

A356.2 低压铸造铝合金轮毂缩松分析及改善措施

张丽娟

(保定市立中车轮制造有限公司, 保定 071000)

摘要: 铝合金轮毂铸造生产中各部位容易产生缩松缺陷, 且是铸件缺陷当中最常见的缺陷。通过铸造模拟分析软件分析铝合金铸件缩松产生的原因, 并通过设置合理的冷却风道及工艺改善此缺陷。

关键词: 铝合金轮毂; 良品率; R 角缩松; 轮辐缩松; 热节; 顺序凝固

DOI:10.19475/j.cnki.issn1674-957x.2020.04.034

前几年汽车行业发展迅猛, 铝合金轮毂供不应求, 各轮毂公司也没有太追求良品率、轻量化, 但这几年铝合金轮毂行业已进入了微利时代, 竞争也进入了白热化阶段, 各轮毂公司在提升产品良品率、毛坯轻量化、产品轻量化方面大力发展。

铝合金轮毂制造技术是多种多样的, 而铝合金轮毂的铸造工艺, 目前主要有两种: 一种是金属型重力铸造, 一种是低压铸造, 低压铸造还在其中占着最重要的地位。低压铸造相对重力铸造来说优点主要是: 铸件是在压力下结晶, 内部组织比较致密, 机械性能好; 金属材料利用率相对较高。其实, 这也只是和重力铸造相比。低压铸造本身也是有很多问题的, 也亟待解决。

铝合金铸造是必须符合顺序凝固原则的, 必须是重要部位先凝固, 冒口部位后凝固, 才能保证重要部位不产生缺陷, 性能能够满足要求, 但如果凝固过程类似于下面的过程, 虽然也属于顺序凝固的范畴, 但因在凝固过程中轮辐中间部位出现中断, 导致轮辐 R 角部位不能得到及时的补缩, 而产生缩孔或缩松。

我们知道, A356.2 的液相温度为 613℃, 固相温度为 556℃, 其结晶过程是在这个温度范围内逐步完成的。随着枝晶的不断增大, 其粘度升高, 流动性变差, 而且补缩是在枝晶间的缝隙内进行的, 温度越低, 枝晶越大, 缝隙越小, 补缩能力越差。在 A356.2 这种固液结合的状态中, 有一个临界点, 这个临界点值的大小和补缩能力有关, 低压铸造、高压铸造及重力铸造这个临界点是不同的, 对于低压铸造来说, 理论上一般取 50%, 当液相分数少于这个临界点时, A356.2 的宏观补缩通道已经基本关闭, 无论加压多少, 周期加长多久, 对补缩已经基本不起作用了。这个液态临界分数是产生缩松的本质, 只有液态分数高于这个临界点时才有补缩通道的存在。

对于低压铸造铝合金轮毂来说, 产品结构是相对固定的, 主要是尺寸的不同, 虽然属于回转件, 但由于轮辋及轮辐的壁厚较薄, 也应属于薄壁铸件的范畴, 其有效的补缩时间是非常有限的, 大概只有 60-100S, 若想各部位补缩

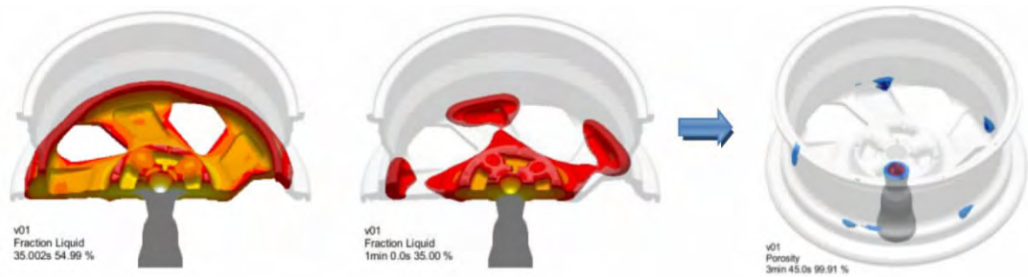


图 1

充分, 时间一定要把握好。

我们一般解决 R 角缩松的办法不外乎就是加封层、减薄底模及上模底部厚度 (改变产品除外), 无论是哪一种, 都是为了提升轮辐部位的温度, 延长补缩时间, 一般情况下, 通过这些措施能延长补缩时间 10-20S。适用于热量守恒定律: $C_p \rho_{\text{铝}} \times \rho_{\text{铝}} \times V_{\text{铝}} \times T_{\text{降}} = C_p \rho_{\text{钢}} \times \rho_{\text{钢}} \times V_{\text{钢}} \times T_{\text{升}}$, 其中 C_p 及 ρ 全部为材料固有属性, 为定量, 只有体积 V 及温度 T 可变, $V_{\text{铝}}$ 增大及 $V_{\text{钢}}$ 减小, 都可以使 $T_{\text{升}}$ 增大, 都可更利于 R 角补缩。

对低压铸造来说, 冷却系统是模具的重要组成部分, 冷却工艺是铸造工艺的核心, 冷却直接作用在模具上使之形成稳定的温度场, 间接作用在铸件上加速冷却部位的凝固速度。对于铝合金铸造来说, 冷却的目的为:

①加速热节点部位的凝固, 减少其缩松的产生 (主要是 R 角部位);

②提高冷却部位的机械性能 (主要是轮辐部位);

③使铝液集中的厚大部位加速凝固 (主要是中心部位);

冷却的目的不同, 冷却的开关时机是有区别的, 一旦错过了最佳时机, 冷却效果将大打折扣。

①对于解决缩松问题的冷却, 在其前端还存在补缩通道时冷却时间越长、强度越大, 对解决缩松问题效;

②对于提高机械性能的冷却, 在其结晶过程中施加冷却, 能最大限度的提高性能;

③对于加快厚大部位凝固的冷却, 在不影响其他部位凝固顺序和补缩的前提下尽早开启。

图 2 为铝合金轮毂铸件主要冷却通道分布图, 各个冷却通道开关时间和冷却强度不仅要考虑其冷却目的, 还要考虑此风道对铸件其他部位的影响。

R 角位置作为铝合金轮毂主要的热节点, 如何改善此部位的缩松问题是轮毂行业一直以来的难点, 这就显得冷

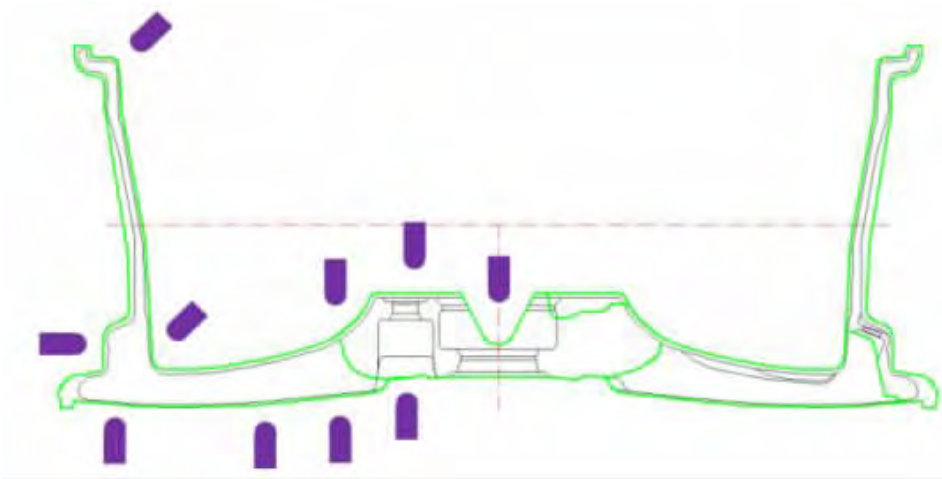


图2 冷却分布图

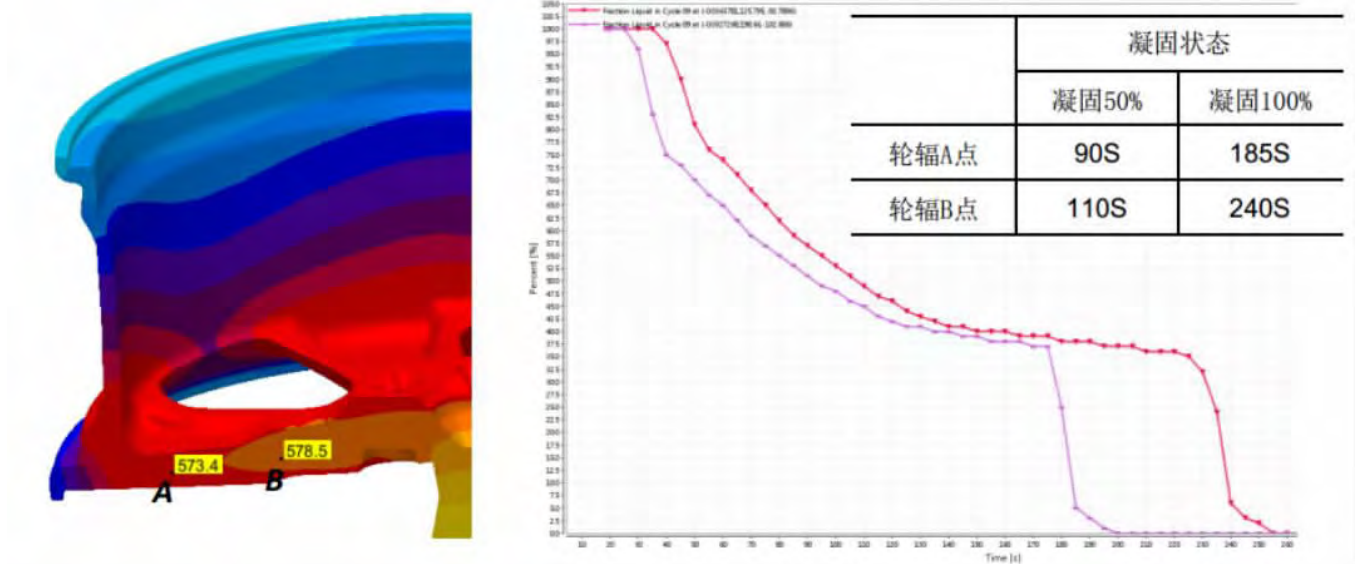


图3

却设计及工艺配置尤为重要。通过前面的分析可以看出，轮辐部位对R角的补缩时间非常短，我们可以通过铸造模拟分析软件分析好后再配置冷却位置、冷却时间及冷却的开关时间。当然，工艺配置时也要综合考虑轮辋的凝固顺序，不能产生轮辋缩松。

除了R角部位易产生缩松外，轮辐部位也容易产生缩松，轮辐缩松后分析机械性能，无论是延伸率、还是抗拉强度、屈服强度都会下降，影响轮毂的整体强度。对于提高轮辐性能的冷却，只有在其结晶的过程中的冷却才有效，轮辐凝固完成后的冷却对提高轮辐机械性能就没有什么影响了，只会阻碍R角部位的补缩，是不可取的。如图3是模拟分析中两点的温度曲线。

以上已经提到了低压铸造的液相分数有一个临界点50%，R角部位补缩已经在液相分数大于50%时完成，当液相分数小于50%（即上表中凝固50~100%之间）时，可以施加冷却（即轮辐A点的最佳冷却设置时间为90~185S，轮辐B点的最佳冷却设置时间为110~240S），便于提升轮辐机械性能。

从冷却分布图及模拟分析来看，轮心位置是低压铝合

金铸造冷却最集中的部位，也是最后凝固的部位，其冷却强度及时间受铸造周期的影响，冷却要持续到开模时再关闭，但具体开启时间要根据不同的轮型及X-ray的检测结果来判定。

结论：铝合金铸造最易产生缩松的位置主要有轮辐、轮辐R角、轮心及轮辋，无论是通过铸造模拟分析软件提前预防，还是生产过程当中通过工艺调整来控制，只要我们对各部位产生缩松的原因分析到位了，冷却时机把控了，就一定能做到事半功倍。

参考文献：

- [1]庞午骥,曹振伟,万金华.铝合金车轮制造技术及发展趋势[J].铝加工,2017(2):4-7.
- [2]邱孟书,王小平.低压铸造实用技术[M].机械工业出版社2011,4.
- [3]亢彦海.汽车用铸造铝合金轮毂低压模具的设计[J].现代零部件,2011(10):70-73.
- [4]代颖辉,储秀欣.基于ProCAST的汽车轮毂铝合金轮辐模具设计[J].铸造,2014(5):476-478.
- [5]赵树国,曹阳,黄宏军,等.半固态挤压过共晶铝硅铁合金组织与性能的研究[J].铸造,2013,62(12):1172-1175.