

HT350 高牌号合成铸铁的工艺实践

盖志宏¹, 刘全荣², 孙新明²

(1. 慈溪汇丽机电股份有限公司总师办, 浙江慈溪 315333; 2. 慈溪汇丽机电股份有限公司铸造分公司, 浙江慈溪 315333)

摘要: 根据HT350轴套铸件结构特点及技术要求, 制定了合成铸铁熔炼工艺。熔炼炉料主要采用废钢、回炉铁、增碳剂, 同时添加少量的合金元素。通过对原材料及化学成分的严格控制及采用长效孕育剂、瞬时孕育工艺, 成功地试制了壁厚为50~100 mm的HT350轴套。这为生产高牌号HT350的合成铸铁件提供了宝贵的经验。

关键词: 合成铸铁; 轴套; 壁厚; 增碳剂

近年来, 生铁资源日益短缺, 特别是优质生铁更是供不应求, 价格日益上涨。采用合成铸铁不但能降低铸件生产成本, 还可以解决因生铁带来的遗传性影响, 使灰铸铁具有石墨形态好、珠光体细且多、力学性能高的优点。鉴于合成铸铁的上述优点, 我公司开始了高牌号合成铸铁HT350的试制。

1 铸件简介

我公司承接的轴套, 毛坯单重约为120 kg, 其材料牌号为HT350, 该产品外形轮廓尺寸为 $\Phi 540$ mm \times 220 mm, 最大壁厚接近100 mm, 最小壁厚接近50 mm, 形状如图1所示。

铸件以 $\Phi 30$ mm单铸试棒的力学性能作为产品合格与否的验收依据, 抗拉强度要求350~450 MPa, 硬度不超过HB240; 铸件渗碳体 $< 1\%$; 化学成分要求 $P \leq 0.1\%$, $0.06\% \sim 0.12\%$ S, $Pb < 0.002\%$, $Sn < 0.002\%$ 。铸件要求消除应力退火处理。在图1指定的两个端面圆周方向平均间隔 120° 的3个位置处检测本体硬度, 要求每个端面的硬度值均在HB 190~220。

2 工艺方案确定

采用呋喃树脂自硬砂造型工艺, 两个侧暗热冒口处进铁液, 具体如图2所示。造型时要充分紧实以保证铸型的刚度和强度, 充分利用铁液自补缩能力, 提高铸件内部组织的致密度。

3 化学成分的选择

3.1 碳当量CE和C、Si的选择

碳当量高, 铁液流动性好, 铁液收缩小, 石墨片相对会粗大, 抗拉强度低; 碳当量低, 铁液流动性差, 铁液收缩大, 石墨片相对细小, 抗拉强度高。根据我们以往生产HT300的经验及该铸件的壁厚较大的特点, 取 $3.45\% \sim 3.85\%$ CE, $2.9\% \sim 3.25\%$ C, $1.45\% \sim 1.65\%$ Si。

作者简介:

盖志宏(1973-), 女, 高级工程师, 主要研究方向为铸铁件的铸造工艺。电话: 13732105116, E-mail: gzh@cixihuil.com

中图分类号: TG143.2
文献标识码: A
文章编号: 1001-4977(2019)01-0067-04

收稿日期:

2018-09-27 收到初稿,
2018-11-16 收到修订稿。

3.2 Mn含量的选择

锰是阻碍石墨化的元素，同时能细化珠光体和增加其数量，中和S有害作用和稳定细化珠光体，应控制在0.85%~1.1%。

3.3 S含量的控制

S通常被认为是有害元素，稳定渗碳体，阻止石墨析出，大部分以FeS、MnS的形式存在于铸铁中，分布于晶界。FeS的熔点低，质软而脆，使铸件强度降低，促进收缩，引起材质过硬和裂纹，同时使铁液流动性变差。但在高牌号孕育铸铁中，MnS可作为石墨化结晶的非自发晶核，增强孕育效果，S宜控制在0.06%~0.09%。

3.4 P含量的控制

P在铸铁中是一个容易偏析的元素，易生成二元磷共晶和三元磷共晶，增加铸件的脆性，降低铸件的致密性，引起铸件缩松，所以，控制 $P \leq 0.1\%$ 。

3.5 添加合金元素Cu

因为Cu是促进石墨化元素，细化和改善石墨的分布，同时具有增加和细化珠光体的作用。为保证基体组织中珠光体的含量，加入Cu 0.8%~1%。

4 熔炼及炉前处理

采用3 t中频感应炉熔炼，炉前碳硅热分析仪在线检测CE、C、Si；光谱分析仪检测Mn、Cu、P、S及其他金属元素；热电偶测温枪控制铁液温度。配料见表1。

由于采用废钢电炉熔炼，铁液含硫低，往往在0.04%左右，过低的S会导致孕育效果下降，需加入适量的FeS将原铁液的S含量调到目标水平。增碳剂要选用低硫低氮的优质石墨化增碳剂，氮含量控制在 100×10^{-6} 以下；如果选用高硫、高氮的增碳剂会导致铸件出现氮气孔缺陷；根据公司使用经验，增碳剂的粒度与电炉的炉膛直径和容量有关，一般情况下，炉膛的直径和容量大，增碳剂的颗粒要大一些，反之，增碳剂的颗粒度要小一些，1 t及以下的电炉，颗粒度选择0.5~2.5 mm，1~3 t的电炉，颗粒度选择2.5~5 mm，3~10 t电炉，颗粒度选择5~20 mm。本次试制，增碳剂的颗粒度控制在2.5~5 mm，其成分见表2。

增碳剂加入方法：在炉底先加入100~150 kg的回炉料（或生铁），或者保留同量的铁液；然后根据铁液预期达到的碳含量来计算需要加入的增碳剂重量，与

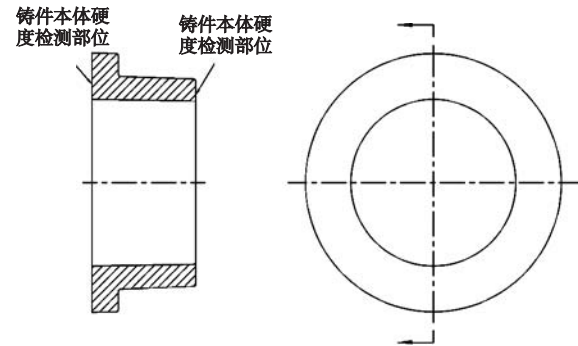


图1 轴套
Fig. 1 Bushing ring

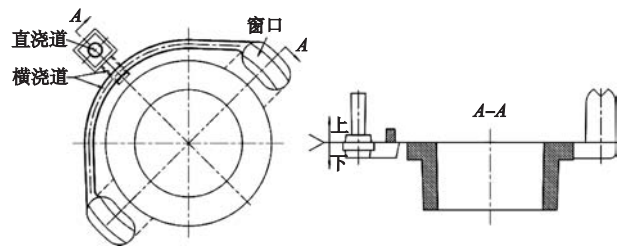


图2 铸造工艺草图
Fig. 2 Casting process sketch

表1 铸件铁液的配料
Table 1 Compositions of charge

| 炉料 | 废钢 | 回炉料 | 铁屑 | 占金属炉料总重量的比/% | | |
|----|----|-----|----|--------------|------|-----|
| | /% | /% | /% | 65MnFe | FeS | 增碳剂 |
| 配比 | 60 | 20 | 20 | 0.5 | 0.05 | 1.5 |

表2 增碳剂的成分
Table 2 Compositions of carburetant w_B /%

| C | S | 灰分 | 挥发分 | 水分 | N | H |
|-------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| ≥ 99.0 | ≤ 0.05 | ≤ 0.3 | ≤ 0.3 | ≤ 0.3 | ≤ 0.01 | ≤ 0.01 |

废钢交叠进行加入，即一层废钢一层增碳剂的交叠方式加料。加入增碳剂时需要注意，增碳剂尽量放置在炉膛的中心位置，尽量减少与炉壁接触，以免侵蚀炉壁，造成增碳剂烧损，铁液增硅。

出炉温度控制在1 480~1 540 ℃。出铁前，应将铁液表面的釉渣扒干净，防止因渣量过多而影响孕育效果。

采用石墨化能力和抗衰老能力较强的硅钡孕育剂

(见表3) 进行出铁槽随流孕育, 颗粒度2~6 mm, 加入量控制在0.4%~0.6%。

铜在包内加入。采用硅钡合金瞬时孕育剂(见表3), 颗粒度0.2~0.7 mm, 加入量控制在0.1%~0.15%, 在浇注时加入; 两种孕育剂在使用前都要经过300℃左右烘烤, 以去除水分。

5 生产验证

按上述要求共试制5批铸件, 每批7件, 共计35

件。化学成分见表4, 力学性能见表5, 金相组织见图3。产品的力学性能完全符合客户的技术要求, 上述工艺方案可以满足合成铸铁HT350的批量生产。

表3 两种孕育剂的化学成分
Table 3 Compositions of Si-Ba inoculant and Si-Ba alloy instant inoculant $w_B/\%$

| 孕育剂 | Si | Ba | Al | Ca | Fe |
|--------------|-------|----------|---------|---------|-----------|
| Si-Ba孕育剂 | 60~67 | 7.0~11.0 | 0.5~1.7 | 0.4~2.0 | 32.1~18.3 |
| Si-Ba合金瞬时孕育剂 | 72.06 | 2.06 | 1.33 | 1.26 | 23.29 |

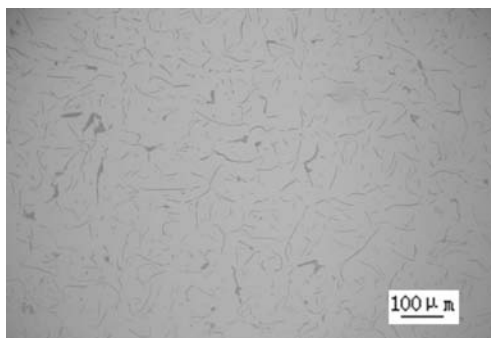
表4 铸件的化学成分
Table 4 Chemical composition of castings $w_B/\%$

| 批次 | C | Si | Mn | S | P | Cu | Pb | Sn |
|-------|----------|-----------|-----------|-----------|-------|---------|--------|--------|
| 要求 | 2.9~3.25 | 1.45~1.65 | 0.85~1.10 | 0.06~0.09 | ≤0.1 | 0.8~1.0 | <0.002 | <0.002 |
| 1(7件) | 3.24 | 1.50 | 0.85 | 0.090 | 0.056 | 1.00 | 0.0015 | 0.0018 |
| 2(7件) | 2.94 | 1.65 | 1.10 | 0.078 | 0.050 | 1.00 | 0.0013 | 0.0015 |
| 3(7件) | 3.02 | 1.45 | 1.03 | 0.066 | 0.041 | 0.90 | 0.0010 | 0.0010 |
| 4(7件) | 3.09 | 1.65 | 0.95 | 0.080 | 0.053 | 0.95 | 0.0014 | 0.0016 |
| 5(7件) | 3.22 | 1.55 | 1.00 | 0.085 | 0.046 | 0.97 | 0.0018 | 0.0013 |

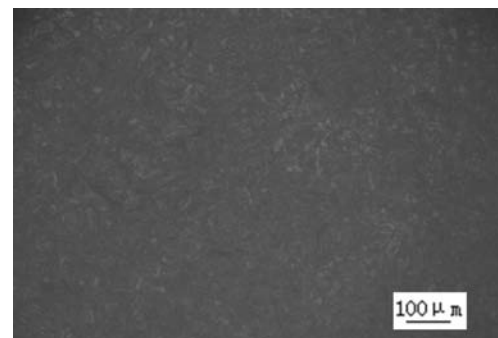
表5 单铸试棒的力学性能、本体基体组织及本体硬度

Table 5 Mechanical properties of separately cast test bars and hardness & matrix structure of castings

| 批次 | 抗拉强度/MPa | 硬度HB(试棒) | 珠光体量/% | 渗碳体量/% | 石墨形状 | 石墨长度等级 | 本体硬度HB |
|-------|----------|----------|--------|--------|------|--------|---------|
| 要求 | 350~450 | ≤240 | | <1 | | | 190~220 |
| 1(7件) | 402 | 240 | 98 | <1 | A型 | 5级 | 212 |
| 2(7件) | 350 | 239 | 98 | <1 | A型 | 5级 | 200 |
| 3(7件) | 395 | 235 | 98 | <1 | A型 | 5级 | 209 |
| 4(7件) | 385 | 238 | 98 | <1 | A型 | 5级 | 203 |
| 5(7件) | 410 | 236 | 98 | <1 | A型 | 5级 | 215 |



(a) 腐蚀前



(b) 腐蚀后

图3 铸件的金相组织

Fig. 3 Metallograph of castings

6 结束语

(1) 生产合成铸铁宜选用低硫低氮优质石墨化增碳剂。

(2) 增碳剂的粒度与电炉的炉膛直径和容量有关, 一般情况下, 炉膛的直径和容量大, 增碳剂的颗粒要大一些, 反之, 增碳剂的颗粒度要小一些。本次试制增碳剂的颗粒度控制在2.5~5 mm。

(3) 电炉熔炼灰铸铁时, 通过FeS调整铁液中的S含量, 以获得良好的孕育效果, 一般S含量宜控制在0.06%~0.09%为宜。

(4) 生产高牌号灰铸铁厚大件, 应采用长效孕育剂和瞬时孕育。

(5) 废钢来源要稳定, 尽量采用低碳钢, 有利于批量生产时铸件化学成分及力学性能的控制和稳定。

Process Practice of HT350 High Strength Synthetic Cast Iron

GAI Zhi-hong¹, LIU Quan-rong², SUN Xin-ming²

(1. Chief Engineer Office of Cixihuili Machinery & Electric Co., Ltd., Cixi 315333, Zhejiang, China; 2. Foundry Plant of Cixihuili Machinery & Electric Co., Ltd., Cixi 315333, Zhejiang, China)

Abstract:

According to the structural characteristics and technical requirements of HT350 bushing ring castings, the smelting process of the synthetic cast iron was determined, in which the scrap steel, returning iron, carburetant, etc. were utilized and a small amount of alloying elements were added. Through strict control of raw materials, chemical composition, and the use of permanent inoculant and instantaneous inoculation process, HT350 bushing ring with wall thickness of 50-100 mm was successfully produced. This will provide valuable experience for the production of high grade HT350 synthetic iron castings.

Key words:

synthetic cast iron; bushing ring; wall thickness; carburetant
