DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2020.11.013

汽车离合器壳体的优化设计

杨新强[1],万晓萌[2]

(1.陕西法士特汽车传动集团有限责任公司,陕西 宝鸡 722409; 2.陕西法士特汽车传动集团有限责任公司,陕西 西安 710119)

摘　要:通过对某重型汽车变速箱离合器壳体关键部位结构及成型过程进行研究,借助有限元分析软件,对产品重要部位进行优化,并采用 x 探伤、剖切取样等不同的测试手段,分析其优化前后产品差异。结果表明,优化的结构设计不仅能提高设计强度,减少产品内部组织缺陷,满足商用汽车变速器对离合器壳体使用要求,同时也可提高压铸工艺性,降低模具维修费用。

关键词:离合器壳体;产品失效;内部缺陷;结构优化;铸造工艺

中图分类号: TG249　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2020)11-1057-04

Design Optimisation of a Truck Clutch Housing

YANG Xinqiang[1], WAN Xiaomeng[2]

(1. Shaanxi Fast Auto Drive Group Co., Ltd., Baoji 722409, Shaanxi, China; 2. Shaanxi Fast Auto Drive Group Co., Ltd., Xi'an 710119, China)

Abstract: By studying the structure and forming process of the key parts of the gearbox clutch shell of a heavy truck, the important parts of the product were optimized with the help of the finite element analysis software, and the product differences before and after optimization were analyzed by means of X-ray detection, cutting sampling and other different testing methods. The results show that the reasonable product structure can not only improve the design strength and reduce the internal defects of the product, but also meet the requirements of the commercial automobile transmission on the clutch housing, improve the die casting process and reduce the maintenance cost of the mold.

Key words: clutch housing; product failure; internal defects; structure optimization; casting process

随着汽车工业轻量化迅速发展,对铝合金压铸件性能质量提出更高要求,优化的压铸件结构不仅能简化压铸模的结构,降低制造成本,同时也能降低产品成形过程的难易程度,改善压铸件性能及质量[1,2]。本文通过对某重型汽车变速箱离合器壳体关键部位结构及成型过程进行研究,借助有限元分析软件,x 射线探伤检测、剖切取样等不同的手段,分析其优化前后产品差异,最终确定了较优的结构设计方案,控制了压铸产品质量,提高了产品强度,解决了产品开裂问题,同时改善了压铸工艺性,为后续产品设计者提供一定借鉴。

1　离合器壳体原结构零件分析

图 1 为原离合器壳体结构设计。铸件材料为 ADC12 铝合金, 重量 14.5 kg, 外形尺寸 ϕ560.4 mm×175.2 mm,壁厚不均匀,平均壁厚 7 mm,左右两侧悬挂部位壁厚较厚,最大壁厚 41 mm,最小壁厚为 7 mm,减重槽密集且极深,最深区域面积 156 mm^2,深度尺寸 103 mm; 此铸件左右两侧带悬挂吊耳,承受较大拉力,对其结构及内部质量要求较高。数据显示,产品失效均为两侧悬挂部位开裂(图 2)。

2　离合器壳体原结构存在问题

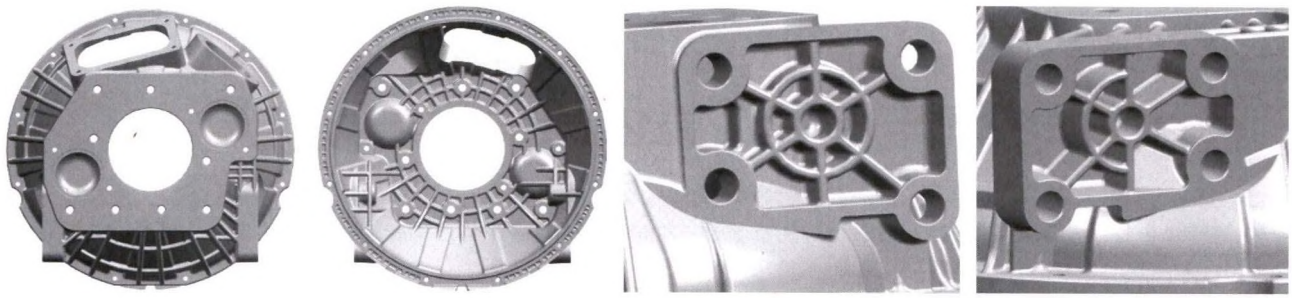
2.1　压铸工艺分析

通过生产验证, 因左右两侧悬挂部位壁厚差异较大,减重槽密集且极深,导致铸件在较厚部位,形成 4 mm 左右缩孔,铸件表面形成裂纹,使其承力能力下降,影响产品使用性能,且造成生产稳定性差,铸件报废比例达到 10%,图 3、图 4 为原结构压铸件 x 射线探伤及剖切检测情况。

现场生产时, 两侧悬挂部位模具喷涂冷却时间长,难以完全覆盖,滑块根部无法覆盖,图 5 表明,喷涂前及喷涂后两侧悬挂部位模具温度较高, 导致两侧粘铝严重,所需清理频次高,难度大,每班需花费 20~30 min 进行模具清理,造成生产效率低;模具两侧减重槽面积小,深度深(图 6),模具内部无法设计

收稿日期:2019-11-07

作者简介:杨新强(1985-),陕西宝鸡人,本科,中级工程师. 主要从事压铸工艺及模具设计方面的工作.
电话:0917-8567136,E-mail:408981159@qq.com



(a)正面　(b)反面　(c)左侧悬挂　(d)右侧悬挂

图 1 原离合器壳体三维模型
Fig.1 3D model of the original clutch housing

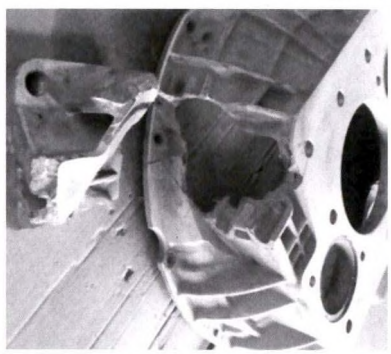


图 2 壳体开裂部位
Fig.2 Cracking location of the clutch housing

图 3 x 射线探伤
Fig.3 X-ray inspection

图 4 内部质量
Fig.4 Internal quantity

冷却机构，在生产过程中，易出现断裂，影响生产。滑块因其粘铝导致铸件表面质量差(图 7)，极易产生拉裂，造成一定比例报废。

2.2 壳体设计强度分析

使用有限元软件对原离合器壳体设计强度进行初步分析，图 8 所示，产品在使用过程中，两侧支撑部位存在较大应力集中现象，但两侧结构仅依靠少量加强筋进行强化(图 9)，部分悬空，其结构强度大大降低。

3 离合器壳体新结构开发

3.1 失效原因分析

(1)产品结构不合理造成铸件内部严重气孔、缩孔及裂纹。两侧悬挂部位局部区域壁厚较厚，在高压状态下凝固时，因其铸件的薄厚不均匀，冷却速度也不同，薄的部分先凝固，且速度要比厚大部分凝固速度快的多，此时厚壁处难以得到外部合金液的补缩，因此在压铸件的厚壁处形成气、缩孔及裂纹；又因减重槽窄小又较深，导致模具在设计时冷却水无法到达减重槽底部，喷涂亦无法覆盖，加剧了铸件内部缺陷的形成。

(2)产品设计结构不合理，两侧悬挂部位与基体依靠少数加强筋进行连接，部分悬空，产品载荷较大时，悬空部分受力不不均，极易造成开裂。

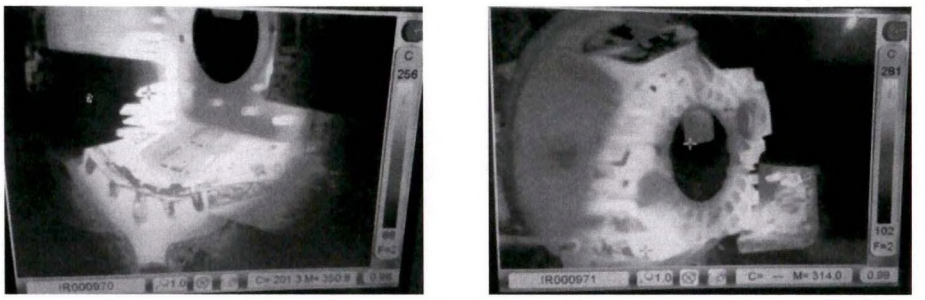
3.2 结构优化

通过分析离合器壳体原设计后，为增加其设计强度，将产品两侧悬挂部位贯通，完全与基体相连，消除悬空结构(图 10 A 位置)；内部两侧增加两处加强筋(图 10 B 位置)，用以提高产品强度。通过使用有限元软件对优化后离合器壳体(图 11)在各种工况下进行模拟分析，同等工况下，优化后悬挂区域特定部位强度提高 30%左右(图 12)。

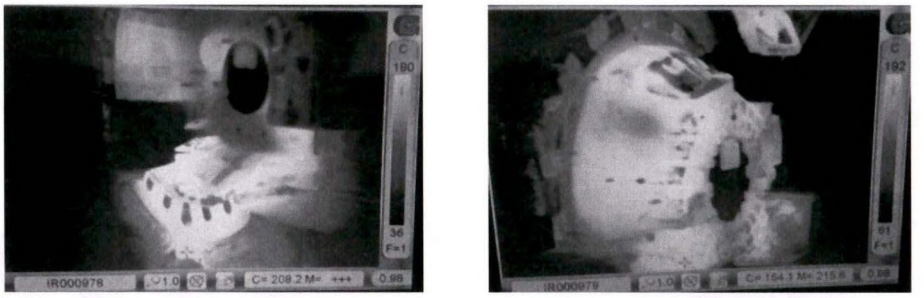
通过对产品两侧内部壁厚进行优化（图 10c、10d)，将其壁厚严格控制在 7 mm 左右，避免壁厚不均现象出现；取消产品背面深腔部位（图 10 C 位置)，将两侧减重槽深度从 34 mm 减少为 17 mm；所有减重槽部位面积尽可能扩大，增加其拔模斜度，提高铸造工艺性。

3.3 优化后结构对壳体质量及铸造工艺的影响

对优化后的离合器壳体产品进行试生产，因产



(a)喷涂前



(b)喷涂后

图 5 喷涂前后模具温度场

Fig.5 Mold temperature field before and after spraying

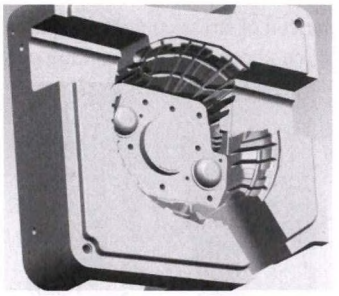


图 6 模具两侧减重槽

Fig.6 Weight reduction grooves on both sides of the mold

图 7 壳体粘铝情况

Fig.7 The housing of aluminum adhesion housing

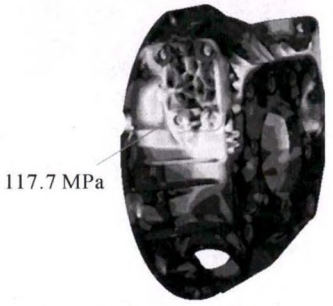


图 8 原壳体应力集中分析

Fig.8 Stress concentration analysis of the original housing

图 9 原壳体两侧结构

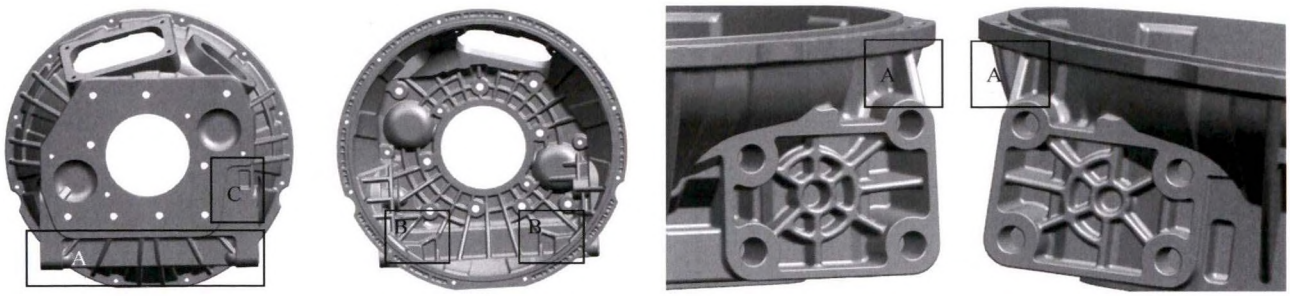
Fig.9 The original housing side construction

品壁厚均匀，保证了铸件在凝固时收缩一致，有效的解决了铸件内部缩孔及裂纹问题；两侧壁厚深度减少，使其模具内部冷却及喷涂效果增强，进一步减少了铸件内部缺陷，生产稳定，成品率提高至99%[1]。通过对 x 探伤(图 13)检验及剖切观察(图 14)，产品两侧气、缩孔缺陷基本消除，内部组织致密，薄厚过渡合理，产品质量可控，满足了使用要求(图 15)。

优化后产品结构改善了模具两侧粘铝倾向，提高了产品表面质量，降低了清理难度及时间，使生产节拍从 180 s 减少为 150 s；由于取消了产品深腔区域，杜绝了模具断裂倾向，减少了模具维修费用[3]。

4 结论

(1)基于铝合金离合器壳体产品设计及压铸工艺的研究，优化了产品内外结构，使两侧悬挂部位贯通，消除了悬空结构，内部增加强筋，提高了产品设计强度。



(a)正面　(b)反面　(c)左侧悬挂　(d)右侧悬挂

图 10 优化后离合器壳体三维模型

Fig.10 3D model of the clutch housing after optimization

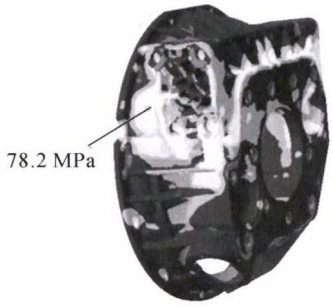


图 11 优化后壳体应力集中分析

Fig.11 Stress concentration analysis of the housing after optimization

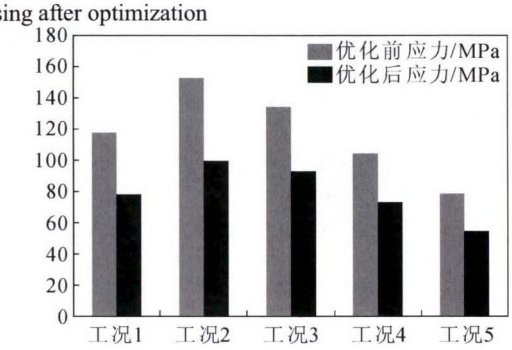


图 12 同种工况下优化前后应力集中对比

Fig.12 Comparison of stress concentration before and after optimization under the same working conditions

图 13 优化后壳体 x 射线探伤

Fig.13 X-ray inspection after optimization

图 14 优化后壳体内部质量

Fig.14 Internal quantity after optimization

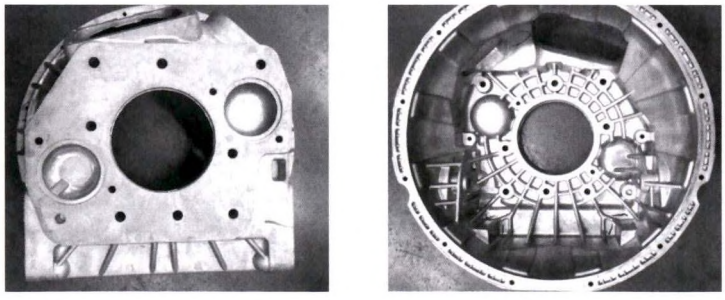


图 15 优化后合格产品

Fig.15 Qualified products after optimization

(2)优化后产品，两侧悬挂部位壁厚均匀，外部减重槽高度降低，消除了内部气孔、缩松、裂纹缺陷，其生产稳定性及产品合格率提高，经过 x 射线探伤检测和剖切断面检测，压铸件质量良好，内部组织致密，未发现气、缩孔缺陷，产品强度满足了使用要求。

(3)优化后产品，改善了模具两侧粘铝倾向，提高了产品表面质量，降低了清理难度及时间，提高了生产效率，同时杜绝了因产品深腔带来的模具断裂倾向，减少了模具维修费用。

参考文献：

[1] 马红兵，传海军. 后盖壳体结构对铸造缺陷和性能的影响[J].铸造技术，2015，64(10)：1042-1045.

[2] 葛晓宏，赵文，李辉，等. 基于 CAE 的铝合金轮毂盖压铸模具设计及分析[C]// 中国铸造活动周论文集.济南：2013.

[3] 刘琪明，陈振宇. 铝合金压铸下箱体的浇注系统设计与优化[J].特种铸造及有色合金，2015，35(1)：61-62.