DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2020.03.016

重力铸造铝合金压壳的顶浇工艺实践

万　俊,山田 伸宏
(光生赤木(昆山)铝工业有限公司 技术质量部,江苏 苏州 215332)

摘　要:压壳的金属型顶浇工艺最主要的是解决落差冲击造成的乱流卷渣问题,以及指向性凝固问题。本文从浇铸落差与浇口大小对压壳渣孔的影响进行了计算分析,借助模流分析软件 Anycasting 对下模底部不同高度冷却柱的铝液充型进行了模拟,并且将模拟与计算分析结果与生产实践验证。结果表明,解决与改善了常见的渣孔问题。

关键词:重力铸造;顶浇工艺;浇口尺寸;冷却柱高度

中图分类号:TG249　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2020)03-0273-03

Practice of Gravity Top Casting Process for Aluminum Alloy Compressor Housing

WAN Jun, YAMADA Nobuhiro
(Technical quality Department, Kosei Akagi Kunshan Aluminium Co., Ltd., Suzhou 215332, China)

Abstract: The most important part of the metal mold top gravity casting process of the shell was to solve the problems of turbulent flow and slag entrainment caused by drop impact and directional solidification. The influence of casting drop and gate size on shell slag hole was calculated and analyzed. The liquid aluminum filling patterns of cooling columns at different heights at the bottom of the lower mold were simulated with the help of mold flow analysis software Anycasting, and the simulation, calculation and analysis results were verified with the production practice. The results show that the common slag hole problem is solved and improved.

Key words: gravity casting; top casting; gate size; cooling column

铝合金金属型铸造工艺大体分为压力铸造与重力铸造,其中重力铸造分为直立式浇铸与倾斜式浇铸,而直立式铸造又分顶浇与侧浇。金属型顶浇工艺使用的立式铸造机结构简单,成本低。金属型冷却速度快,所得铸件组织致密,普遍应用于涡轮增压器的压壳铸造。但顶浇工艺存在因从顶部自由落下的铝液与模具底端面冲击而造成的喷溅问题[1]。这样二次氧化会在铸件表面或内部形成渣孔,加工后表现在加工面上,进气口高的压壳该问题尤为突出,是不良率高的主要原因。我司通过对落差高度,浇口大小,与冷却柱高度的试验,得出较适宜参数,提高了良品率。

1　产品及缺陷简介

1.1　产品

C289压壳是汽车涡轮增压器上的零部件,主要由进气口,出气口,螺旋形流道组成。材质为AC4C(ZL101),铸件重5.2 kg,总高140 mm,见图1。铸件要求不得有大于0.5 mm的缩孔,气孔,渣孔等铸造缺陷,铸件需经100%漏气检测,漏气量不得大于2 mL/min(压力140 kPa)。

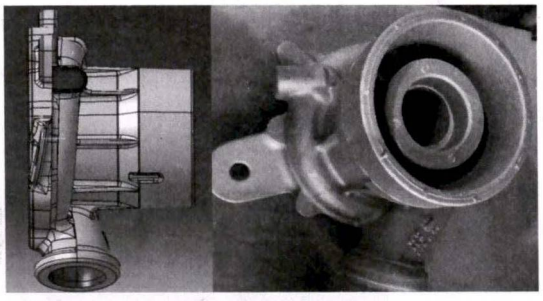


图 1　铸件结构图
Fig.1　Structure of casting

1.2　工艺方案

采用以往有类似开发经验的压壳产品的顶浇工艺,水平分型。外形由金属型形成,进气口形状,出气口形状及流道由砂芯形成。下模除使用水冷外,中心还使用铁芯冷却,如图2。

1.3　量产初期时的主要缺陷

产品在量产初期时的不良率在42%左右,通过缺陷类型统计分析,发现进气口外侧上部的渣孔是影响合格率的主要原因,占总不良的70%,如

收稿日期:2020-01-17

作者简介:万　俊(1969-),宁夏中宁人,工程师,硕士.主要从事铝合金重力铸造与加工方面的工作.
电话:0512-57607170-27,E-mail: wanjunjp@163.com

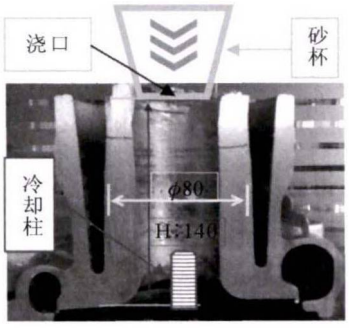


图 2 工艺方案示意图
Fig.2 Sketch of casting method

图3。

2 缺陷原因分析

2.1 顶浇系统落差

原浇口高度设计为同外进气口等高，铝液从顶部落到模具底端面落差 h_j为140 mm。假设起始速度为0 m/s，忽略浇口流速损耗，根据重力势能与动能的转化公式

$$v=\sqrt{2gh_j} \tag{1}$$

可算出落到模具底端面的速度v为1.66 m/s，其中g为重力加速度。为防止金属液产生飞溅，出现二次造渣现象，金属液的最大流速铝合金应≯1.50 m/s[2]。可见原设计落差大造成冲击速度大，铝液喷溅过激，导致氧化造渣严重[3]。

2.2 砂杯浇口大小

砂杯的内环口为给汤口。原设计给汤口直径为80 mm，远远超出了浇铸重与浇口大小关系的经验值。这一点在后面的浇口大小计算中会知晓。浇口大造成给汤流量大，液面上升速度快，砂芯在金属液作用下发生的气体不能及时排除，型腔中的气体压力增大，在浇口杯中出现翻腾现象。原砂杯剖面示意如图4。

2.3 下模冷却柱高度

中心肉厚部使用铁芯冷却是常用的手段[4]，原设计铁芯冷却柱的高度为90 mm，最大限度地追求了冷却效果，但从铝液注入一开始就使其发散，造成吸气氧化造渣。这一点在后面的模流分析中也得到了验证。

3 主要改善措施

3.1 减小落差

根据顶浇系统的铝液落差应≤100 mm[4]。将原设计的浇口高度，除去加工余量2 mm外，最大限度降低到接近加工后成品高度，但只能降低到120 mm，故又将浇口延长出20 mm内环，如图5所示。根据公式(1)可算出改善后浇口即落差h_j减小到100 mm后，铝液从浇口落到模具底端面时的速度降为1.41 m/s，铝液最大流速被控制在1.50 m/s以内。

3.2 减小砂杯浇口直径

浇口面积与浇注重可按如下经验公式计算[4]：

$$F_{min}=\frac{G}{\eta t\sqrt{H}},\ H=H_0+\frac{h_0^2}{2h},\ t=s\cdot\sqrt[3]{G} \tag{2}$$

式中，F_{min}为浇口最小截面积，cm²；G为通过浇口的铝液量，kg；t为充型时间，s；H为平均压头（浇杯液面高

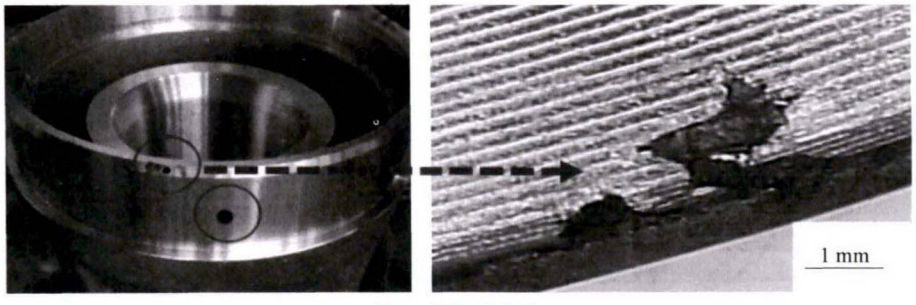


图 3 进气口渣孔
Fig.3 Slag hole on air inlet

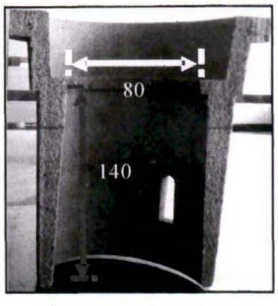


图 4 原砂杯示意图
Fig.4 Sketch of original sand cup

图 5 改善后砂杯示意图
Fig.5 Sketch of modified sand cup

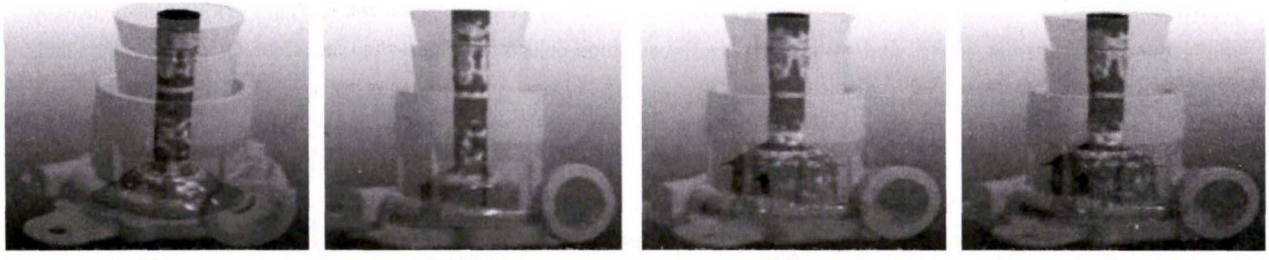
度)，cm；η为流量系数，0.04～0.07；s为铸件壁厚系数，3～4；H_0为浇杯高度，cm；h_0为浇口以上铸件高度，cm；h为铸件高度，cm。铸件重G为5.2 kg，浇杯高度H_0为12 cm，浇口高度H_j为10 cm，η取0.05，s取4，浇口以上铸件高度h_0为4 cm，铸件高度h为14 cm。按公式(2)计算得到浇口最小截面积F_{min}为4.24 cm^2，最小浇口直径为2.32 cm。西安理工大学的学者研究认为[5]，计算出来的浇口截面积一般偏小。考虑到支架处肉薄容易欠铸与进气口补缩等因素，实际浇口直径减小到4.0 cm。

3.3　下模冷却柱高度调整

为了确定合适的铁芯冷却柱高度，使用Any-Casting模流分析软件对不同高度冷却柱30、50、70、90 mm进行了充型模流分析，从模拟结果看出铝液从冷却柱顶呈伞状落下，型腔的空气被后续注入的铝液填充。冷却柱高度不同，状态有差异，铝液填充到产品中上部后，冷却柱对后续的填充状态影响变小。不同高度冷却柱对铝液初期充型的影响模拟结果如图6。从图6看出，模拟冷却柱高度为30 mm的情况下，初期铝液中有空气被包围，有被后续的铝液冲挤到某角落形成皮下气孔的风险。模拟冷却柱为70 mm与90 mm高度的情况下，铝液从注入一开始就使其飞溅发散，造成吸气二次氧化造渣现象。模拟冷却柱高度为50 mm的情况下，铝液初期充填较为平稳，故实际选择使用的铁芯冷却柱高度为50 mm。

4　改善效果

减小浇口尺寸为40 mm，降低落差为100 mm，降低冷却柱高度为50 mm后，经2批次各1 200件的生产验证，渣孔的发生率明显降低，合格率上升，综合不良率降低到11.7%。因毛坯进气口中心材料高度降低了20 mm，铸件重减少了0.2 kg，从而缩短了进气口加工时间2.17 min。



(a)30 mm　(b)50 mm　(c)70 mm　(d)90 mm

图 6 不同冷却柱高度下的铝液初期充填示意图

Fig.6 Sketch of initial filling of liquid aluminum at different cooling column height

5　结语

(1)金属型顶浇工艺为重力铸造方法，可以得到尺寸精度高，内部致密的铸件，但落差高低，浇口大小，冷却柱高度等铸造工艺参数的设计是否合适对铸件质量影响很大。

(2)在产品开发初期要根据铸件的结构特点，落差要尽可能的小，浇口大小要进行充分论证计算，模拟冷却柱高度等关键工艺参数，是缩短开发周期，提高试制合格率的有效办法。

参考文献：

[1]　颜丹丹，陈善明，高文嫱. AlSi7Mg汽车涡轮增压器压壳重力铸造数值分析与缺陷预测[J]. 铸造技术，2018，39(10)：2289-2291.

[2]　姜不居，特种铸造[M]. 北京：中国水利水电出版社，2005.

[3]　饶磊，胡启耀，朱炼兵，等. 浇注系统设计对铸件夹渣行为的影响研究[J]. 热加工工艺，2013，42(11)：45-48.

[4]　张士林，任颂赞. 简明铝合金手册[M]. 上海：上海科学技术文献出版社，2002.

[5]　李新亚，铸造手册，第5卷，铸造工艺[M]. 3版. 北京：机械工业出版社，2014.

杭州文特机电有限公司

热处理炉、加热炉、工业自动化工程、环保节能工程、机电设备的设计、制造、加工、安装、技术开发、技术咨询、技术服务。工业自动化设备、仪器仪表、工业炉窑配件、计算机等的生产、批发、零售。

地址：杭州市西湖区万塘路 262 号 6 号楼 5-65 室

厂址：长兴县林城镇午山岗开发区

联系人：丁为兵

电话：15088362822

传真：0572-6087688

邮箱：dwb150@163.com