● 生产技术 Production Technology ●
DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2019.05.012

铸件夹杂物的主要来源对比研究

王文中
(中国重汽集团公司铸锻中心,山东 济南 250000)

摘　要:研究了铸件夹杂物的来源和形成方式。结果表明,夹杂物的来源主要是浇包包衬在高温金属液熔蚀下形成的熔渣,随流进入型腔而形成的。浇包采取各种挡渣方式,只能防止漂浮在金属液上面的渣滓。浇包包衬应采用比炉衬耐火度更高的耐火材料才可以减少熔蚀。在浇道系统上设置金属液过滤器可以起到一定的阻渣作用。

关键词:浇包;夹渣;耐火材料;金属液过滤

中图分类号:TG245　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2019)05-0476-04

Study on the Main Sources of Casting Inclusions

WANG Wenzhong
(Casting Center of China Sinotruck Group Co., Ltd., Ji'nan 250000, China)

Abstract: The sources and forming methods of casting inclusions were studied. The results show that the inclusions mainly come from the slag formed by ladle lining under the corrosion of high temperature liquid metal and flow into the mold cavity. Casting ladle adopts various ways to block slag, which can only prevent the slag floating on the liquid metal. Casting ladle lining should be more refractory than furnace lining refractory materials to reduce corrosion. Setting molten metal filter on the runner system can play a certain role in slag resistance.

Key words: Ladle; slag inclusion; refractory materials; molten metal filter

金属夹杂物分微观和宏观。微观夹杂物分布在晶粒边界上,来源于金属液中氢、氧、氮析出及吸气、氧化、炉料、炉衬的熔蚀物等,需通过精炼进行净化。宏观夹杂物可称为外来夹杂物,来源于金属的熔炼、容器、流场、型砂的机械作用和化学反应生成的夹杂物,以及金属液出炉至浇注充型过程中的二次氧化夹杂物[1-4]。宏观夹杂物,其颗粒度大于50 μm。本文重点论述铸铁、铸钢宏观夹杂物主要来源于浇包、包衬熔蚀后随金属液进入型腔形成的夹渣缺陷。

1　砂眼与渣眼

铸件表面及加工后出现的夹杂物往往不加严密的分析即被定为"砂眼",其很多为误判。砂眼和渣眼,两者形态外观相似,鉴别方法除化学分析外,常用一根尖头钢冲击孔眼的填充物:如果填充物易脆裂且碎落物色泽与包衬颜色、成分相同,则为夹渣;如果出现白色粉末和砂粒且填物充实,则为砂眼。还有一种夹渣;若为浅黄色釉状物且较薄小,则是金属液流经浇注系统及砂型表面形成的熔蚀物;若为黑色,则是金属液在浇注过程中形成的二次氧化物。各种夹渣若上浮则随金属液冷却聚集在铸件表面成薄片状,若后期随金属液进入未能上浮则留在铸件内部,形成渣眼缺陷。

评定铸件表面凹陷夹渣,要在抛丸前进行,否则抛丸后无法辨别。表面和内在的空洞壁上若光滑则为气孔。若气孔内有夹杂物则为渣滓产生的气孔称渣气孔,表面无氧化色泽,这是浇包上部漂浮的渣物(不是包衬材料)在高温时分解的气体。包衬呈现的渣孔,因在包中气体已分解,不再产生气体,不会造成渣气孔,只有独立的渣孔。

在误判的"砂眼"缺陷中,夹杂物占70%~80%,实际砂眼的比例一般只在20%~30%。没有严格的检查分类,通常都会被称呼"砂眼"。砂眼的主要来源:浇注系统浮砂、型腔浮砂、冲砂、起皮以及砂型表面热作用砂粒脱落、挤砂、浇口杯和出气孔掉砂等造成,但这些缺陷远小于浇包包衬高温熔蚀后的渣滓及少量液面上的浮渣。

2　浇注包的挡渣设计

迄今为止,铸造工作者努力对浇包的挡渣设

收稿日期:2019-02-10

作者简介:王文中(1939-),山东威海人,高级工程师.主要从事造型材料及铸钢、铸铁工艺.电话:13506405203,E-mail:w0608w@162.com

计出多样方式，较有效的防止金属液上部漂浮的熔渣进入型腔，如图 1~8。各种浇包样式及优缺点分析。

图 1 气压保温浇注包
Fig.1 Air insulated ladle

优点：①保温；②无表面浮渣进入。

缺点：①铁液不能长时间存留，影响铸件性能；②塞头与坐砖之间经常因多种因素造成关闭不严使铁液从缝隙中漏出；③铁液液面低时浮渣进入；④塞杆、座砖熔蚀渣进入。

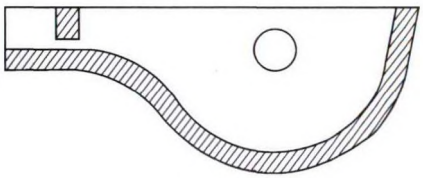

图 2 定点浇注包
Fig.2 Fixed-point ladle

优点：浮渣有效阻挡。

缺点：当铁液少时，浮渣随铁液流出。

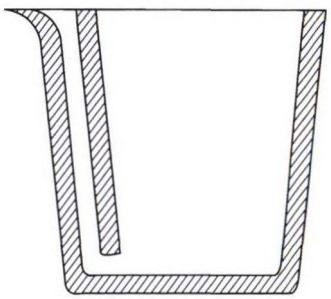

图 3 底返式茶壶包
Fig.3 Bottom retum teapot ladle

缺点：① 当铁液少时，浮渣随铁液流出；②流孔壁熔蚀；③包中不能球化和加入合金冲熔，因前端孔内合金不均匀。

优点：一般性挡浮渣。

缺点：①流孔壁熔蚀；②当铁液与出铁口水平时，浮渣随流进入出口。

优点：在出铁液口液面上放置耐火挡渣块，如硅酸铝棉、石墨块、耐火砖等防止浮渣进入。

缺点：各种挡渣物也熔蚀。

优点：主要用于钢液，①钢液保温比顶注式好；

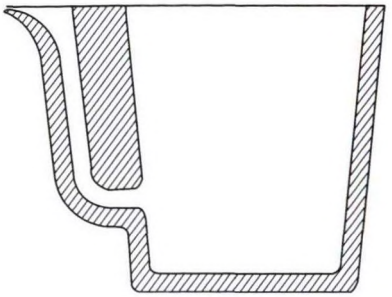

图 4 半底注式茶壶包
Fig.4 Half bottom qating teqpot ladle

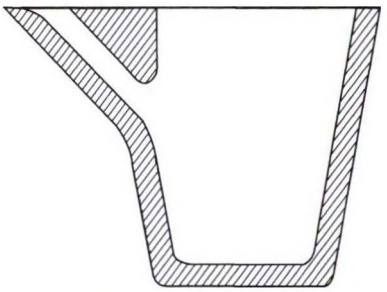

图 5 上挡渣铁液包
Fig.5 Molten iron ladle of upper slag

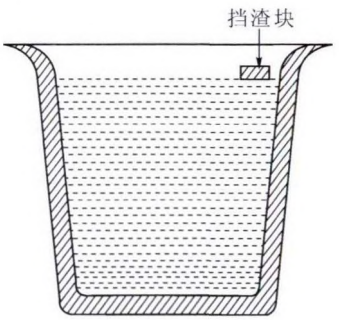

图 6 普通浇包
Fig.6 Common ladle

②钢液浮渣在上部。

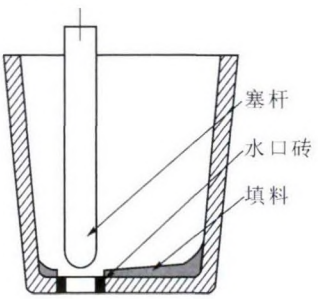

图 7 钢液底注包
Fig.7 Molten steel bottom ladle

缺点：①操作者须认真操作；②浇包成本高；③浇包壁下半部熔渣随钢液流出的负压也进入型腔；④包底垫料、塞杆、座砖熔蚀。

优点：①保持一定液面高度时，有效的防止浮渣进入；②连续加入铁液浇注。

缺点：①必须在生产线上不间断连续生产；②严格控制包中剩余铁液量，防止孕育、球化衰退；③

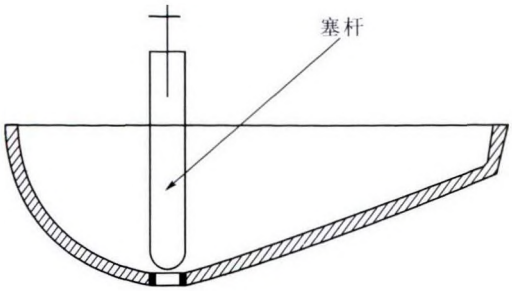

图 8 连续浇注包
Fig.8 Continuous casting ladle

浇注钢液时需中频加热保温；④包中金属液少时，浮渣粘附塞杆上会在负压下流入型腔；⑤塞杆、座砖熔蚀。

3 浇注包包衬材料

我们只重视浇包阻挡漂浮的渣滓，但忽视了包衬不断熔蚀的渣滓随铁液流出进入浇杯，见图 9。

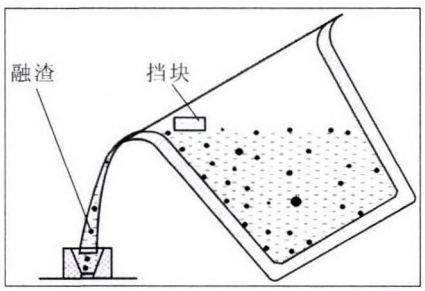

图 9 浇注示意图
Fig.9 Schematic diagram of pouring

包衬材料耐火度越低熔渣越多，一个中、小型新包包衬厚度一般 60~70 mm，材料为酸性或中性，根据使用包衬材质的不同，浇包使用 20~80 包次时，厚度减少一半多，这些包衬熔渣 4/5 随流进入型腔。

某单位用一吨铁液浇注包，包衬用石英砂加水玻璃筑砌，浇注铸铁时最多 20 包次，球铁 15 包次，铸件出现大批渣孔。又将此材料用在钢液包上，8~10 包次就得重新修筑。因为水玻璃呈碱性，高温接触酸性石英砂很快熔融，在铁液动态下一层一层的熔蚀浮起，随流移动进入型腔。

某一单位生产铸铁车床卡盘，表面全部加工，铁液包为耐火砖碎末加耐火粘土，使用 40 包次左右，渣孔废品率占 18%左右，将包衬改为耐高温的可塑料，废品率降至 4%。

天津某工厂使用一吨浇包混合生产灰铁、球铁。包衬材料以 Al_2O_3 为主的浇注料，使用中间因铁液出炉方向冲蚀凹坑小修两次，考核定额为 1 500 包次。可想而知进入铸件的夹渣平均会很少，所以作者的论点：浇包衬的材料耐火度和耐冲熔性一定要高或大于炉衬材料，因炉衬的熔蚀渣大部都漂浮在液面上，可清除。

4 通过实践，对包衬材料总结以下经验

①严禁使用水玻璃加石英砂修筑，可用水玻璃加中性或碱性材料；②不能使用粘土混合其它耐火材料，因为粘土熔点仍低于其他耐火材料，可采用硼酸(需制坩埚)。另外材料中可适量加焦炭末保温、耐蚀；③以中性为主铸铁加入适量石墨等，粘结剂为磷酸盐，耐高温、耐冲蚀(商品名为可塑料)；④以高纯度 Al_2O_3 加适量 MgO，粘结剂为高铝水坭，在高温下相变为镁铝尖晶石，耐高温、耐冲蚀(商品名为浇注料)。

以上这些筑包材料在铸铁上使用；寿命都可在几百甚至一千包次以上。注意一点：耐火材料高的包衬粘渣都较严重，这就要求每包浇完后必须清除净渣滓，否则下部的融渣下包次又进入金属液流入型腔。为此浇注前必须清除液面上浮渣，撒上覆盖剂，这种覆盖剂必须是熔化较慢，既能保温又集渣，随铁液下降而下降，浇完一包后在下部呈一硬薄壳，很容易清除。严禁加入电炉用集渣剂，因集渣剂的特点是熔点低，若覆盖在金属液上很快呈稀釉渣，极易进入浇杯。稀薄的釉渣会牢固的粘在包下部及底侧面。对于钢液底注包包衬、塞头、水口砖最好用耐蚀的镁碳砖，包底垫料用高纯铝镁混合料，防止熔蚀后的渣滓因下部负压随钢液流出。钢液上部浮渣去净，覆盖厚度大于 200 mm 的焙烧稻壳，因稻壳耐高温不结渣且保温，还可反复使用，成本低廉。

5 金属液过滤技术

无论任何材质的包衬在高温下都不可避免的被熔蚀，夹渣物即进入型腔。金属液过滤技术的出现就是设法解决这些夹渣物。但是受过滤器孔眼的限制，只能过滤较大的渣滓。由于过滤器的高温侵蚀和过滤位置设计不当、操作者不认真都会增加渣滓和降低挡渣作用。过滤器尽可能设置在浇注系统的前端，可更多的捕获浇道内的熔渣。设置过滤器后，浇注操作者不能认为有了过滤器就忽视浇包的挡渣，否则过多的渣滓将阻塞过滤器孔眼，影响流速，使铸件出现浇不足、冷隔缺陷。过滤器的格空阻碍金属液流出，一般按浇道截面积计算，要加大 1/3。高硅氧纤维网和直孔陶瓷片孔眼：铸铝为 1 mm×1 mm，铸铁为 1.5 mm×1.5 mm，球铁为 2 mm×2 mm，小型铸钢件为 2 mm×2 mm 或 3 mm×3 mm。蜂窝状陶瓷过滤器：铸

(下转第 485 页)

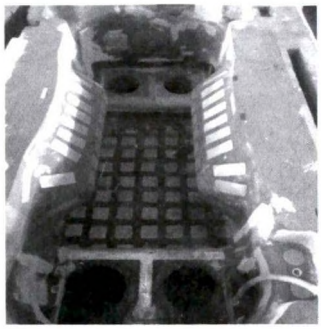

图 10 冷铁布置 1
Fig.10 Sketch arrangement 1 of cold iron

图 11 冷铁布置 2
Fig.11 Sketch arrangement 2 of cold iron

钢,多次孕育处理,特别在定量浇口杯放置 0.15%粒度 0.7~2.0 mm 硫氧孕育剂,效果更显著。浇注温度:1 350~1 365 ℃ 。

3.2.4 结果

经客户检验:抗拉强度 R_m:380~400 MPa,屈服强度 $R_{p0.2}$:250~285 MPa,伸长率:22%~26%;本体(心部)套样力学性能:R_m:340~370 MPa,屈服强度 $R_{p0.2}$:223~264 MPa,伸长率:11%~14.5%。超声波声速为 5 600~5 830 m/s; 附铸试块的石墨形态:球化剂别 2 级,石墨大小 7 级,金相图片如图 12 所示,因

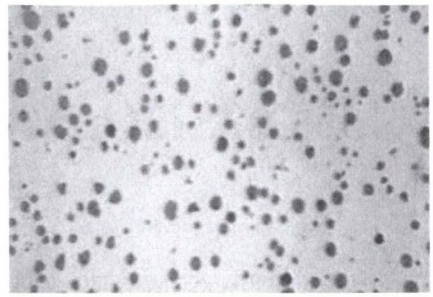

图 12 底座铸件附铸试块金相组织　×100
Fig.12 Microstructure attached to cast test block of base casting

此客户对此高度评价,认为此产品质量,已达到欧洲优秀铸造厂的水平。

4 结论

随着大型铸铁件市场应用的日趋旺盛，客户和市场对该类型铸件质量的要求越来越高，我们就必须跟随球铁技术的进步和发展的步伐，不断探索球铁生产的新技术新工艺，只有通过合理优异的铸造工艺设计以及合理的熔炼工艺，加之控制好生产过程中各个环节的工艺节点和参数，便可以稳定生产出力学性能、金相组织合格的大型球铁件。

参考文献:

[1] 陈维平，柳哲，邓宇. 大断面球墨铸铁件的应用与研究进展[J]. 铸造,2011,60(10):967-971.
[2] 姜广杰. 高韧铁素体球墨铸铁组织及性能的研究[D]. 镇江:江苏科技大学,2017.
[3] 张杰. 大断面球铁件随流孕育装置设计及孕育处理工艺研究[D]. 长沙:湖南大学,2016.
[4] 柯志敏. 厚大断面球墨铸铁油缸缸体的生产[J]. 现代铸铁,2015(6):46-49.

(上接第 478 页)

铁为 2.0~2.5 mm,球铁、铸钢为 3.0~3.5 mm。优质的过滤器,合理的设计在浇道中的位置,操作认真,较大的夹杂物可有效进行阻挡,否则效果甚微。过滤器对那些微观和二次氧化的夹杂物毫无办法。

6 结论

(1)每个工厂“砂眼”废品率约占总废品率 60%~80%,这些误判的“砂眼”能得到及时纠正,可为企业带来巨大的效益。

(2)浇包的耐火材料要高于或相同于炉衬材料。

(3)合理的选择过滤器和正确设计在浇注系统位置及认真操作。

(4)浇包、浇口杯、横浇道或内浇道充分设计挡渣。

参考文献:

[1] 陈国桢. 铸件缺陷和对策[M]. 北京:机械工业出版社. 1996 年.
[2] 鲁云. 大型铸钢件夹杂类缺陷产生原因分析及对策 [J]. 铸造设备与工艺,2015(3):41-47.
[3] 雷艇,徐静,荣佑民. 铸件砂眼缺陷提取的图像处理算法[J],铸造技术,2018,39(7):1404-1407.
[4] 尹素花,刘燕霰,董中奇,等. 超低碳深冲钢冶炼全流程氧含量及夹杂物演变研究[J]. 铸造技术,2018,39(11):2561-2565,2579.