铸造铝合金件的工艺设计及优化

西安文理学院物理与机械电子工程学院 （陕西 710065） 王 欢 何斌锋

近年来，我国铸造业正向铸造强国的方向发展，铸造产业也将迎来一次新的变革，在铸造工艺设计上趋向于计算机技术的应用，在铸造材料上也趋于高强度轻量化特点。其中铸造铝合金是我国铸造业重点发展的新型材料，同时它也将被广泛用于其他行业，尤其在汽车、航空等行业，有很大的发展前景。

铝合金为传统的金属材料，密度小，强度高，流动性好，熔炼温度低，特别适用于金属型铸造、压铸、挤压铸造。但对于单件小批生产，若采用金属造型或压铸，会增加铸造成本，使产品变得很不经济。而砂型铸造因不受零件大小、形状、复杂程度及合金种类的限制，造型材料来源广，生产准备周期短，成本低而被广泛应用。本文以铝硅合金砂型铸造为例，设计了零件的铸造工艺。

一、铸件要求及工艺设计

1. 铸件要求

此零件为ZL101的封闭开关外体，是用于航空业的压力阀，在满足正常使用的情况下，对铸件要求在0.5MPa的煤油压力下进行渗漏试验，保持5min不得有渗漏，铸件如图1所示。

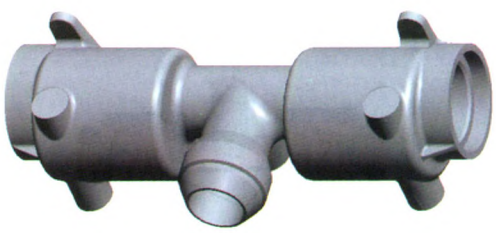


图1 铝合金铸件的三维实体

2. 铸造工艺设计

该封闭开关外体零件质量为0.81kg，属于小型壁厚不均的薄壁件，铸造难度较大。在此拟定为用树脂砂手工造型的铸造方法，其型芯为干砂，冷铁为45钢，铸造材料为ZL101，浇注温度为720℃，生产类型为单件小批生产。根据铸件的厚大部分应放在上部或侧面的分型原则，确定出分型面。根据铸件的结构特点确定浇注位置，如图2所示。

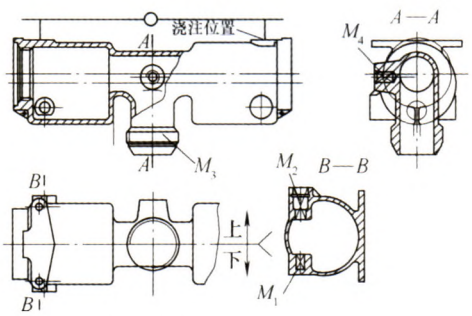
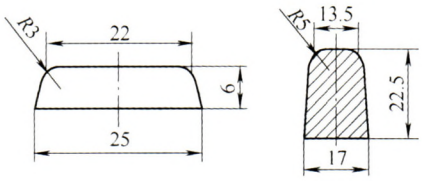


图2 浇注位置和铸件的分型面

铸造材料为铝合金，极易氧化吸气，凝固体积收缩率大，易产生缩孔、缩松，且混入铝液中的氧化物很难浮起，使铝液中存有夹杂。因此对浇注系统的要求有：快速；平稳充型；不产生飞溅、冲击和涡流；有强的挡渣能力；并使铸件进行顺序凝固。故选择开放式浇注系统，浇注系统各部分比例为：$\Sigma F_{直}:\Sigma F_{横}:\Sigma F_{内}=1:(2\sim3):(1.5\sim4)$。

根据公式计算出浇注系统的阻流截面1.99cm^2。因此直浇道的最小直径为$D_{直}$=1.5957cm，取整得$D_{直}$=16mm。根据比例分别求出其他部分的截面面积$F_{内}=2\times1.5=3$（cm^2），$F_{单内}=1.5$（cm^2），面积为$F_{横}=2\times4=8$（cm^2），则$F_{横单}=4$（cm^2），规格如图3所示。



(a) 内浇道　　(b) 横浇道

图3　浇注系统各部分截面及尺寸

3. 冷铁和冒口的设计

根据铸件的结构特点，对于下箱铸件厚大部位M_1（见图2）采用增加冷铁的方法，而上箱M_2则采用加冒口的方法，进行顺序凝固。

根据相关计算，对M_1、M_3处均采用厚度为10mm的冷铁。对M_2、M_4处分别采用ϕ24mm×40mm、ϕ26mm×40mm的暗冒口，冒口颈长度为5mm。根据以上参数可确定铸件浇注系统及补缩系统，如图4所示。

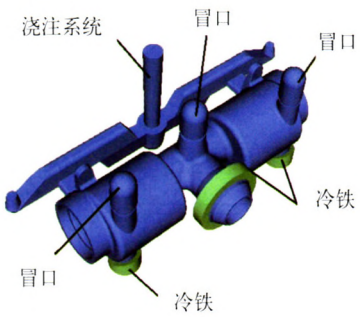


图4　浇注系统及补缩系统

二、铸件充型及凝固过程的数值模拟

1. 铸件的凝固过程模拟

图5为凝固过程模拟结果，图中透明的部分表明此部位的金属已经凝固。从模拟结果可以看出，冒口先于铸件凝固，因此基本没有起到补缩作用，那么在这些区域肯定会产生铸造缺陷。图6为缺陷预测，从结果可以看出，在铸件安放冒口的位置出现了铸造缺陷。

（a）凝固时间15000s　　（b）凝固时间25000s

（c）凝固时间30000s

图5　凝固过程

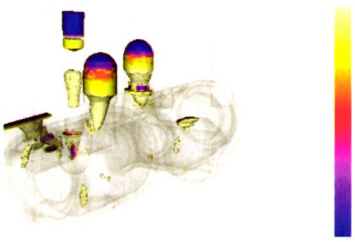


图6　缺陷预测

2. 工艺优化

根据图6的预测结果，进行两次优化：

（1）将扁平状截面的内浇道改为高梯形截面，但不改变截面积。

（2）将M_2、M_4处冒口增大至ϕ36mm×54mm、ϕ42mm×63mm，将M_1处改为冒口补缩，规格为ϕ24mm×47mm。

（3）将内浇道模数增大，规格如图7所示。

（4）将初次优化时在砂芯上加冷铁改为在铸件外部加冷铁的方法，如图8所示。

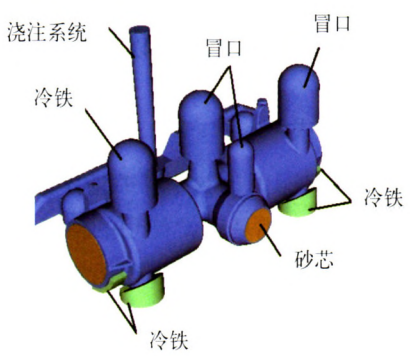


图7　整个铸件的装配

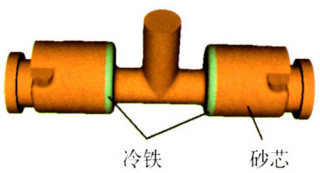
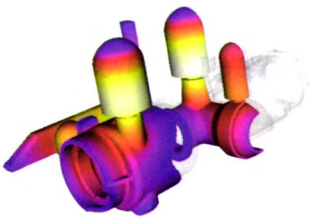


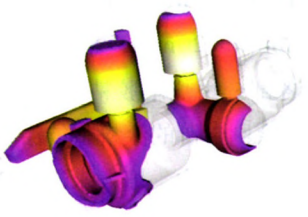
图8　砂芯的装配

根据此次改动，凝固结果如图9所示，缺陷预测如图10所示。

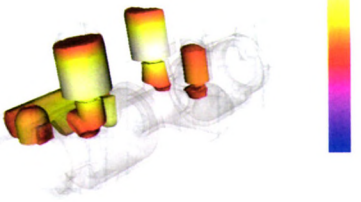
由图10可知，经过两次优化设计，铸件最终达到无缺陷的结果。



（a）凝固时间20000s



（b）凝固时间25000s



（c）凝固时间45000s

图9　凝固结果

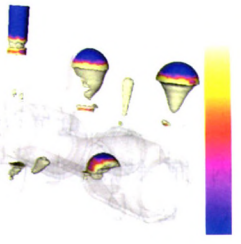


图10　缺陷预测

3. 充型过程模拟

其充型过程模拟结果如图11所示。

整个充型过程历时4.9s，充型时间不会过长，符合此铸件生产要求。充型过程中，金属液由分型面处开始填充，液面上升平稳，没有出现金属液间的碰撞和紊流现象。

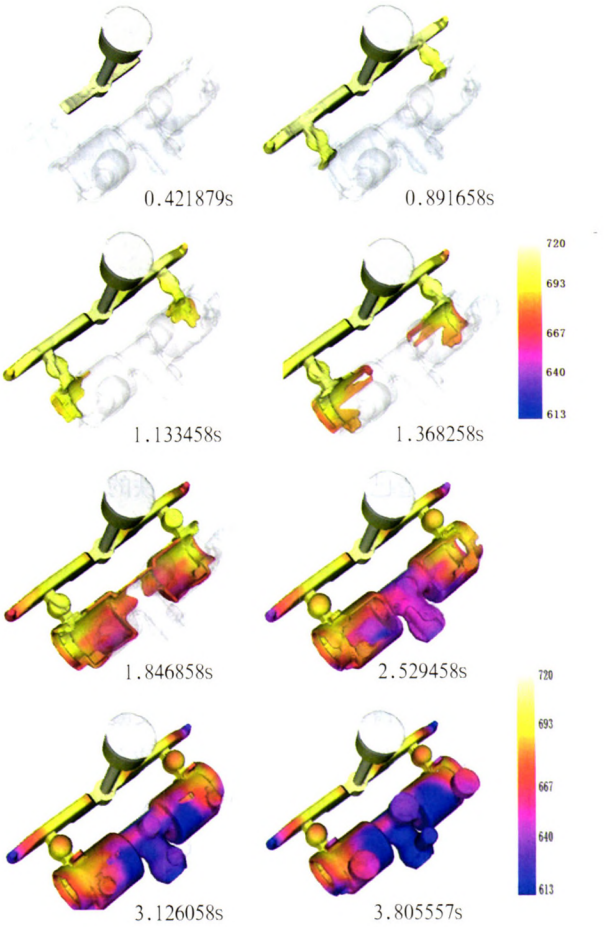


图11　优化设计后的充型模拟

三、结语

（1）根据零件的结构特点和技术要求，确定了造型方法、分型面、浇注位置和铸造工艺参数等，设计了砂芯的结构和浇注系统，并根据铸件的特点计算出冒口和冷铁的大小，但未计入薄壁处的补缩和冷铁的加入使冒口的补缩能力增强等因素，使冒口体积过小，冒口补缩效果不佳。

（2）根据两次模拟结果，在M_1处的有效激冷范围内再添加冷铁，在圆角处也使用冷铁，将M_3处改用冒口补缩，M_2和M_4的冒口适当增大，将内浇道改为高梯形。

另外，将内浇道的截面模数适量增大，对M_3处冒口进行了优化，在M_1处也进一步做了调整。结果表明，由于内浇道和M_2处冒口的共同补缩，使铸件最终达到无缺陷的结果。

（3）对优化后的工艺方案进行充型模拟，模拟的结果显示，充型平稳，没有产生飞溅，冲击和涡流，验证了优化工艺的合理性。MW　（20131010）