

离合器壳体压铸模推出机构的优化设计

曲太旭 侯丽彬 董少峥

(大连科技学院机械工程学院, 大连 116036)

摘要 以铝合金离合器壳体压铸件为例,介绍了其结构特点及在实际生产中存在的问题。针对由于定模局部包紧力过大而产生的铸件变形及微裂纹问题,在定模增加了碟簧推出机构,并对碟簧的选用进行了设计计算及校核;针对动模推出机构在模具维修维护中影响效率的问题,对动模推出机构进行了结构优化,采用一体式动模座板和压盖式限位块结构,方便模具拆卸和更换易损件。通过对离合器壳体压铸模推出机构进行优化设计,经多套复制模具的生产验证,大幅提升了铸件质量、生产效率,同时降低模具制作成本。

关键词 离合器壳体;压铸模;定模推出机构;一体式动模座板

中图分类号 TG249.2;TG146.21;TG241.1

文献标志码 A

DOI:10.15980/j.tzzz.T20240201

Optimization Design of Ejection Mechanism of Clutch Housing Die Casting Molds

QU Taixu, HOU Libin, DONG Shaozheng

(School of Mechanical Engineering, Dalian University of Science and Technology, Dalian 116036)

Abstract: Taking aluminum alloy clutch housing die casting as example, the structure characteristics and existing problems in actual production were introduced. In response to the problem of casting deformation and microcracks caused by excessive local clamping force in the fixed mold, a disc spring ejection mechanism was added to the fixed mold, and the selection of disc springs was designed, calculated, and verified. Aiming at the problems of efficiency impact of the moving mold ejection mechanism in mold maintenance and repair, the structure optimization of moving mold ejection mechanism was carried out, and an integrated moving mold plate and a gland type limit block structure were adopted to facilitate mold disassembly and replacement of vulnerable parts. Through the optimization and design of ejection mechanism for the clutch housing die casting mold, the quality and production efficiency of the castings are significantly enhanced, and the cost of mold manufacturing is reduced after production verification of multiple sets of replication molds.

Key Words: Clutch Housing, Die Casting Mold, Fixed Mold Ejection Mechanism, Integrated Dynamic Mold Plate

随着国内工业生产的迅速发展,我国模具行业发展迅速,目前压铸模具总产量仅次于美国,成为名副其实的压铸大国^[1]。压铸件广泛应用于汽车、摩托车、机械装备及电子产品。汽车发动机缸体、缸盖罩、链条盖、变速箱壳体和离合器壳体等较大零件均采用铝合金高压铸造。为满足大批量生产的要求,对压铸模具的质量、寿命及使用的可靠性提出了更高的要求。本研究以一款手动挡汽车离合器壳体为例,分析该壳体的结构特点及分型面选择,结合生产过程中存在的不良、维修维护情况,对离合器壳体压铸模的推出机构进行结构优化设计,为类似压铸件的开发提供

参考。

1 离合器壳体的结构特点及分型面选择

1.1 离合器壳体的结构特点

汽车离合器是安装在发动机与变速器之间的总成部件,是发动机和传动系统之间传递动力的部件。离合器壳体起到连接、支撑和保护离合器内部零部件的作用,提高离合器工作的稳定性。图1为某型手动挡汽车离合器壳体,其外轮廓尺寸为477 mm×358 mm×130 mm,平均壁厚为3.5 mm。从铸件结构来看,壳体

收稿日期:2024-05-12;修订日期:2024-07-18

基金项目:辽宁省教育厅基本科研资助项目(JYTMS20230526)

第一作者简介:曲太旭,男,1983年出生,副教授,E-mail:qutaixu666@sina.com

通信作者:侯丽彬,女,1968年出生,高级工程师,E-mail:houlubin_dalian@163.com

引用格式:曲太旭,侯丽彬,董少峥. 离合器壳体压铸模推出机构的优化设计[J]. 特种铸造及有色合金, 2025, 45(11): 1752-1756.

QU T X, HOU L B, DONG S Z. Optimization design of ejection mechanism of clutch housing die casting molds[J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2025, 45(11): 1752-1756.

铸件在两侧不同方向有两个腔体组成,一侧与发动机飞轮组连接侧有 $\phi 276.5\text{ mm}\times 122\text{ mm}$ 的腔体,另一侧与变速器壳体连接侧有最大直径为 $\phi 189\text{ mm}$ 台阶状的腔体,铸件两侧平面及侧向有多处螺栓安装凸台形成的厚壁区域。铸件材质为AlSi9Cu3(Fe),质量为6.1 kg。铸件加工后需要进行密封测试,在0.1 MPa压力下,泄漏量小于20 mL。

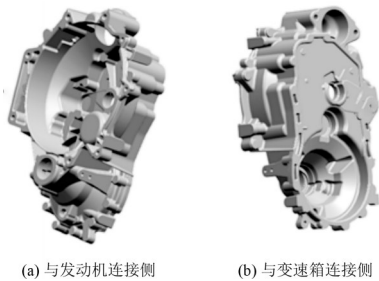


图1 离合器壳体3D形貌
Fig.1 3D morphologies of clutch housing

1.2 分型面的选择

压铸模具主要由动模和定模两部分组成,动模和定模的接触表面即为分型面^[2]。分型面一般选择在铸件外轮廓尺寸最大的断面,以保证铸件在开模后顺利从模具型腔中分离;同时要满足压铸件在开模后留在动模一侧,利用压铸机的推出机构可以顺利、平稳地将铸件推出,从而简化模具结构。结合离合器壳体的外形特点,分型面选择在两侧腔体的最大端面处,以侧向斜面过渡,形成折线分型面。起模斜度一致的型腔面(或型芯面)在一侧型腔中成形。要实现压铸件在开模后留在动模一侧,则需将包紧力大的一侧设为动模。包紧力的大小主要与铸件包裹的成形部分的表面积、壁厚、起模斜度等因素相关,因此将离合器壳体与发动机结合侧较大的装配腔室设置在动模,确定了铸件的主分型面。根据铸件局部形状的变化,对主分型面局部进行细化,确定离合器壳体分型面。图2为离合器壳体的分型面。

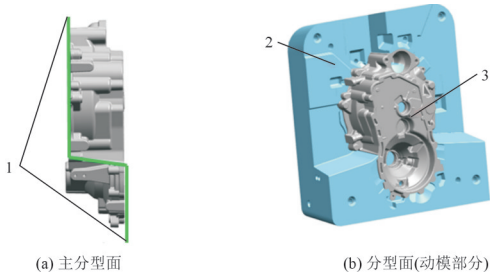


图2 离合器壳体分型面
Fig.2 Parting surface of clutch housing
1. 动模 2. 动模镶块 3. 铸件

2 定模推出机构的设计

2.1 存在的问题和分析

离合器壳体在批量生产时,存在变形及微裂纹缺陷,见图3。铸件毛坯变形约占报废件的60%以上,变形位置发生在离合器壳体与变速器壳体的结合面,下部翘起1~2 mm,批量生产时依靠增大毛坯底面和侧向孔的加工余量来抵消变形带来的缺陷,造成很大的浪费;微裂纹发生的位置固定在下部的螺栓凸台,无明显痕迹,不良率小,发生阶段为生产中后期。经分析,铸件两种缺陷均是因为铸件的结构导致的包紧力受力位置及方向各异而产生的。模具在开模瞬间受力状况见图4,动模包紧力和定模包紧力呈上下分布,方向相反,开模瞬间动模包紧力强制将壳体脱离定模,尽管定模下方有冲头推出力的作用,但由于内浇口处强度较低,在开模的瞬间冲头跟出力将横浇道与铸件在内浇口处断开,无法协助定模推出。模具使用初期,由于定模局部包紧力的作用致使铸件发生变形。到模龄中后期随着模具型腔表面出现龟裂,模具表面粗糙,定模局部包紧力加大,致使个别铸件出现微裂纹。

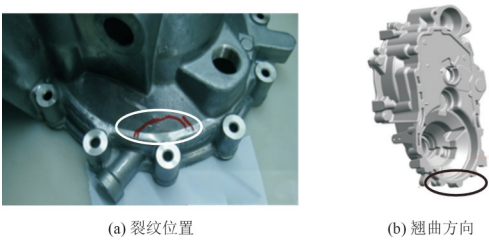


图3 离合器壳体缺陷位置
Fig.3 Defect location of clutch housing

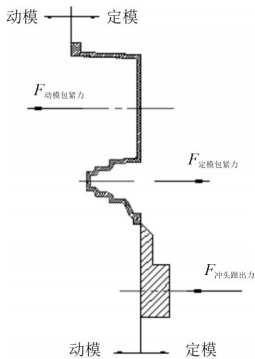


图4 离合器壳体开模时受力图
Fig.4 Force diagram of clutch housing during mold opening

针对离合器壳体这种特殊结构的铸件,即使开模后铸件整体会与定模脱离依附于动模上,但由于定模局部包紧力过大对铸件产生了不良影响,因此考虑在定模处增加推出机构,依靠定模推出机构的推出力在开模同时克服定模包紧力,强制使铸件与定模分离^[3],

避免铸件因受力不均产生变形。

2.2 定模推出的结构设计

压铸模具的定模推出机构常用碟簧推出和液压推出。液压缸推出常用于推出面积小、推出力集中场合,而离合器壳体定模推出的推杆分散布置在壳体腔体的下半部,在腔体圆周螺栓凸台处共设置 6 个推杆,推出范围较大,因此采用碟簧推出。定模推出机构的三维示意图见图 5,结构组成见图 6。工作过程如下:合模时动模镶块平面与该机构的复位杆接触,在合模力的作用下压缩碟簧,复位杆带动推杆固定板和推杆复位,合模结束,复位杆运动至与分型面平齐,此时安装在推板上的限位柱与压铸机定模板平齐。开模时处于压缩状态的碟簧释放松开,在碟簧的推力作用下,带动推板、推杆固定板运动,将推杆及复位杆推出高于分型面,从而实现在开模的同时将铸件从定模推出。定模推出距

离设计为 3~5 mm,由于推出距离小,不需要单独设置推出导向机构,复位杆设计在推板的 4 个角,同时起到推出导向的作用。

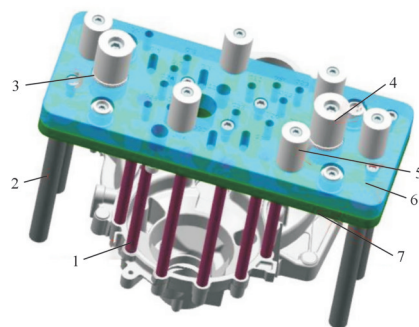


图 5 定模推出机构三维示意图

Fig.5 3D diagram of fixed mold ejection mechanism

1. 推杆 2. 复位杆 3. 碟簧 4. 碟簧支撑柱 5. 限位柱 6. 推板 7. 推杆固定板

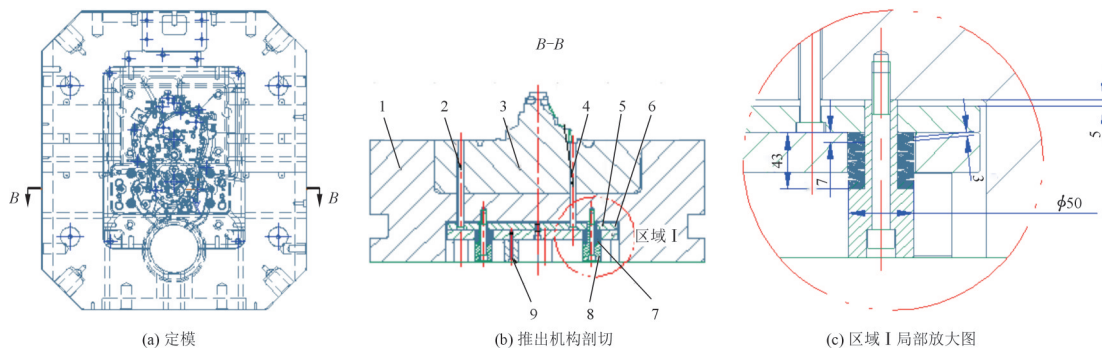


图 6 定模推出机构结构组成图

Fig.6 Structural diagram of fixed mold ejection mechanism

1. 动模套板 2. 复位杆 3. 定模镶块 4. 定模推杆 5. 推杆固定板 6. 推板 7. 碟簧 8. 碟簧支撑柱 9. 限位柱

2.3 定模推出力估算

推出力分初始推出力和相继推出力,初始推出力主要是克服铸件的包紧阻力,相继推出力主要是在铸件脱离型芯后继续推出时克服运动阻力。在设计定模推出时,只需计算初始推出力。推出力的估算公式为^[4]:

$$F = ALP(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)$$

式中, A 为被铸件包紧的型芯成形部分断面周长, mm; L 为被铸件包紧的型芯部分长度, mm; P 为挤压应力(单位面积的包紧力), 垂直于型芯表面, 铝合金 P 一般取 10~12 MPa; μ 为压铸合金对型芯的摩擦因数(一般取 0.20~0.25); α 为起模斜度。

从图 6b 可以看出, 定模镶块在中心成形区域为圆形台阶过渡形状, 主要由 6 部分凸台组成, 分别计算每部分的推出力, 计算结果见表 1。定模型芯总推出力 $\Sigma F_{\text{推}} = 42\,393\text{ N}$ 。

表 1 定模型芯推出力

Tab.1 Ejection force of fixed mold core

序号	直径/mm	长度/mm	起模斜度/(°)	推出力 F/N
1	189	28.0	1.5	27 417
2	172.6	15.8	70.5	—
3	120	20.2	10.0	1 674
4	110	25.4	40.0	—
5	62	25.8	1.5	8 287
6	47	20.6	1.5	5 015

2.4 碟簧的选用及校核

(1) 碟簧的选用 碟簧具有体积小、负荷大、组合使用方便等特性, 可以根据使用空间、负荷、行程等不同需求, 通过单片对合组合、多片叠合组合等方式获取不同的载荷和行程。在本模具定模推出机构中使用碟簧, 可以在保证足够的推出力的情况下有效地减小安装空间, 保证定模套板的强度。

依据本模具的定模推出结构, 共设计两处安装碟簧的位置, 处于定模推出机构纵向水平横向中心对称

位置,见图5,根据所需推出力,选用外径为 $\phi 50\text{ mm}$,厚度为 3 mm 的碟簧两片并联使用。为满足推出距离,选用6组串联组合。选用的碟簧参数见表2。碟簧结构示意图见图7。

表2 碟簧参数表

Tab.2 Parameters for disc spring

外径 D/mm	内径 d/mm	厚度 w/mm	高度 H/mm	h_0/mm	载荷 F/N			
					$0.25 h_0$	$0.5 h_0$	$0.75 h_0$	h_0
50	25.4	3	4.1	1.1	4 255	8 214	11 976	15 640

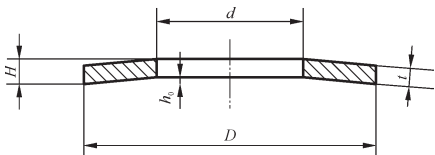


图7 碟簧结构示意图

Fig.7 Schematic diagram of disc spring

(2)推出力校核 选用直径为 $\phi 50\text{ mm}$,厚度为 3 mm 的碟簧,其压缩量为 $0.75 h_0$ 时,载荷为 $11\,976\text{ N}$ 。使用两片碟簧并联,机构中共设计两处碟簧推出,总的碟簧推出力 $F=47\,904\text{ N}$,大于定模型芯需要的推出力 $\sum F_{推}$ 。

(3)推出距离校核 选用的碟簧在需求的使用条件下,单片的压缩量 $f=0.83\text{ mm}$,本设计采用2片并联6组串联,见图6c,推出力为单片2倍,推出距离为单片6倍,其推出距离为 4.98 mm ,满足最大推出距离的要求。

3 动模推出机构的优化设计

3.1 问题提出

动模推出机构的组成主要由推出元件、复位元件、导向元件、限位元件及结构元件,通常动模推出机构的结构组成见图8。图8a中推出机构的动模座板为平板结构,限位钉固定在动模座板上;图8b中推出机构的动模座板为台阶式,与支板合为一体,同时内部台阶起到推出机构的限位作用。这两种结构存在一个共性问题,

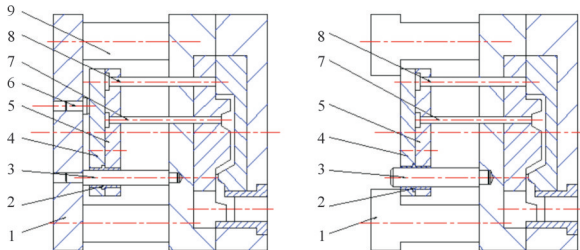


图8 动模推出机构结构组成图

Fig.8 Structure diagram of moving mold ejection mechanism

1. 动模座板 2. 推板导套 3. 推板导柱 4. 推板 5. 推杆固定板
6. 限位钉 7. 推杆 8. 复位杆 9. 支板

就是当需要更换推杆或动模冷却水等易损件时,必须拆卸动模座板。尤其是大型模具体积和质量大,并且连接螺栓尺寸大,拆卸动模座板的过程费时费力,严重影响生产效率。因此在复制模具时对动模推出机构进行优化。

3.2 离合器壳体动模结构优化

离合器壳体动模推出机构的结构优化方案见图9,动模座板采用一体式结构,装配时首先将推板导柱安装在动模座板的内台阶面上,推板导柱共4件分布在动模套板内腔四角处;定位销安装在动模座板与动模套板的结合面上。然后将带有推板导柱和定位销的动模座板安装到动模套板上,用螺栓固定连接。之后将推杆、复位杆、推板导套按顺序安装在推板上,再用螺栓与推板固定为推出组件,将推出组件安装到动模座板中;最后固定4个压盖式限位块。维修维护更换易损件时,只需将4个小限位块拆下,即可将带推杆的推出组件取出,方便、安全、可靠。一体式结构的动模座板结构见图9c,尺寸为 $1\,400\text{ mm}\times 1\,300\text{ mm}\times 270\text{ mm}$,采用50号钢,热处理后硬度(HB)为 $260\sim 300$ 。

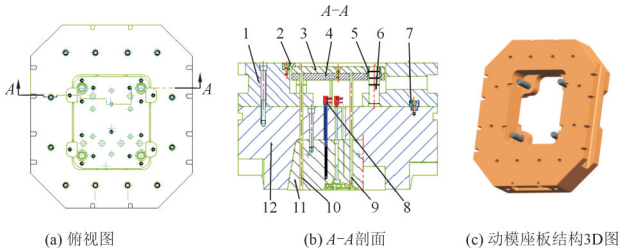


图9 离合器壳体推出机构结构组成图

Fig.9 Structure diagram of clutch housing ejection mechanism

1. 动模座板 2. 限位块 3. 推板 4. 推杆固定板 5. 推板导套
6. 推板导柱 7. 定位销 8. 冷却喷管 9. 推杆
10. 复位杆 11. 动模镶块 12. 动模套板

4 批量生产验证

离合器壳体在 $16\,000\text{ kN}$ 压铸机上生产,年产量30万件以上。推出机构的优化方案体现在复制模具上,经过十余副模具的生产验证,铸件产品品质明显提升,无因静模局部包紧力过大而产生的变形及裂纹,同时缩短了模具维修维护的时间,提高了生产效率。模具在定模采用碟簧推出机构,由于碟簧在使用过程中受交变应力和模具温度的影响,长时间使用会发生塑性变形,自由高度缩小弹性减弱。为避免碟簧失效的风险,模具在2万模次去应力保养拆解模具型腔的同时,将碟簧全部更换一次。一体式结构的动模座板,使用寿命达到50万以上,更换模具时可以通过维护和检测后循环使用,大幅降低了模具制造成本。