

一种新型铜基合金铸锭的缺陷及预防措施

A New Copper Alloy Defect Ingot and Preventive Measure

北京矿冶研究总院金属材料研究所 陆在平 肖宁 朱成才

[摘要] 通过对一种新型铜合金的凝固过程进行分析,对其出现的铸锭缺陷的形成机理进行探讨,并制定了相应的有效预防措施。

关键词: 铜合金 铸锭 缺陷 预防措施

[ABSTRACT] The causes and the factors affecting the formation of the structure flaw in copper alloy are discussed through analyzing the characteristic, solidification process of alloy. The countermeasures for preventing the flaw are put forward.

Keywords: Copper alloy Ingot Structure flaw Preventive measure

作为一种新开发的铜基合金,相对于其他铜及铜合金来说,具有较强的耐磨性能和抗冲击腐蚀性能^[1]。在实际生产中由于该合金在高温熔炼时流体的流动性差,粘度大,特别是在熔炼过程中极易吸气,在浇铸过程中易产生裂纹、气泡和缩孔,造成铸锭不合格,满足不了下道工序的加工需求,从而增加了生产成本,致使生产陷入困境。因此,开展对此合金的铸造缺陷形成机理研究,采取有效的措施来提高产品质量,稳定和提高生产效率,是一项很有必要的工作。本文结合实际情况,对该合金出现的缺陷进行机理分析,采取了一系列有效措施,提高了铸锭的一次合格率,实现了精益生产。

1 生产设置及工艺

设备 20kg 中频感应电炉;炉衬:铝镁尖晶石等静压成型坩锅,生产工艺为真空浇铸。

2 铸锭的缺陷形成分析

铸锭的缺陷主要有表面裂纹、分散缩孔、疏松和气泡。其中铸锭表面裂纹产生的主要原因是铸造应力,因此,应首先分析铸造应力的形成。

2.1 铸造应力的形成

这种材料在凝固和冷却过程中的体积变化受到外界和其本身的制约,变形受阻而产生应力。其应力主要有 2 类:一类是铸造热应力,一类是相变应力。铸件在

凝固和冷却过程中,所受的应力为热应力、相变应力和机械阻碍应力的代数和。此应力值大于金属在该温度下的强度,铸件就会产生裂纹。机械阻碍应力一般在铸件落砂后即消失,是临时应力。残余应力往往是热应力和相变应力,其中残余应力与下列因素有关:

- (1) 金属的弹性模量越大,铸件中的残余应力就越大;
- (2) 铸件的残余应力与合金的自由线收缩系数成正比;
- (3) 合金的导热系数直接影响铸件厚薄两部分的温差值。

相变对残余应力的影响表现在以下 2 个方面:

- (1) 相变引起比容的变化;
- (2) 相变热效应改变铸件各部分的温度分布。

根据文献 [2],残余应力的大小一般可以表示为:

$$\sigma_{\text{热}} = E a_L (T_1 - T_2), \quad (1)$$

式中, E 为合金的弹性模量; a_L 为合金的线性收缩(膨胀)系数; $(T_1 - T_2)$ 为铸锭断面间 2 点间的温度差。

从上式可知,工艺因素和合金本身特性是影响铸造热应力的基础。

2.2 缩孔和疏松

液态合金在凝固和冷却过程中,体积和尺寸减小的现象称为合金的收缩。合金的收缩经历以下 3 个阶段(见图 1)。

(1) 液态收缩:从浇注温度(T_P)到凝固开始温度(即液相线温度 T_S)间的收缩。

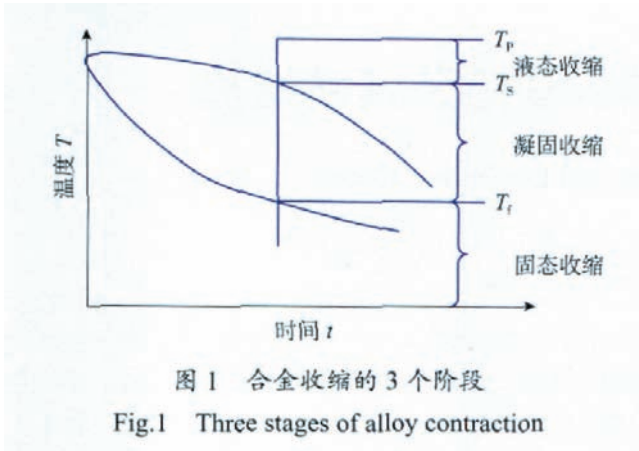
(2) 凝固收缩:从凝固开始温度(T_S)到凝固终止温度(即固相线温度 T_I)间的收缩。

(3) 固态收缩:从凝固终止温度(T_I)到室温间的收缩。合金的收缩率为上述 3 个阶段收缩率的总和。

根据文献 [3],形成的缩孔容积

$$V_{\text{孔}} = V_{\text{液}} \left[a_{V_{\text{液}}} (T_P - T_S) + \epsilon_{V_{\text{液}}} - \frac{1}{2} a_{V_{\text{固}}} (T_S - T_I) \right], \quad (2)$$

式中, $a_{V_{\text{液}}}$ 为液态金属在 $(T_P - T_S)$ 温度范围内的平均体收缩系数; $a_{V_{\text{固}}}$ 为液态金属在 $(T_S - T_I)$ 温度范围内的平均体



收缩系数; $\varepsilon_{V液}$ 为合金凝固的体收缩率。

上式表明, 固态收缩可减少 $V_{孔}$ 。因此, 形成缩孔的基本原因是合金的液态和凝固收缩大于固态收缩。所以, 缩孔是在顺序凝固条件下, 因金属液态和凝固体积收缩造成孔洞得不到金属液的补缩而造成的。收缩是产生缩孔、疏松, 裂纹等缺陷的基本原因, 也是金属固有的一个十分重要的铸造特性。

3 预防缺陷产生的措施

在这种铜合金的生产过程中, 裂纹、气孔和缩孔是铸锭过程中常见的缺陷。为了防止这些缺陷的产生, 必须在生产过程中确定合适的铸造工艺。

① 选择合适的铸造速度。

铸造速度是影响铸锭裂纹的关键因素。它与液穴深度成正比, 铸速过高, 液穴深度增加, 液穴与铸锭表层的温差加大, 铸造热应力增大, 铸锭容易出现热裂; 铸速过低, 铸锭表层温度高, 铸锭的热裂倾向虽得到消除, 但铸锭表面质量变差, 容易出现冷隔。

② 确定合理的浇铸温度。

铸造热应力是产生铸锭热裂纹的最直接原因。由式(1)可知, 铸造温度越高, 进入锭模内的的热量越多, $(T_1 - T_2)$ 差值也越大, 铸锭的铸造热应力增大, 产生热裂的可能性增大。加之过高的铸造温度容易造成熔体吸气, 使铸锭产生气孔的可能性增大。铸造温度也不能太低, 否则会影响铸锭的表面质量。

③ 选择合适的模具。

防止缩孔及疏松的基本途径是根据合金的体收缩特性制造合适的锭模, 在保证铸锭自下而上顺序凝固的条件下, 尽可能使分散缩孔或缩孔转化为铸锭头部的集中缩孔。然后通过人工补缩来消除。在锭模材料选定的情况下, 一定要合理设计模壁厚度和铸锭的高径比, 采用上大下小的设计, 同时加补缩冒口; 在浇注时适当

提高浇注温度、降低浇注速度, 浇注完毕后随即进行补缩, 可以减小缩孔并使其集中在冒口部分。

④ 避免裂纹产生的其他因素。

添加微量的变质剂, 消除铸锭浇口应力, 减少铸锭底部应力, 精心操作, 提高操作熟练水平, 这是预防这种铜合金组织缺陷不可忽视的因素。

4 措施效果

在这新型铜基合金铸锭试生产期间, 铸锭的合格率较低(一般为 20%~30%), 大部分因裂纹、气孔、缩孔深而无法后续加工而报废。采用预防措施后, 铸锭的质量得到控制, 其合格率一般在 60% 以上, 后续加工成材率在 50% 以上, 提高了铸锭的一次投放合格率, 降低了生产成本, 提高了生产效益。

5 结论

① 铸造缺陷的主要形式包括裂纹、缩孔和疏松。

② 铸锭热应力是产生表面裂纹的主要原因; 合金液态和凝固态时的收缩大于固态时的收缩是形成缩孔的直接动力。

③ 合理确定铸造工艺, 制订有效的操作规程, 采取必要的预防措施, 可以预防和控制裂纹的产生和发展, 大大提高铸锭的合格率。本文介绍的防裂措施, 在实际的生产中, 可以将铸锭的合格率由原来的 30% 提高到 60% 以上。

参 考 文 献

[1] 刘平. 铜合金及其应用. 北京: 化学工业出版社, 2008.
 [2] 田荣璋. 铜合金及其加工手册. 北京: 化学工业出版社, 2007.
 [3] 章四琪, 黄劲松. 有色金属熔炼与铸锭. 北京: 化学工业出版社, 2007. (责编 岩石)

巴西航空工业公司携莱格赛 600

参加 2009 年亚洲国际航展

巴西航空工业公司参加了于 9 月 8~10 日在香港国际机场举行的 2009 年亚洲国际航空展览会, 并在香港国际机场公务机中心 2 号贵宾室接待来宾, 同时公司的莱格赛 600 超中型喷气公务机在飞机静态展区的 9 号展位进行展示。

展会结束后, 莱格赛 600 在中国内地的 4 个城市展开示范飞行之旅。本次示范飞行的时间为 9 月 10~15 日, 4 个城市分别为: 北京、上海、南京和昆明。

(本刊记者 依然)