基于Anycasting软件的砂型铸造模拟分析

侯文伟，郑宝堂

摘要：通过对不同工艺方案的模拟分析，直观评判各种方案的优劣，节省投产验证时间、缩短周期，节约生产成本。通过Anycasting软件对铁路货车上使用的从板工艺方案进行计算机数值模拟，分析其所产生的质量缺陷，采取改进措施。

关键词：铸造模拟；工艺方案；Anycasting；分型面

在传统的铸造工艺设计过程中主要依赖于现场实际经验，对工艺优劣性的评判也主要依据后期生产过程中铸件质量状况，而且内部缺陷（如缩松、缩孔、卷气等）不易观察，通常需要小批量投产试制后，采取破坏性解剖或工业CT扫描等手段对其进行初步评判，然后根据实际状况对原工艺进行调整、优化。这种设计方法不仅具有盲从性，倚重以往经验，而且优化工艺的过程需投产试制，周期长，成本高，内在缺陷预见性及可控性差，已远不能满足现代铸造业对成本、质量及生产周期的要求。20世纪90年代起，铸造行业开始逐渐采用计算机模拟技术对铸造工艺进行前期模拟分析，通过计算机模拟分析，可以直观观察铸件凝固成形过程，提前预判缺陷，改正、优化铸造工艺，缩短周期，节约成本。现在市场上较具影响的模拟软件有Anycasting、Procast、MAGMAsoft、Soldia、华铸CAED等。下面我们用Anycasting软件对铁路货车铸件进行模拟分析，对现有铸造工艺进行优化。

一、产品介绍

铁路货车上有许多铸造零件，大到转向架中的摇枕、侧架，小到车钩连接缓冲装置中的钩体、钩舌、从板及转动套等。以前文献中对摇枕、侧架、钩体所做的模拟分析较多，但对从板、转动套等小件模拟较少，而实际生产中从板等平板类铸件质量问题较为严重，因此我们运用Anycasting软件对从板进行模拟分析，对现有工艺进行优化。图1是17型从板三维模型（16型从板与其结构类似，以17型从板为例进行分析），从产品模型我们可以看出，从板顶面为与钩体尾部配合的球面，其两侧为圆弧突肩，底面为大平面，整体结构为铸造行业“不铸板不铸杆”类的平板类铸件，我们通过对各种工艺方案的模拟分析，寻找最为合适的工艺，以提高铸造质量。

二、原工艺方案模拟分析

原有工艺方案以底面平面为分型面，一箱6件，潮模砂气冲造型，内浇道设在从板宽度方向两侧，模样两侧设排气道，如图2所示。

1. 参数设置

（1）设置可变网格　从板长度方向（*X*方向）两个区域网格数量各100，宽度方向（*Z*方

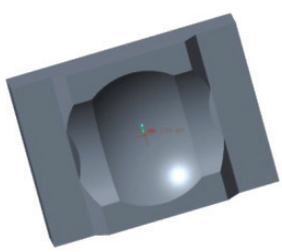


图1　从板三维模型

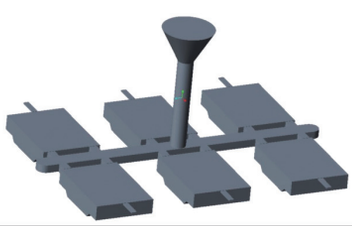


图2　原工艺方案示意

向）三个区域网格数量均为70个，厚度方向（*Y*方向）一个区域网格数量30个，每个方向其余区域均自动过渡，总网格数为13176450个。需要说明的是，虽然网格划分越细模拟越真实，但网格数过多将导致计算量过大，软件出现错误，以此次模拟为例，在前面三个方向网格设置成150个、100个、50个及100个、80个、40个时网格数量分别为42299760个、23143560个，但后期计算出现错误，因此在网格划分过程中，不能一味追求网格越小越好，必须合理设置网格数量。

（2）材料　从板材质为E级钢。

（3）传热系数　模拟中设置空气与其他实体传热系数均为0.001W/（m^2·℃），铸型与砂型传热系数为0.1W/（m^2·℃）。

（4）初始条件　砂型温度25℃，浇注温度1550℃，浇注速度30cm/s，重力加速度9.8m/s^2。

2. 模拟结果及分析

（1）充型分析　通过对充型时间及充型顺序的模拟可以看到，钢液先填充横浇道两侧的4个铸件，两侧填充满后再填充中间2个铸件，如图3所示。

（2）凝固分析　为了方便观察铸件内部凝固顺序，在模拟凝固顺序时选择反向云图。通过分析可以看出，中间2个铸件先凝固，两侧4个铸件后凝固，如图4所示。凝固初期，中间两个铸件的两侧形成孤立液相，由于没有钢液补充，因此在最后凝固部位必然产生缩孔缺陷，通过剖面可以进一步确认缺陷部位，如图5所示。随着铸件的逐步凝固，两侧4个铸件在四周壁厚较厚处形成一圈孤立液相，直至最后形成4个各自孤立的点，这些孤立液相最终必然形成缩孔或缩松缺陷，如图6所示。为了验证模拟效果，按逐层切片方式对铸件进行解剖，发现存在很大缩孔，部位与模拟中的孤立液相部位相同，如图7所示。由此可以看出，模拟结果较为准确。

（3）卷气分析　通过卷气顺序分析可以看出，虽然已在每个模样上设置了排气通道，但由于排气道凝固较快，在钢液凝固至底面大平面时，仍会包裹少量气体，同时对铸型温度场进行分析可以看出，充型早而凝固晚，两侧的4个铸件长时间处于高温状态，致使其平面部位长时间被钢液烘烤，极易发生变形、掉砂、粘砂等缺陷，如图8所示。

由此可以看出，该方案无论是缩孔、缩松、卷气、掉砂，还是外观质量，都不能有效防止缺陷产生，同时，由于该方案采用底部大平面作为分型面，因此一旦砂箱合不严或胀箱，厚度尺寸将超出公差，严重时需要通过机床进行加工。

三、加设冒口方案

为了使冒口模数尽可能大以延长补缩时间，我们将冒口设为接近球形。前期各项参数保持不变，通过分析可以看出，加设冒口之后充型顺序基本与原方案一致，都是两侧先填充，四周后填

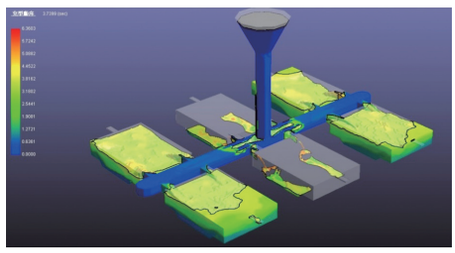


图3　充型顺序模拟

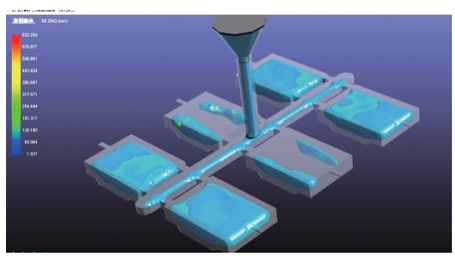


图4　凝固顺序模拟

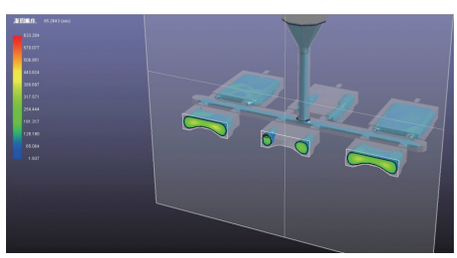


图5　中间铸件孤立液相剖面

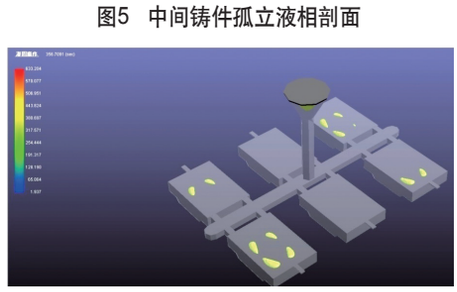
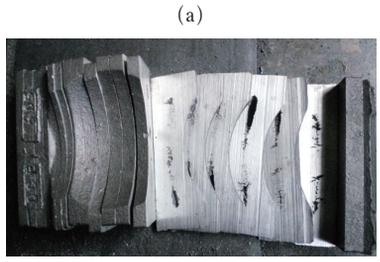


图6　两侧铸件孤立液相

(a)



(b)

图7　锯切剖面及缺陷

充。而凝固顺序则有显著不同，增加冒口之后，冒口与铸件形成新的热节，新热节凝固较晚，能对铸件原有热节形成补缩，因此使原方案的缩孔部位不再有缩孔缺陷，新的缩孔产生在冒口与铸件交接的中央部位，如图9所示。在碳弧气刨切割冒口的过程中，缺陷随冒口切离铸件。通过对加设冒口后的铸件进行锯切解剖可以看出，铸件内部无缩孔缺陷，内部密实度等级达到1级，如图10所示。

四、重新设置分型面

如前所述，原两个方案均为大平面分型，钢液上升至最后时对大平面形成长时间的烘烤，掉砂、粘砂等缺陷十分严重。同时，如果砂箱出现合不严或胀箱的情况，铸件厚度将会超差，需要进行加工。为此，我们重新设置铸件的分型面，选择厚度剖面的对角线做为分型面。经过三维软件SolidWorks起模分析，各面起模斜度均无倒稍，可采取此面作为分型面，如图11所示。

对角面分型后，先不使用冒口对其进行模拟，其余参数与之前设置相同，模拟结果如图12所示。

从模拟结果可以看出，同平面分型时一样，对角分型时依旧会存在缩孔缺陷，只是相比于平面分型，缺陷集中于远离浇道一侧。为了消除缩孔，我们依旧对其设置冒口，利用冒口进行补缩，然后对结果进行模拟，结果如图13所示。

图8　大平面部位的掉砂、粘砂缺陷

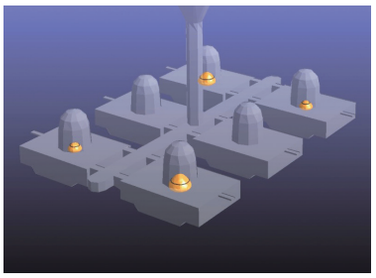


图9　冒口与铸件热节的孤立液相

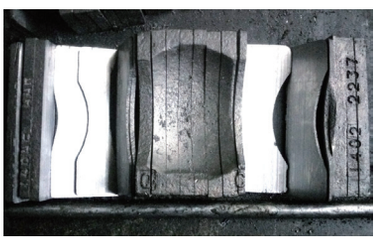


图10　增加冒口后铸件内部密实度

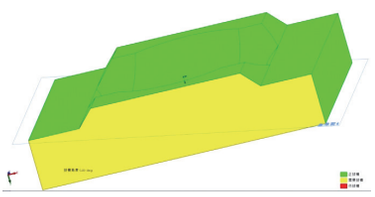


图11　对角面作为分型面时的起模分析

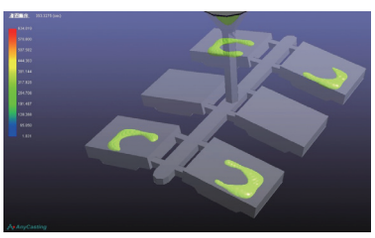


图12　对角分型凝固顺序模拟

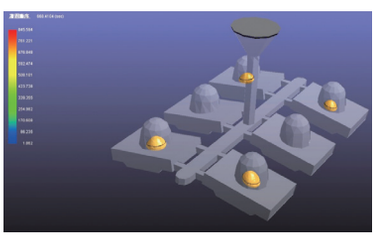


图13　对角分型冒口补缩

五、结语

通过对不同工艺方案的模拟及验证，我们可以看出：

（1）通过运用Anycasting铸造模拟软件，对铸造凝固过程进行模拟分析，可以直观地预判缺陷，实现铸造过程可视化，模拟结果较为准确。

（2）通过对不同工艺方案的模拟分析对比，可以及早地从不同方案中选择较优方案，省去大量的小批量试制投产验证环节，节约生产成本，缩短投产周期，为选择工艺方案提供了更为可靠的参考。

（3）本例中平板类铸件结构虽然较为简单，但铸造缺陷较多，为了提高铸件外观质量，可采用厚度方向对角面分型的方式来防止大平面部位缺陷，同时为了提高内部密实度质量，可加设冒口对其进行补缩。

作者简介：侯文伟，中车齐齐哈尔车辆有限公司，工程师，从事铸造工艺研究和模具制造工艺等方面的工作。郑宝堂，中车齐齐哈尔车辆有限公司，铸造工程师，从事铁路货车车钩铸件铸造工艺的设计工作。

MW 20161002