

气压保温浇注炉生产球铁材质常见问题 的原因分析与对策

张百堂, 袁松庆, 贺亮明, 钟志新, 康汝成, 卢吉成, 王克山
(广东富华铸锻有限公司, 广东新会 529147)

摘要: 阐述了气压保温浇注炉的特点, 通过外派学习并结合内部数次试验的失败与成功, 取得了采用气压保温浇注炉生产球铁材质的基本经验, 同时分析与归纳了试验与生产中遇到的常见问题及其形成原因, 确定了使用中遏制与事前规避的具体措施, 为使用和引进同类设备生产球铁材质提供了经验。

关键词: 气压保温浇注炉; 球铁材质; 常见问题; 原因分析; 对策

某公司计划引进四台气压保温浇注炉^[1](图 1 为气压保温浇注炉), 主要用来替代现有的三条静压线浇注机以及安装在一个新车间造型线的浇注工位用来生产球铁件与灰铁件, 而首先引进的第一台气压保温浇注炉能否顺利完成替代静压线浇注机的工作, 不仅涉及到其能否胜任原静压线浇注机的任务, 更涉及到后续是否继续改造剩余两条线以及在新车间安装这种保温炉的工作。因此, 设备供应商与某公司都对第一台气压保温浇注炉的替换工作给予了高度重视。然而, 通过首台气压保温浇注炉安装后的试验发现, 生产球铁的试验工作并不顺利, 而是经历了一个颇为曲折的过程。



图 1 气压保温浇注炉

1 气压保温浇注炉存在的特点

1.1 气压保温浇注炉存在的优点

(1) 金属液在炉膛内有气体予以保护。生产灰铁时直接采用干燥空气进行保护, 生产球铁或者蠕墨铸铁时采用氮气进行保护, 而生产铸钢件时则采用氩气进行保护。

(2) 浇注是通过保护气体对炉膛内的液面施加一定压力, 迫使金属液进入虹吸管, 由虹吸管导入浇注槽内进行浇注。

(3) 浇注端由石墨碳棒塞杆与塞杆碗座紧密结合, 当液面上升到一定高度后, 塞杆抬起, 液体通过塞杆碗座孔由水平流向改为向下流入砂型的直浇道内, 所以该浇注方式具有底式浇注的功能。

(4) 针对不同的品种, 先手工调整好最合适的金属液质量参数, 然后可实现完全自动定量浇注。

(5) 根据不同品种的直浇口坐标值, 可通过炉体前后与左右的移动, 调整至最合适的浇注位置, 实现半自动或自动定位浇注。

(6) 根据炉内铁液温度与需求的浇注温度, 通过独特的炉体感应圈, 可以实现最窄的浇注温度范围段。

(7) 根据虹吸管的独特结构, 浇注与在进水管口倒入金属液的工作可以实现同步进行。

作者简介: 张百堂 (1968—), 男, 山东临清人, 高级工程师、质量工程师, 学士学位, 研究方向: 铸铁铸钢砂型工艺。E-mail: zzzxzb2008@163.com。

(8) 浇注时无需锁线，浇注与造型实现同步。因为通过调整浇注速度来实现浇注时间总可小于线动节拍，特别是生产效率高的造型线，其优势更加明显。

(9) 在半自动定量定位浇注时完全控制无金属液抛洒到上箱面上的问题（图 2 为浇注后无金属液抛洒的上箱表面图）。



图 2 浇注后无金属液抛洒的上箱表面图

(10) 实现随流孕育及其自动监控。

(11) 炉衬寿命长，可达半年至一年之长。

(12) 通过特殊配料及其它处理，可以实现不同材质的自由转换。

(13) 炉体感应线圈各自独立，一旦某个发生故障只需将之断开后，炉体可继续工作。

1.2 气压保温浇注炉存在的不足

(1) 价格昂贵，设备投资大。

(2) 炉体一旦启动后需要不间断地连续工作，或者至少内部要有足够量的金属液，且液体温度不能低至一定温度。

(3) 在转换材质时需要特别注意某些成分的变化而必须提前采取特殊措施给予调整。

(4) 需要定期清理炉膛内以及虹吸管、虹吸管连接通道内的结渣，同时需要定期清理进、排气管道与气体过滤器。

(5) 需要采用规定的气体对金属液液面保压与加压并因泄压而消耗。

(6) 需要制作专用特殊工具与装备用以清渣。

(7) 对于铸铁材质产品，不仅需要倒包，而且浇注时必须监控随流孕育，此时一旦发生故障将对铸件本体材质带来影响，且增加异常孕育浇注铸件的识别成本。

2 气压保温炉试验浇注球铁材质的经历与分析

因灰铁不存在球化衰退的问题，故在初次试验保温炉时，优先选择了试验灰铁材质，结果试验一次取得成功。然而在试验九个浇注灰铁材质班次后，按照保温炉工艺操作规定切换试验球铁材质，在炉子出铁槽处取光谱样检测初始倒进保温炉的球铁液，发现镁含量^[2]急剧下降。除了事先为了弥补急剧下降的镁量，把镁含量由正常的 0.045% 左右提升至 0.08% 之外，此时还在出铁槽一侧的虹吸管处给与少量地喂丝球化，在之后的取样并检测镁含量相对稳定后则取消增加的喂丝球化工作，结果第二天发现试验的球铁件基本过关。接下来间隔一天再次试验了一个班次球铁材质，试验的结果与第一次基本相当。第二次试验结束后继续生产灰铁并持续近一周后，开始了第三、四、五、六次试验生产球铁材质，结果是铸件的球化率均无法达到规定的三级或三级以内级别，而化验铸件本体的残留镁量已经低至 0.025% 左右，硫含量均在双零以下。随机抽检化验第一、二次的试验件，铸件本体残留镁含量均不低于 0.035%，说明镁含量低是球化级别不合格的根本原因。

那么，第三、四、五、六次试验镁含量衰减比第一、二次更加过快的原因在哪里？是不是与试验灰铁累计时间过长有关？第一、二次的试验虽然镁含量衰减的也过快，但终究没有导致球化级别不合格，况且后面试验的四次为了防止球化衰退，还增加了冲洗炉子内腔的工作。冲洗方法就是把球铁的原铁液先倒进炉内，停留一段时间后再将其倒出并回原熔化电炉重新配制。然而即使这样做，结果仍然不合格。可见，这个冲洗的做法对之后的试验并无显著帮助，或者仍然没有冲洗到位。为

此，公司外派有关人员外出安徽学习，可惜这次外出学习的厂家使用这样的炉子只生产一种 HT200 材质，因而不存在球化衰退问题。除了继续将入炉球化后铁液的镁含量提高至 0.10% 左右之外，还把二次孕育放在球化后的铁液倒进保温炉内时进行，就是在把球化后的铁液倒进保温炉的同时进行一次随流孕育（图 3 为铁液倒进保温炉时同步进行的随流孕育过程图），结果随后的第七、八次试验获得成功。第七、八次试验间隔的时间比较短，铁液倒进炉内时都进行了随流孕育，开始浇注要求不高的铸件，等待出铁槽内的镁含量稳定在 0.035%~0.06% 范围及浇注的铸件上箱所取的铁豆金相符合要求后，才开始转换正式的要求高的铸件进行试验，因此获得成功。



图 3 铁液倒进保温炉时同步进行的随流孕育过程

事实上，第八次试验持续的时间不长，这虽与后期保温炉进水口近乎堵死而使铁水无法正常倒进炉内有关，但保温炉到底能不能生产球铁的问题，再次引起包括操作者在内的议论。然而公司引进新设备新技术的决心不变，为此，公司出面联系到江苏张家港使用保温炉成功的厂家并外派人员参观学习，通过此次外派人员的观摩学习，结合公司自己的做法，最后形成了一套独特的控制方法，致使后面的试验与生产十分顺利，并取得满意效果。

3 浇注球铁材质时存在的常见问题

- (1) 铸件本体球化级别不够甚至呈蠕虫状。
- (2) 炉体进水口易于堵塞。
- (3) 无法正常浇注。

4 常见问题的原因分析与对策

4.1 铸件本体球化级别不够原因分析与对策

(1) 铁液镁含量衰减快且低导致本体球化级别不够甚至呈蠕虫状。铁液镁含量衰减快且低的原因：①每次由空炉倒进球铁液时，头几包铁液镁含量相对较低，致使炉内铁液镁量损失过快而不足；②每次由灰铁转换球铁时，对炉衬附渣清理不净，特别是对炉衬炉壁被硫化物浸渗较深后很难彻底清除，而炉衬炉壁内的硫化物消耗铁液内的镁量较多，导致铁液内的镁转化为渣子而损耗；③在球化铁液液面达到最低充氮规定之前，由于没有充氮气保护，致使球化铁液在炉内大面积与空气接触时间较长，结果镁不断地与氧发生反应而消耗，同时不断蒸发溢出；④保温炉内的铁液由于存放时间较长，因而液体内的镁与硫不断地反应而使硫含量不断降低，镁含量同步下降，这是从保温炉内浇注的铸件硫含量明显低于球化后不进入保温炉浇注的铸件硫含量对比得出的分析。

(2) 采取的应对措施：①无论冲入法还是喂丝球化法，必须使前几包铁液的含镁量较高并且认为达到 0.09%~0.11% 是合适的。熔炼时必须采用优质生铁、废钢与增碳剂^[3]。②生产灰铁的就是生产灰铁的，生产球铁的就是生产球铁的。如果两者不得不共用一个保温炉，那么生产球铁前必须打开炉上的小顶盖，彻底清除炉内粘附在炉壁上的渣子，包括两个虹吸管以及最底部的联通通道；清渣时必须采用专用工具，并且快速，防止清查时间过长造成的炉衬开裂。即使单纯生产球铁，也必

须定期如每间隔 4~5 天清理一次渣子（图 4 为炉体清渣过程）。另外，生产灰铁切换成球铁时，必须采用球化后的铁液冲洗保温炉，铁液进入保温炉后，要保持 10~15min，使炉衬壁上所有粘附的硫化物有足够时间尽量多的被置换出来，从而减少正式生产时铁液镁量的消耗。冲洗过的铁液需要从保温炉内全部倒出后回电炉二次调整与球化后才可使用。③在没有充氮气保护之前的各种动作必须协调、快速，以最短的时间让氮气充入炉内，使炉内球化后的铁液及时在氮气压力下得到保护，从而减少镁的氧化与溢出损耗。④对于铁液内的镁与硫在炉内继续反应的问题是无法解决的，只能提高球化后铁液的镁含量予以弥补。⑤既为了控制渗碳体含量，又为了获得大量细小且圆整的石墨球，在球化时确保孕育量^[4]。冲入法采用二次孕育，喂丝球化时孕育线开启时间在球化线运行一半时再开启；同时监控每箱浇注时随流孕育，确保同步孕育与孕育不失控。



图 4 炉体清渣过程

4.2 炉体进水口堵塞的原因分析与对策

（1）进水口堵塞的原因：①倒进保温炉时采取了随流孕育，而随流孕育剂中含有一定量的钙钡成分，钙钡成分易与氧、硫等发生反应而生成氧化物或硫化物渣，渣子不仅会随铁液进入炉内，而同时也会流挂在进水口的虹吸管壁上而使进水口截面面积逐渐变小。②在球化后的铁液倒进保温炉前清渣不彻底，尽管要求扒渣 4~5 遍，但是仍然很难做到扒渣扒地干干净净，单纯依靠表面扒渣，是根本无法杜绝渣子进入炉体内的。③进水口清渣不及时，特别是每包铁液倒进之后，不能采取有效措施清除流挂渣，导致时间一久越挂越厚，进水口越来越小。④炉内铁液温度较低时致使清渣困难。

（2）采取的应对措施：①取消倒铁水进入保温炉时的随流孕育，采取球化时充入法的二次孕育或喂丝法的延迟孕育。②控制孕育剂中的钙钡剂量，从而减少渣量的生成；同时倒进铁水前，坚持扒浮渣四~五遍，但此法不能完全杜绝。③在定期如每间隔 4~5 天清理一次炉内渣子之外，每个班次必须及时采用特殊工具清渣，同时根据进水口堵塞情况，确定是否采用氧熔棒协助清除渣子，确保进水口畅通。④定时测温，确保虹吸管内铁液温度不低于 1350℃，防止渣子凝结在衬壁上而使清渣困难。

4.3 无法正常浇注的原因分析与对策

（1）无法正常浇注的原因在于：①塞杆断裂无法抬起。②塞杆粘结在塞碗座上打不开。③塞杆与塞碗座配合不严，导致关不住液流，使浇注不能进行。④氮气孔堵塞导致炉膛内氮气压力不足或浇注时泄压。⑤铁液量不足，低于最低限量。

（2）采取的应对措施：①统计塞杆使用寿命，据此在塞杆统计的断裂时间内提前及时给予更换；②当浇注槽内的铁液回炉后及时抬起塞杆，防止由于没有铁液保护而形成粘结。③及时清除浇注槽内铁液上面的浮渣，浇注过程中必须保持浇注槽内有足够的液面以及足够的铁液温度，一旦关不住时应及时用专用工具轻轻左右转动塞杆至关严为止；流量较大时应及时将出铁槽内的液体回炉，待故障排除后再开始浇注。④定期清除氮气孔通道（比如每班清理两次），图 5 为清理氮气管孔堵渣的过程图。由于氮气孔在泄压时会使得溢出在炉膛氮气中的镁蒸汽顺势一块释放出来，结果必有一部分

镁会凝结在金属管壁上，经过长时间积累，加上溢出的灰尘，自然会堵塞孔道。这个结论是根据在清除氮气孔通道时从孔内冒出大量镁光与灰尘气体推测的。而防止浇注时泄压的一个措施就是确保炉膛内铁液量上下警戒线内，在铁液量不足或过多时禁止浇注。⑤应及时供应铁水，合理组织生产，加快球化倒炉节奏，以减少铁液量不足问题。



图 5 清理氮气管孔内堵渣的过程图

5 结语

由于球铁铁液与灰铁铁液存在本质的不同，导致了气压保温炉在浇注球铁材质时必定是一把双刃剑，只有做好上述常见问题的预防与控制，才可以充分发挥气压保温炉在生产球铁件方面的优势。经过第一台保温炉的多次试验与大量生产，为公司后续同类新设备的安装与使用积累了宝贵的经验。今后在应用保温炉浇注球铁材质铸件方面一定还有很多细节与经验有待发现与总结。

参考文献：

- [1] 张培根.无芯自动气压保温浇注炉在有箱（无箱）造型生产线的创新应用[C].中国铸造协会，中国铸造行业第六届高层论坛，2013.4： 165-169.
- [2] 修坤，毕勇，王建东.球墨铸铁件表面球化衰退的微观组织特征及阻止措施[J].铸造，2016（02）： 162-165.
- [3] 陆国庆.球墨铸铁的孕育作用[J].铸造，2015（01）： 65-68.
- [4] 钱立.谈谈铸铁中的 Si[J].铸造，2014（09）： 956-960.