

13.无锡东绛吴先生问:前段时间厂里生产进气管,采用可倾式重力浇注,覆砂金属型铸造;油炉熔化,电炉熔炼,材质为 ZL104A($\text{Si}\% \geq 11\%$),Na 变质;铸态试样 $\sigma_b \geq 240\text{MPa}$, $\delta \geq 4\%$,达到产品 T6 处理要求,经用户同意取消了热处理环节,既降低了成本又缩短了生产周期。后来厂里生产一种壳体件,材质为 A356,仍采用上述相同生产工艺,但试棒 T6 处理后力学性能达不到技术要求。后经人介绍采用 Sr 变质,结果仍不尽人意,该怎么办?

答:这个问题涉及到热处理和铸造两个部门,是过去大中型企业内铸造、热处理之间常扯皮的事。就铸造本身而言,其又涉及到合金成份及杂质残留量、熔炼工艺效果、浇注设备及工艺以及变质元素间功能差异等系列问题。按吴先生的原意是撇开其它问题,只基于提高合金的熔炼工艺效果来提高力学性能,也就是从提高合金的精炼、变质效果考虑这个问题。这可以从合金主要成份和杂质、精炼剂、变质剂功能特点及其工艺规范等统筹考虑。ZL104A、A356 均属于亚共晶铝合金,一般地,通过精炼处理如采用旋转喷吹(MTS)精炼,可提高合金力学性能 $\sigma_b 10\sim 20\text{MPa}$, $\delta 10\%\sim 20\%$;通过变质处理,如采用 Na-Sr 复合变质,可提高 $\sigma_b 20\sim 30\text{MPa}$ 及 $\delta 20\%\sim 30\%$ 。当 A356 铸态试棒 σ_b 达到 220MPa , δ 达到 $3\%\sim 4\%$ 时,通过 T6 处理达到 $\sigma_b \geq 310\text{MPa}$, $\delta \geq 3\%$ 就不难了。这里要提醒的一点是,目前市场上精炼剂、变质剂的广告铺

天盖地,有的炒作得神乎其神,一用就能获得 1 级针孔;有的只讲效果如何如何好,而对起码的使用工艺规范只字不提。我们曾在山东某厂看到当地产的一种精炼剂,说明书上写着:“……具有良好的除气性并有除渣作用,经处理后的砂型宏观针孔为一级。……”;使用工艺“在 $700\sim 740^\circ\text{C}$,加入量为铝液重量的 $0.3\%\sim 0.7\%$,用压勺压入底部 10min 后即扒渣浇注”。工厂为了解决气密性问题,采用全部合金铝锭(ZLD104),按该精炼剂使用说明,反复精炼,单铸试棒针孔度经在线测试和常规低倍分析,都在 3~5 级,后根据在线测试数据,调整了工艺规范,随铸试棒的针孔度可控制在 1~2 级,铸件气密性试验一次合格率在 80%左右,当然这只是第一步。

14.苏州新加坡工业园区王先生问:我采用公司重力铸造生产 ZL104 管件,要求 $\sigma_b \geq 180\text{MPa}$, $\delta \geq 2\%$ 。我们采用张家港 1 号无毒变质剂,单铸试棒力学性能都能满足要求,生产稳定。但在生产 ZL104 支架件时,要求 $\sigma_b \geq 160\text{MPa}$, $\delta \geq 6\%$,采用上述相同的精炼、变质工艺,单铸试棒的力学性能(δ)时有不合格,为什么?该如何处理?

答:虽然两个产品属于同种材质,但各自的技术指标不同,管件的抗拉强度较支架件高,而韧性支架件要求较管件高。因此采用某种生产工艺生产时,当能稳定生产合格管件时,则支架件就不一定了。为此应根据产品具体要求和变质剂功能特点,调整生产工艺,比如用 Sr-Na 复合变质生产支架件,提高其伸长率。

收稿日期:2008-08-12

文章编号:2008-111

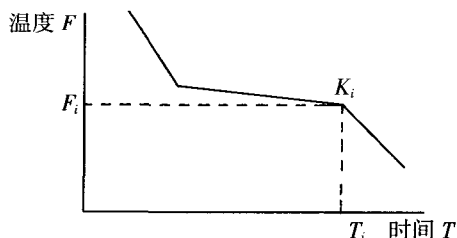


图4 温度拐点曲线

造机托轮转速 1400r/min (可根据铸件内径确定),制动时间:大型件在 5min 内,重力系数 $100\sim 110\text{g}$ 。

依据上述硬件配置和软件设计原理,生产开始前预先在界面或计算机上设置好工艺参数,检查无误后启动系统运行。首先控制系统通过程序设计和计算将初始增速速度转换成模拟量输出信号,此模拟量信号通过直流调速装置或交流变频器驱动电机

使离心机在时间 1 内从静止状态均匀加速到初始增速速度;离心机到达这个转速后进行第二步浇注高温铁液,浇注完毕后保持这个转速进行冷却凝固成型;离心机在高速旋转冷却凝固成形过程中进行铸型型腔内温度检测,当铸型冷却一段时间铸型温度下降到固相线温度时(如图 4 中 1100°C),这时控制系统要控制离心机开始减速,而且必须在时间 3 内将离心机转速从转速 2 减到转速 3,即停机状态;然后进行下个工序即二次浇注。

上述控制系统在我们公司为武汉轧辊厂及邢台轧辊厂生产的两台 400kW 大型离心铸造机上使用,2007 年和 2008 年又分别在销售泰国的两台 280kW 大型离心机上使用,均受到了用户的好评。

15. 丹阳轮毂公司马先生问:厂里生产轮毂,金属型重力铸造,材质为 A356,采用 Sb 变质,生产质量一直稳定。后厂里接了一个管状阶梯支座件,最大外径为 $\phi 300\text{mm}$,最小外径为 $\phi 100\text{mm}$,内径为 $\phi 60\text{mm}$,高 400mm,采用砂型浇注,其它工艺不变。客户检查样件后发现铸件晶粒粗大,变质效果不明显,力学性能不合格。我们重检单铸金型试棒时,变质效果为 3~4 级,但检查铸件本体时证实客户的意见是对的。为什么试棒和铸件本体变质效果相差如此大?该如何处理?

答:虽然轮毂和支座件均为同一材料,合金熔炼工艺一样,但一个是薄壁件,采用金属型重力浇注;另一个是断面厚度不一、采用砂型铸造。而 Sb 变质对冷却速度很敏感,对厚壁件及砂型铸件的变质效果不明显。因此,金型试棒和砂型本体试样的性能相差很大。为此,可将支座件改为 Na 变质。但要特别注意严格分开 Sb 和 Na 变质的熔炼设备、工具及炉料。

16. 江阴赵老板问:厂里生产管接头,单重约 15kg,材质为 ZL101A;200kg 坩埚焦炭反射炉熔炼,采用一号无毒变质剂,砂型铸造,每炉铝液正好 30 多分钟浇完。后生产一种小阀体,单重约 500g,每炉铝液要 4h 多才能浇完,中间要重复变质 2 次很麻烦,而且发现再次变质后的铸件无论从表面质量还是随铸试样的力学性能均不如前期的,为什么?该如何处理?

答:1 号无公害变质剂的有效时间约为 45min,期间变质元素不断烧损,铝液中各种氧化、非氧化夹杂物逐渐积累以及铝液吸气、有益元素如 Mg 的烧损等原因,使铝液的含气量、含渣量增加,铸造性能下降等,造成再次处理的铝液浇注的铸件总不如前期,这是很自然的。解决的办法一是采用双色变质块控制变质元素逐步释放,有效时间可延长到 4 个多小时;二是采用 Sr-Na 复合变质,使 Sr、Na 互补,也能延长变质有效期。

17. 镇江李先生问:近期厂里购进一台燃油连续熔化炉,其铝液在熔池经精炼变质处理后供几台重力浇注机浇注 A356 蜗壳,24h 连续生产。熔炼工艺仍采用类似过去反射炉-电炉熔炼工艺,铝液经第一个熔池氩气精炼、第二个熔池 Na 变质后浇注。产品时有夹渣等缺陷,单铸试棒力学性能时有偏低,断口出现夹渣物等,不如原来老工艺生产稳定,这是何原

因,如何调整?

答:这是精炼、变质工艺不到位,与生产节拍不协调所致。现场看到,熔化的铝液不断流入前池,在前池内有一氩气管,每分钟按一定流量精炼铝液;前池铝液不断流入后池,两池间虽有隔离但中间留有缺口相通,定时定量在后池加入一号无公害变质剂,由机械装置作旋转搅拌,同时由机械手舀此铝液浇注。从中不难看出,前池铝液不断流入、流出,不可能如在电炉中通氩气精炼 10 多分钟,甚至有部分原液带着夹渣和吸气从熔化炉直接流入到后池,还没来得及变质处理又被舀取浇注。因此单铸试棒、铸件性能时好时坏,不如老工艺稳定是必然的。考虑到原铝液对后道工序的影响,可作如下调整:①严格管理炉料、配料;②采用 Sr 等长效变质剂和清渣剂,并直接加入炉料中;③加强前池的精炼效果;④在前、后池间加上活动挡渣网;⑤后池作为静置和铝液供应池。

18. 锡山余老板问:厂里生产小型三气道进气管,单重约 1.7kg,ZL104;焦炭反射炉熔化,300kg 坩埚电阻炉熔炼、保温,一号无公害变质剂变质。虽然生产节拍计算好了,但是生产中经常出现断挡:不是铝液衰退,需等待再次处理;就是模温太高需停机冷却等等。该如何安排生产节拍?

答:首现应保养模具,保证设备正常运行。提供如下方案可作为紧凑生产节拍,提高生产效率方案之一:①熔炼人员较浇注工人提前一个半小时上班,化清 300kg 铝合金约一个小时,二次精炼约半小时,精炼完毕进行变质处理时浇注工人上班,稍作 20min 交接班、生产准备,铝液即到变质良好期,可马上浇注;②强化在线测控,当铝液变质度达到 20~25 时进行浇注。③采用三台浇注机进行浇注,浇注温度控制在 700~720℃,模温可稳定在 280~320℃,满足三个多小时连续浇注完铝液要求,并且在正常操作下可保持铸件处于 4~5 级变质(优良)。当然这些控制参数都是从余老板厂里实地测试验证的结果。

19. 宜兴宁先生问:准备自办一小型铸铝厂,主要生产汽车零件,为大厂配套;材质为 ZL101A、ZL104,采用金属型重力浇注和砂型铸造,反射炉化铝,电炉熔炼、保温。对于采用何种熔炼工艺以降低成本、提高工效问题,请教了不少人,说法不一,请谈谈您的看法?

答:制定产品的熔炼工艺规范,应统筹考虑到产

品材质、技术要求、生产设备、铸造方法、产品批量以及工厂管理水平等等。因此,不同的人从不同的角度出发,就有不同的结果,这是很正常的。按宁先生的原意是先只考虑产品气密性要求(0.2MPa 水压、试验 20min 无渗漏)、力学性能满足国标条件下对精炼、和 Sr、Na 变质处理工艺效果,对成本作一个客观对比。据此,我们以无锡某合资企业 2006 年生产成本统计数据为例作简要对比。该企业熔炼设备和宁先生的

厂相似,批量重力浇注 ZL104 进气管,气密性试验一次合格率稳定在 90%~95%,试样含气量不大于 25×10⁻⁴%,(0.25ml/100gAl),试样针孔度 1~2 级,力学性能达国标,精炼剂覆盖,清渣剂、双色(Na)变质剂为张家港产,Al-Sr 变质剂为兰德产。熔炼工艺是精炼二次(阴雨潮湿天 3 次)、双色变质剂在精炼后加入,AL-Sr 变质剂则在精炼前加入。它们的平均数对比列表如表 1。

表 1 无锡某企业使用变质剂数据比较

项目参数 变质剂	熔剂总 费用/元	煤费 /元	电费 /元	石墨坩埚 (元/天,3 班)	重熔性	腐蚀性	最佳浇注 时间 *	不宜合 用元素	其 它
双色变 质块	50.0	80.0	120.0	120.0	重熔变质效果即失	严重	3h40min	Sb、P	变质剂易吸潮,制备及保存不便,有分散铸件疏松作用;变质过程中铝液易氧化吸气;使 Mg%≥2% 的 Al-Si 系合金的铸造物理性能降低,并产生钠脆
AL-Sr (+)ΣRE	60.0	80.0	120.0	40.0	重熔能保持一定变质效果但易产生氧化锆夹渣	无	2h30min	Sb、P Ca CL	增加合金吸气倾向,而引起疏松

注*:在规范操作下能稳定铸件在同一级精、变效果的工作时间

20.无锡某铸铝老企业,因城市规划拆迁,选点于某工业园区边缘,紧靠运河水系,老总请我们参观,提提意见。

我们观看了工厂平面图以及周围环境后提出:
①现代铸铝厂不管你搬到哪里,必先考虑环保问题,工厂现有布局,未考虑到环保是不行的;②没有一点空地,更没有一点绿地,不符合绿色、环保生产和持续发展方针。老总不以为然,回答说:“没问题”。事隔 2 月,工厂刚搬迁进新厂,还没生产,环保部门就找上门来了。工厂开始生产,为省事省钱仍采用过去精炼、变质工艺:六氯乙烷精炼,三元变质剂变质。搞得乌烟瘴气,工人起码的劳保措施都没有。没几天,周围老百姓聚众告到当地政府:工厂深夜噪声太大,烟气太呛人,无法入睡。经当地政府协调,从头考虑隔音,采用无毒精炼、变质剂等。在前面的文章中也多次提到某些老厂和军工厂,处于山区,放松了环保问题的处理,也遭到同样的结局。希望铸造同行们由此吸取一些有益的东西。

21.天津铸铝厂季先生和广州有色铸造厂谈先生先后提出类似问题:厂里三班制,产品、生产条件、工艺都是一样的,但时有出现某个班的单铸试棒有缺陷或力学性能不合格,有时还出现某个班的产品先浇的合格,后半班浇的就不合格,这是怎么回事,如何避免?

答:影响铸件力学性能的因素是多种多样的,即

使如二位先生所述,起码其与炉料、精炼、变质以及浇注各环节有关。经过进一步了解,虽然有统一的工艺规范,但是不够严谨。比如:炉料中回炉料的比例为 40%~60%,且回炉料没有分类;精炼、变质工艺规程不到位,没有明确的控制参数等,致使力学性能时有波动。解决的办法一是要有科学的熔炼工艺规程,每道工序都要有到位的指标,比如精炼分几次,在何时进行,含几个工步等等;二是要根据产品技术要求和管理机制确定各工艺环节的控制参数,实施在线理化测控,环环相扣;三是最重要的,就是努力提高员工的质量意识和工艺技术水平,让员工自己把质量关,生产严格按工艺进行,什么样的控制参数就应有相应的调整规范等。比如无锡某合资企业,生产汽车、油枪等铝铸件,三班制,但检验员只有白班(正常班),他们只是复查而已;其外销铸件机加工后返回的合格率(力学性能,气密性)高达 99.7%,受到外商称赞。

结语:众所周知,铝硅合金由于具有一系列优良性能,通过变质处理又可显著地提高其力学性能,因此成为最广泛应用的工程材料之一。如何提高和稳定其变质处理工艺效果,长期来铸造工作者进行了大量的研究,取得了丰硕的成果。本文中几个问题都涉及到铝硅合金变质处理工艺效果问题;其涉及到产品材质、技术要求、熔剂功能特点、科学的熔炼工艺规范、模具及设备、浇注工艺等环节,应统筹考虑并与前道工艺——熔化、精炼紧紧相扣,实现闭环控制,是获得稳定优质铝液的必由之路。