

挤压铸造 ADC12 铝合金端盖裂纹的产生及防止措施

胡志强¹ 罗继相^{1,2} 黄毅¹

(1.广州金邦液态模锻技术有限公司; 2.武汉理工大学物流工程学院)

摘 要 从产品结构、材料成分、模具结构、工艺方法等方面系统分析了挤压铸造 ADC12 铝合金端盖件裂纹产生的原因,针对裂纹缺陷提出了应对措施。通过提高补缩压力,减少保压和留模时间,出模后淬火冷却等方法,有效地消除了裂纹。

关键词 铝合金 ADC12;挤压铸造;端盖裂纹

中图分类号 TG146.21;TG249.2

文献标志码 A

DOI:10.15980/j.tzzz.2021.06.023

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Origination of Crack in Squeezing Casting ADC12 Alloy End Cover and Preventing Measures

Hu Zhiqiang¹, Luo Jixiang^{1,2}, Huang Yi¹

(1.Guangzhou Kinbon Liquid Forging Technology Co., Ltd.;

2.School of Logistic Engineering, Wuhan University of Technology)

Abstract: From aspects of product structure, material composition, mould structure and processing measures, origination of crack in squeezing casting ADC12 aluminum alloy end cover was analyzed. Aiming at the crack defects, the preventing measures were provided, and the satisfied effects were obtained through increasing feeding pressure, decreasing holding time and quenching in water.

Key Words: ADC12 Alloy, Squeezing Casting, Crack

铸造铝合金具有较高的比强度、良好的铸造性能和耐蚀性能,被广泛应用于军工、航天、航空、汽车、机械等领域^[1],尤其在汽车发动机缸体方面应用前景十分广阔。ADC12 铝合金属于 Al-Si-Cu 系合金,具有良好的铸造性能^[2],且铸件强度高、热膨胀系数小、耐腐蚀性能高及切削性能好,是汽车发动机缸体的理想材料,但其塑性较差。另外,ADC12 铝合金挤压铸造与 A356、A354 相比,其强度更高,铸态硬度(HB)可达到 100 以上,但由于塑性较低,有较大的裂纹倾向,因此,ADC12 铝合金挤压铸造件裂纹是急需解决的最主要问题之一。

1 挤压铸造裂纹产生的原因分析

某空调风机上的端盖见图 1,材质为 ADC12 铝合金,采用挤压铸造成形,其结构为盖形体和通心圆柱结合,壁厚为 5~10 mm,壁厚较为均匀,圆柱内需压入轴承,因此该产品对强度要求较高。

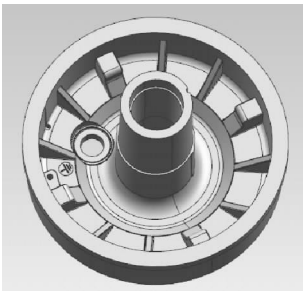


图 1 端盖产品图

Fig.1 ADC12 aluminum alloy end cover

1.1 铸造裂纹种类

按形成机理一般把铝合金铸造裂纹分为:冷裂纹和热裂纹两种。热裂纹经常产生在铸件的拐角、截面厚度变化大以及局部冷却凝固滞后的位置,因为这些位置容易出现应力集中,从而拉应力较大,导致铸件开裂。在挤压铸造过程中通常不存在单一的冷裂纹或热裂纹,大部分都是先产生热裂纹,然后在冷却的过程中由热裂纹发展成冷裂纹^[3]。

收稿日期:2020-11-20;修改稿收到日期:2020-12-28
第一作者简介:胡志强,男,1991 年出生,助理工程师,广州(511340),E-mail:6643630494@qq.com
引用格式:胡志强,罗继相,黄毅. 挤压铸造 ADC12 铝合金端盖裂纹的产生及防止措施[J]. 特种铸造及有色合金,2021,41(6):776-778.
HU Z Q, LUO J X, HUANG Y. Origination of crack in squeezing casting ADC12 alloy end cover and preventing measures[J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2021, 41(6):776-778.

1.2 端盖裂纹原因分析

1.2.1 裂纹分析

端盖铸件裂纹在铸造时产生,放置 1~2 天后,裂纹进一步扩展。裂纹分布于圆柱和浇口的中间拐角处,长约 20 mm,见图 2。裂纹从铸件表面开始,逐渐延伸到铸件内部,其金相显微组织见图 3。从金相组织图可测量出裂纹深度约为 0.7 mm,宽为 0.03~0.06 mm。该裂纹在冷却的过程中进一步扩展成冷裂纹。

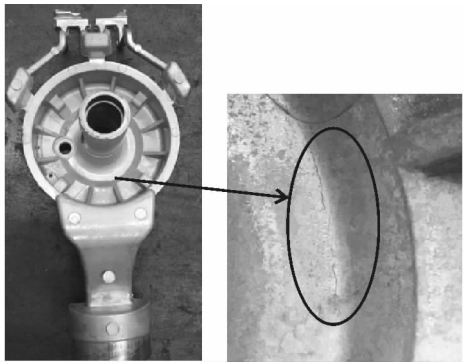


图 2 裂纹分布位置

Fig.2 Crack distribution position

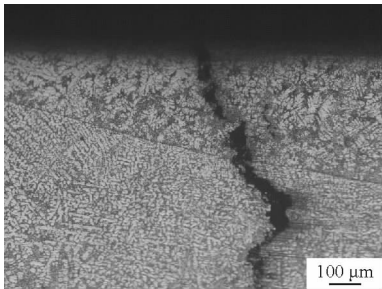


图 3 显微组织中裂纹形貌

Fig.3 Morphology of cracks in the microstructure

1.2.2 结构分析

图 4 为铸件面剖面图。从铸件结构可见,圆柱根部 and 浇口侧壁较厚,凝固时产生较大的收缩应力,而在中间的拐角处,由于截面厚度的改变,产生较大的拉伸应力,使拐角出现力集中,导致铸件开裂。

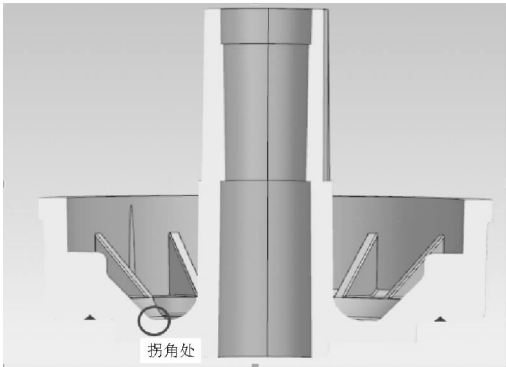


图 4 产品面剖面图

Fig.4 Section view of product

1.2.3 材料分析

与 A356、A354 合金相比,ADC12 铝合金中由于 Si 含量较高,在 9.6%~12% 之间,铸态硬度(HB)可以达到 100 以上,因收缩较大,塑性较差,产生裂纹的倾向性较大。

1.2.4 模具及工艺分析

模具动模设在端盖开口包紧一侧,结构见图 5。在铸件凝固过程中,铸件整体向中间凝固收缩,其中心圆柱收缩更大,而侧壁的收缩因型芯而受阻,即在圆柱与侧壁之间产生较大的拉应力。

由于动模温度较高,且冷却水无法有效地冷却动模温度使其达到平衡,造成动模温度偏差较大,见图 6,裂纹产生在对应区域,也是模具温度最高区域,模温高达 355 ℃。由于模具温度较高,铝液在该区域冷凝缓慢且最后凝固,在该部位产生拉应力,导致裂纹产生。

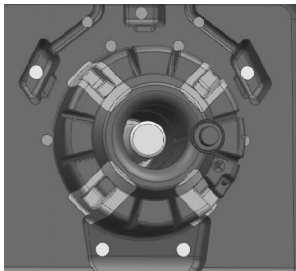


图 5 模具结构

Fig.5 Mould structure



图 6 模温检测

Fig.6 Mould temperature detection

2 裂纹防止措施

为进一步分析裂纹形成的原因,对铸件凝固过程做了模流分析,结果见图 7。可以看出,位于零件中间圆柱根部和下端浇口处为最后凝固区域。

为了消除裂纹缺陷,主要从两方面着手,一是提高成形件的强度,即抗裂纹能力;二是减少或释放应力,避免应力过大。

为提高铸件的强度,增加抗裂纹能力,采取如下措施:

(1)对铝液进行变质处理 ADC12 铝合金中 Si 含量高,塑性较差,通过在合金液中加入适量的 Sr 能使其 α 相得到一定程度的细化,Si 相由针片状转变为短纤维状,金相组织见图 8。同时,Sr 的加入能显著提高合金的力学性能,见图 9^[4]。

(2)提高铸造压力 增加补缩效果,提高铸件强度。压射压力和增压压力对铸件的性能都有影响,适当提高铸造压力可细化合金中的初生 α -Al 枝晶,使铸件性能提高。在无增压条件下,仅采用较大的压射压力也可使

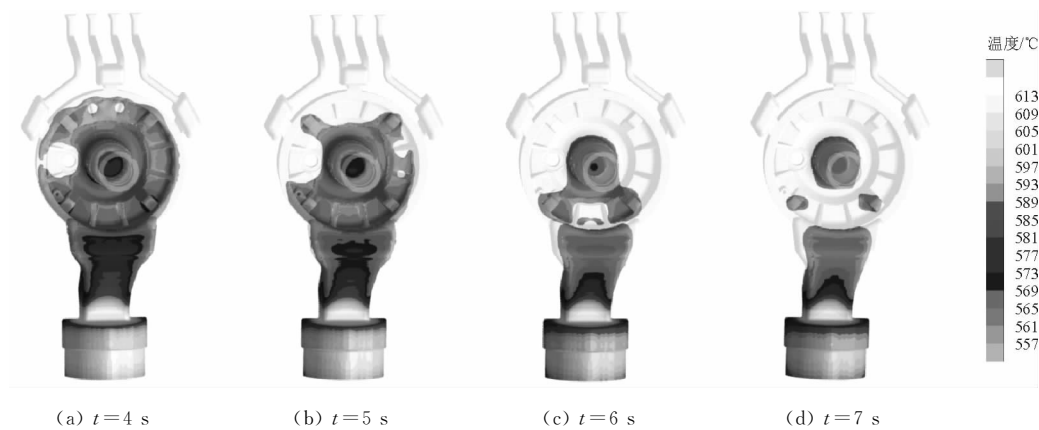


图 7 ADC12 挤压铸件凝固过程模拟

Fig.7 Solidification field analysis of squeezing ADC12 alloy end cover

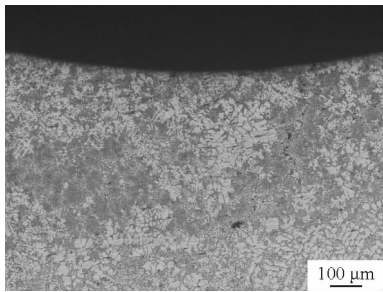


图 8 加 Sr 后 ADC12 合金的显微组织

Fig.8 Microstructure of ADC12 alloy after adding Sr

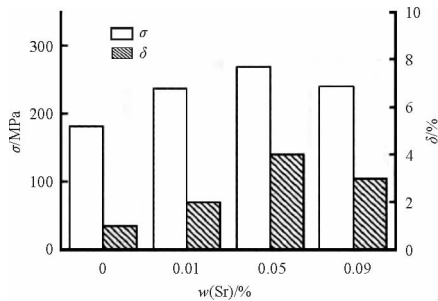


图 9 不同 Sr 加入量下 ADC12 合金的力学性能

Fig.9 Mechanical properties of ADC12 alloy with different Sr content

铸件获得较好的力学性能^[5]。

为避免应力集中,采取了如下措施。

第一,缩短保压时间,以避免因铸件凝固收缩时,由于模具阻碍而产生较大应力;通过对保压时间的调节来控制产品的留模时间。在试验中,设置了 3 组保压时间进行对比,分别为 8、12 和 16 s,每组生产 30 件产品,经过对比发现,当保压时间较低时,铸件局部位置未完全凝固,X 射线检测后发现缩松、缩孔缺陷,但裂纹出现较少;随着保压时间延长,X 射线检测后未发现缩松、缩孔缺陷,但裂纹出现较多,试验结果见表 1。

第二,出模后淬火冷却,以增加铸件表面淬硬性,提高铸件强度,减少裂纹的扩展。在相同工艺下,分别取 50 件铸件做空冷和淬火冷却,发现空气冷却后的挤压

表 1 不同保压时间的端盖缺陷分布

Tab.1 Defect distribution of end cover at different holding time

保压时间/s	缩松缩孔/件	裂纹/件
8	13	1
12	0	2
16	0	15

铸件约有 20% 出现裂纹,淬火冷却后的挤压铸件仅有 2% 出现裂纹,表明出模后淬火冷却能降低裂纹出现可能性。

3 结 论

(1)在 ADC12 合金中加入适量的 Sr 能使其组织得到较大程度的细化,同时,Sr 的加入能显著提高合金的力学性能。

(2)提高铸造压力,增加补缩效果,可提高铸件强度。

(3)在保证铸件完全凝固的情况下,尽量减少保压和留模时间,能有效地减少铸件因在模具中受阻而产生的收缩应力。

(4)出模后淬火冷却,能增加表面淬硬性,提高挤压铸件强度,有效地减少或消除裂纹。

参 考 文 献

[1] 王蒙蒙,张德恩,卢锦德,等. Al-Cu-Mn 系新型铝合金热处理工艺研究[J].热加工工艺,2013,42(6):159-163.
[2] HUANG X, YAN H. Effect of trace La addition on microstructure and mechanical property of as-cast ADC12 Al-alloy[J].Journal of Wuhan University of Technology(Materials Science),2013,28(1): 202-205.
[3] 张立志,余明,夏仁专.铸件裂纹的形成原因及防止方法[J].煤矿机械,2007(11): 104-106.
[4] 熊俊杰,闫洪,揭小平. Sr 变质对 ADC12 组织及性能的影响[J].功能材料,2016, 47(8): 8 104-8 108.
[5] 纪连清,熊守美,村上正幸,等.压力对 ADC12 铝合金超低速铸件组织及力学性能的影响[J].铸造,2007, 56(11): 1 167-1 170.

(编辑:张正贺)