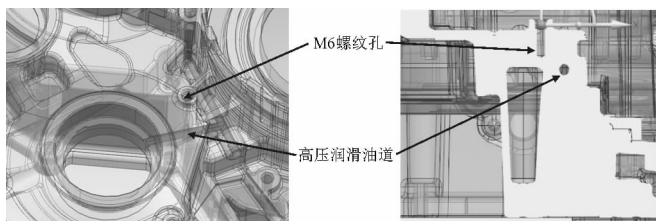


图 14 M6 螺纹孔和高压润滑油道串漏位置

Fig.14 Leakage position of M6 screw hole and high pressure oil channel

$\phi 14$ mm, 挤压销针直径设计为 $\phi 6$ mm, 挤压销针套直径为 $\phi 12$ mm, 挤压行程为 15 mm, 对缩松、缩孔缺陷有所改善, 但是由于局部厚大、挤压销直径小, 传递的铝液补缩能力不能够完全解决该缺陷, 导致串漏^[4]。改进前挤压销设计见图 15。

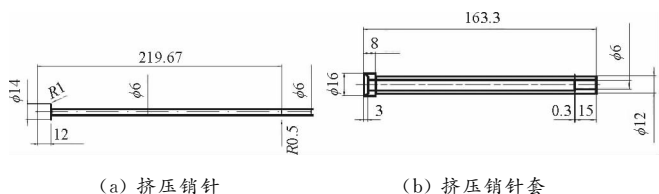


图 15 改进前挤压销设计

Fig.15 Squeezing pin design before modification

通过修改毛坯设计, 凸台直径由 $\phi 14$ mm 增加至 $\phi 22$ mm, 挤压销针直径改为 $\phi 14$ mm, 挤压销针套为 $\phi 20$ mm, 挤压行程为 15 mm, 见图 16。措施实施后, 产品内部品质良好, 没有发生泄漏。

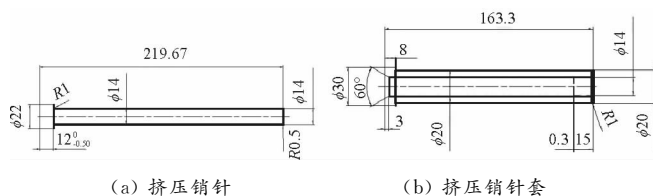


图 16 改进后挤压销设计

Fig.16 Squeezing pin design after modification

3 结 论

(1)应用并优化高压点冷型芯针, 可以有效地强化离合器壳体孔内热节处的冷却, 提高毛坯表面的致密性, 避免缩孔和泄漏缺陷。

(2)通过改善离合器壳体高压点冷型芯针设计, 改善针的材质和表面处理工艺, 可以有效地避免针弯曲问题, 同时延长型芯针的使用寿命, 由原来的 200 件增加到 8 000 件, 应用效果良好。

(3)通过改进离合器壳体毛坯形状设计, 增加挤压销的尺寸, 可以有效解决厚大位置内部组织缩松、缩孔缺陷, 保证产品的内部品质和气密性。

参 考 文 献

- [1] 李秋旭, 孙永明, 吴广坚, 等. 铝合金压铸过程中减少长抽芯针变形和偏摆研究[J]. 特种铸造及有色合金, 2022, 42(3): 391-393.
- [2] 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.
- [3] 安肇勇, 万里, 黄志垣, 等. 变速箱侧盖压铸成形的缺陷分析及对策[J]. 特种铸造及有色合金, 2015, 35(5): 618-619.
- [4] 徐飞跃, 余亮, 汪学阳, 等. 压铸铝合金离合器壳体的泄漏缺陷分析与对策[J]. 特种铸造及有色合金, 2014, 34(7): 715-718.

(编辑: 张正贺)

《特种铸造及有色合金》征订启事

《特种铸造及有色合金》杂志是中国科学技术协会主管、中国机械工程学会铸造分会和武汉机械工艺研究所共同主办的全国性科技期刊, 是对国内外公开发行的中文核心期刊, 中国科技论文统计与分析用刊, SA、CA、MA、AJ、Scopus 等国内外权威数据库及检索系统收录期刊, 并获得全国优秀科技期刊一等奖、国家期刊奖、新中国 60 年有影响力的期刊、湖北省十大有影响力的自然学术期刊等。

本刊主要报道各种(黑色和有色合金)特种铸造方法、各种有色合金及复合材料成形的理论、工艺、设备、材料、测试与控制、计算机应用等方面的科技成果、生产技术和现场经验, 并报道各相关学科和交叉学科, 如挤压铸造(液态模锻)、半固态加工、电子封装、高熵合金、非晶合金(金属玻璃)、焊合、粉末冶金、合金化、热处理、表面处理等方面的学术研究和技术信息以及上述内容的国内外发展动向、行业活动、学术会议、消息动态等。

本刊诚征国内外广告, 业务范围: 铸造及有色合金材料、辅助材料、铸造及相关设备、铸造生产线、测控与控制设备、仪器仪表、计算机应用软件、铸造展会等。

本刊为月刊, 标准(大)16 开, 邮发代号 38-109。邮发订价每期 20 元, 全年 240 元, 如须快递, 费用另计。全国各地邮局均可订阅, 也可直接向本刊编辑部邮购, 本刊还提供过刊、压铸宝典和年会专刊邮购服务。

特种铸造及有色合金杂志社(武汉)有限公司



地址: 武汉市江岸区九万方路 26 号

邮编: 430019

电话: 027-85358206, 85486024

传真: 027-85358127

投稿网址: www.special-cast.com

邮箱: tzzz@special-cast.com

