

[研究·设计]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2015.02.002

变速箱多向挤压铸造补缩位置和补缩力的研究

王淑花, 郑忠明, 黄俊, 季磊

(浙江工业大学 浙江省特种装备制造与先进加工技术重点实验室, 浙江 杭州 310014)

摘要:针对目前复杂铸件成形存在的缩松缩孔问题,以某铝合金摩托车变速箱为研究对象,利用专业铸造软件 Procast 进行数值模拟。研究了铸件充型和凝固过程的温度场,预测了缩松缩孔的位置。模拟结果表明,缩松缩孔位置出现在气缸孔处,因此将挤压头设置在该处进行锻压补缩。根据经验公式初步确定补缩力大小,然后对变速箱进行多向挤压铸造模拟,最终确定补缩力大小。最后,根据优化的工艺参数开展试验研究,获得高品质铸件。

关键词:多向挤压铸造;补缩;数值模拟;温度场

中图分类号: TG29; TP391.7

文献标志码: A

文章编号: 1005-2895(2015)02-0006-04

Study on Feeding Region and Force of Gearbox in Multidirectional Squeeze Casting

WANG Shuhua, ZHENG Zhongming, HUANG Jun, JI Lei

(Key Laboratory of E&M (Zhejiang University of Technology), Ministry of Education & Zhejiang Province, Hangzhou 310014, China)

Abstract: Aiming at solving the problem of shrinkage in complex squeeze casting, motorcycle gearbox was taken as the research object, and the numerical simulation was done with the professional casting analysis software procast. The temperature field of filling and solidification process was analyzed, and the region of shrinkage porosity was predicted. The results show that the shrinkage porosity occurs in the cylinder bore, therefore, the extrusion head can be arranged in the feeding region. According to the empirical formula, the feeding force was preliminarily determined, and then the numerical simulation of motorcycle gearbox was made to determine the feeding force eventually. With the optimum technological parameters, the experiment was carried out to achieve high quality casting.

Key words: multidirectional squeeze casting; feeding; numerical simulation; temperature field

近年来,随着车辆轻量化要求的提高,合金件的性能指标及结构复杂性也在逐年提高。形状复杂、壁厚差大、外形尺寸要求精准的高档铸件用传统的铸造方法成形存在很多问题。

多向挤压铸造是一种正在发展的铸造新技术^[1],其采用多次多方向挤压,能提供全方位的挤压压力,避免了传统铸造中压力单向性的缺点,进行全方位的压力补缩,消除缩松缩孔等缺陷。

铸造工艺参数决定了铸件的成形质量^[2-4],而多向挤铸中的补缩力是最主要的参数。为了实现最佳补缩效果,必须对铸件缺陷进行预测,找到合适的补缩位置。若补缩力过小,则铸件缩松缩孔等缺陷无法消除,

反之,补缩力过大,会对模具造成很大冲击,增加能量消耗^[5]。目前,补缩力主要通过经验公式确定^[6],对于结构复杂铸件,计算数值相差较大,因此补缩力大小的确定对消除铸件缺陷具有十分重要的意义。

1 缩松缩孔位置预测

1.1 模型的建立

以变速箱为研究对象,在 Pro/E 中对其进行建模,其三维模型见图 1。同时在 Pro/E 中对其模具进行建模,装配后另存为 stp 格式,导入 ProCAST 进行模拟分析^[7]。

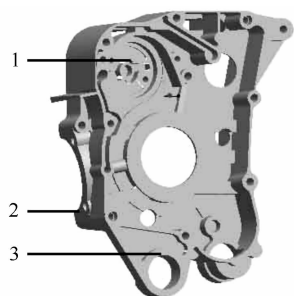
1.2 数值模拟过程与结果

1) 参数设置

收稿日期:2014-07-28;修回日期:2014-08-31

基金项目:浙江省重点科技创新团队计划资助项目(2012R10002-06)

作者简介:王淑花(1987),女,河北保定人,硕士,浙江工业大学助理实验师,主要研究方向为材料成型。E-mail: wangsh@zjut.edu.cn



1—油泵;2—汽缸孔;3—支撑孔

图1 变速箱三维模型

Figure 1 Three dimensional model of gearbox

导入网格模型文件,选择一般挤压铸造的计算方法。铸件材料设为YL113,模拟参数参照某铸造厂的间接铸造工艺参数来设置:挤压力为140 MPa、浇注温度为720 ℃、模具温度为240 ℃、充型速度为1.6 m/s、保压时间为8 s。

2) 结果与分析

变速箱型腔完全充满共用时0.62 s,选取4个时间点来说明整个充型状态和温度分布,如图2所示。挤压前,液态金属储存在挤压缸内,挤压开始时,金属液逐渐通过浇道,0.16 s进入变速箱型腔,合金温度为680 ℃。在0.32 s时,金属液充满了变速箱80%的区域,液体温度为650 ℃。在0.42 s时,金属液充满铸件大部分区域,此时的合金温度为612 ℃,同时,铸件表面的金属液温度开始逐渐下降,如图2(c)所示。在0.62 s时,金属液完全充满铸件,变速箱表面的合金温度为562 ℃,如图2(d)所示。综上可知,变速箱充型过程顺利,不会发生浇不足等缺陷。

结束充型后,变速箱进入凝固时段,变速箱在薄壁处凝固较快,在油泵、汽缸孔、支撑孔等厚壁处凝固较慢,如图3所示;缩松缩孔缺陷也分布在这些部位,如图4所示。

2 补缩位置和补缩力的确定

2.1 补缩位置的确定

根据变速箱数值模拟结果,可知缩松缩孔主要集中在汽缸孔处,具体位置如图4所示。汽缸连接面的面积为28.2 cm²,是3处中面积最大的,该处壁厚为14 mm,是变速箱壁厚较大的部位,符合补缩面的选择要求^[8]。因此,将汽缸孔设置为补缩位置,挤压方向与挤压充型缸垂直,指向变速箱内侧。综上可知,变速箱多向挤压铸造共有2个挤压头,一个用来挤压充型,一个用来局部锻压补缩。

2.2 补缩力的确定

补缩力是挤压铸造机对半固态的合金施加的锻造

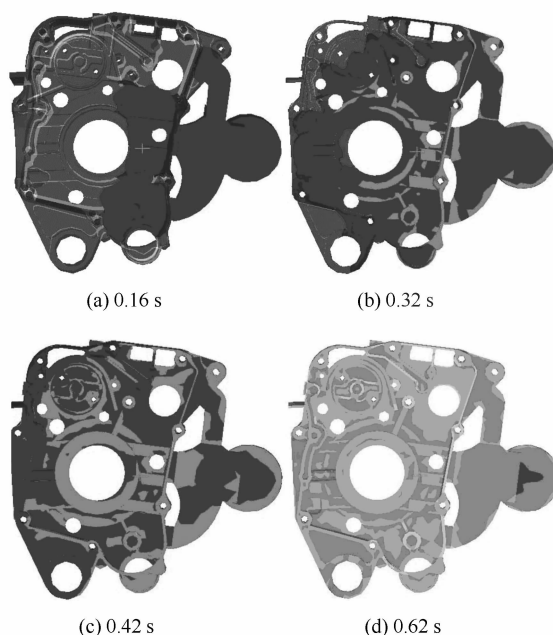


图2 各时段充型状态和温度分布

Figure 2 Temperature field of filling process

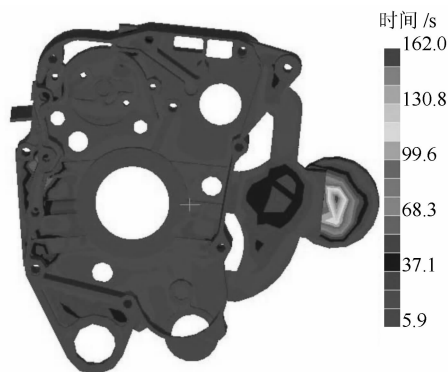


图3 铸件凝固时间

Figure 3 Solidification time of casting

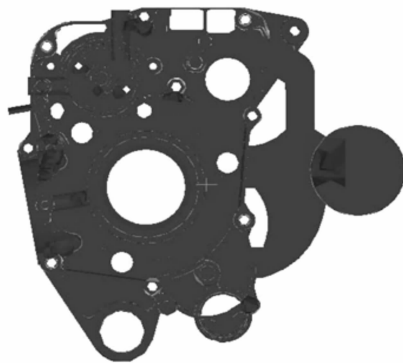


图4 缩松缩孔位置

Figure 4 Region of shrinkage porosity

力。补缩力的主要作用是对局部厚大且易出现缩松缩孔的部位进行二次挤压,提高组织致密度,消除缩松缩

孔缺陷^[9]。

由于目前未有更好的方法准确确定补缩力,因此,在确定补缩力大小时,一般按照经验公式计算。

$$p = 1.43\sigma_s A$$

式中: p 为补缩力/kN; σ_s 为合金在补缩温度下的屈服极限/MPa; A 为铸件在与补缩力垂直方向上的投影面积/ cm^2 。

铝合金的补缩温度在 520 ℃ 左右,此时 σ_s 在 10 ~ 16 MPa 左右,变速箱在与补缩力垂直方向上的投影面面积 175.54 cm^2 ,根据压头直径进行换算,最终确定补缩比压在 150.2 ~ 204.5 MPa 左右。

2.3 多向挤压铸造数值模拟结果分析

对变速箱进行多向挤压铸造数值模拟,补缩位置设在变速箱气缸孔处,工艺参数采用间接挤压铸造时的参数组合,补缩开始时间为固相率达到 50% 时,为 8.6 s。补缩持续时间为固相率达到 90% 时,为 8 s。根据经验公式,补缩力大小设为 150, 170, 190, 210 MPa 共 4 组进行模拟,具体结果如图 5 所示。

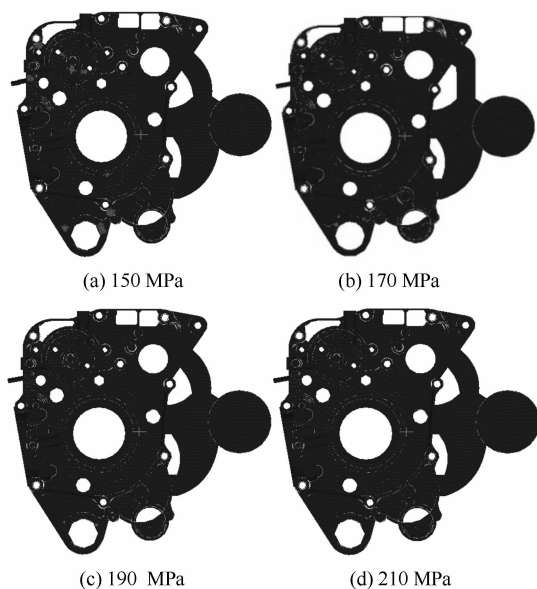


图 5 不同补缩力下的缩松缩孔分布

Figure 5 Distribution of shrinkage porosity in different feeding force

由图 5 可知,随着补缩力的增大,铸件产生塑性变形,缩松缩孔区域逐渐减少^[10-11]。当补缩力在 170 ~ 210 MPa 时,已无明显缩松缩孔,考虑到补缩力对模具的负担,可确定补缩力大小为 170 MPa。

3 多向挤压铸造试验

根据优化的工艺参数(如表 1 所示)开展多次多向挤压铸造试验。多向挤压铸造模具如图 6 所示,通

过实验得到最优铸件如图 7 所示,铸件无缩松缩孔缺陷,力学性能优良。

表 1 工艺参数

Table 1 Process parameters

挤压力/ MPa	浇注 温度/℃	模具 温度/℃	充型速度/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	保压 时间/s	补缩 延时/s
170	720	240	1.6	8	8.5

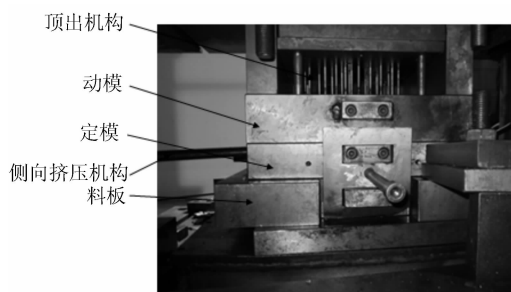


图 6 铸造模具

Figure 6 Die casting



图 7 变速箱铸件

Figure 7 Gearbox casting

4 结语

1) 多向挤压铸造中,通过铸造模拟软件预测补缩位置,并将补缩头设置在该处进行锻压补缩。

2) 根据经验公式获得的补缩力不够准确,需要通过进一步的模拟和试验进行确定。

3) 通过多向挤压铸造得到的变速箱铸件力学性能高,无明显缺陷,符合生产要求。

参考文献:

- [1] 汪意. 曲轴箱多向挤压铸造补缩工艺研究[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2011.
- [2] 陈乐平. 工艺参数对防眩板注射残余应力的影响分析[J]. 杭州: 轻工机械, 2012, 30(2): 30-33.
- [3] 沈家栋. 铝合金活塞高频振动铸造成型工艺研究[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2012.
- [4] 马益诚, 黄列群, 潘东杰, 等. 铁型覆砂铸造行星架的凝固模拟及工艺优化[J]. 机电工程, 2013, 30(6): 714-716.

(下转第 13 页)