

# 球墨铸铁冷却壁心部性能研究

宋春晖<sup>1</sup>, 刘栋梁<sup>2</sup>

(1. 上海宝钢铸造有限公司, 湖北武汉 430080; 2. 宝钢股份中央研究院(武钢有限技术中心), 湖北武汉 430080)

**摘要:** 球墨铸铁件的心部性能成为衡量球墨铸铁冷却壁内部质量的一个重要指标。技术要求为心部抗拉强度 $R_m \geq 350 \text{ N/mm}^2$ , 伸长率 $A \geq 8\%$ ; 心部金相组织球化率 $\geq 70\%$ , 铁素体含量 $\geq 80\%$ 。由于球墨铸铁冷却壁属于厚大铸件, 受凝固特性、冷却速度和合金元素等因素的影响, 心部性能不稳定, 通常无法达到技术协议的要求。本文分析了心部性能较低的原因, 提出了工艺改进措施, 进行了冷却壁解剖试验, 验证了试验效果。

**关键词:** 球墨铸铁; 冷却壁; 心部性能

冷却壁是炼铁高炉的主要冷却设备, 其质量的好坏直接影响一代炉龄。球墨铸铁冷却壁由于具有抗热震性好, 综合力学性能高, 使用时间较长及生产成本较低等优点, 是目前国内外 $1\ 000 \text{ m}^3$ 级以上高炉首选品种之一, 材质为QT400-18<sup>[1]</sup>。随着我国高炉冷却壁的发展, 球墨铸铁冷却壁的使用寿命已经可以达到15年, 这说明冷却壁的设计研究和制作工艺有了长足的发展和进步。近年来球墨铸铁冷却壁心部的性能受到越来越多的重视, 可以说心部性能的好坏直接反应了冷却壁的本体质量, 这就对冷却壁的制造生产提出了更高的要求。本文分析了目前球墨铸铁冷却壁心部性能存在的问题, 总结了问题产生的原因, 提出了解决问题的方法, 通过试验对球墨铸铁冷却壁进行了解剖并验证了试验效果, 旨在提高球墨铸铁冷却壁的心部性能。

## 1 心部质量问题及产生的原因

### 1.1 心部质量问题

心部力学性能低, 一般低于冷却壁表面, 通常情况下抗拉强度 $R_m \leq 300 \text{ N/mm}^2$ , 伸长率 $A \leq 6\%$ 。心部金相组织不达标, 通常球化率 $\leq 70\%$ , 铁素体含量 $\leq 80\%$ 。

### 1.2 产生的原因

#### 1.2.1 冷却速度慢

由于冷却壁属于厚大断面铸件, 尤其是心部位置, 冷却速度缓慢, 凝固时间长, 导致铸件中常出现石墨球数减少, 石墨球径粗大, 球化衰退, 石墨畸变, 石墨漂浮, 晶间偏析等缺陷, 从而导致心部力学性能下降<sup>[2]</sup>。

#### 1.2.2 球状石墨数量少

对球墨铸铁而言, 石墨的形态及球化率对球铁的性质有着决定性的影响, 也是球铁质量的重要标志之一。石墨数量少, 球化率低, 势必会降低心部性能。

#### 1.2.3 球化剂的加入量和孕育剂时间不合理

球化剂是影响石墨球化的重要环节, 适当的稀土可以细化晶粒, 而过多的加入会导致球化衰退。孕育的时间不合理, 也会导致孕育衰退, 降低孕育效果, 进而降低心部性能。

作者简介:

宋春晖(1986-), 女, 工程师, 研究方向为铸造。  
电话: 15007101296, E-mail: 970509725@qq.com

中图分类号: TG143.5

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2024)03-0377-03

收稿日期:

2023-04-13 收到初稿,  
2023-12-14 收到修订稿。

## 2 提高球墨铸铁冷却壁心部性能的有效途径

### 2.1 提高冷却速度

冷却壁属于厚大型铸件，由于冷却速度慢，凝固时间长，则铸件中常出现石墨球数减少，石墨球径粗大，球化衰退，石墨畸变，石墨漂浮，元素偏析等一系列缺陷，从而导致力学性能下降。所以加快冷却是防止石墨畸变产生的有效措施之一<sup>[1]</sup>。本试样将球墨铸铁冷却壁的浇注速度由原来的36 s/t，提高到24 s/t。

### 2.2 增加冒口数量

冒口在铸件上的安放位置是否合理，是十分重要的问题，它直接影响冒口的补缩效率和铸件的质量。为了加强铸件的凝固顺序，提高冒口的补缩效果，冒口应该放在铸件较高的位置上。本试验冒口数量由原来的一块冷却壁9个，改为12个。

### 2.3 增加球状石墨的数量

对球墨铸铁而言，球墨的形态即球化率对球铁的性质有着决定性的影响，也是球铁质量的重要标志之一。在球铁中加入一定量的铈，会有效地提高石墨的球数。铈的加入能增加石墨球数，细化石墨，增加铁素体含量。同时铈还将减少过冷，即铈有一定的孕育效果<sup>[2]</sup>。强化孕育效果是增加石墨球数的重要有效途径，因此当前球铁生产中十分重视瞬时孕育技术的开发，减少孕育时间，减少孕育次数，开发孕育剂等。严格控制孕育剂的加入量，加入量为铁液重量的0.3%~0.8%。孕育剂的加入时间，应占出铁时间的60%以上，以保证孕育剂和铁液均匀混合。孕育处理后，立即浇注，防止孕育衰退，降低孕育效果。

### 2.4 稀土元素和含硅量的控制

由于稀土元素非常活泼，与氢、氧、硫、氮等的亲和力很强，因此具有脱硫、去氧、除气的作用。稀土元素还具有中和球化干扰元素的作用，使石墨重新球化。在球化剂处理的球铁中，加入适量的混合稀土，可显著提高石墨球数量，提高球化率。

在厚大球铁铸件中，硅是必须严格控制的元素。有文献指出，硅和铈、钙、镍一样都是降低奥氏体壳熔点，促进碎块状石墨形成的元素，随着凝固时间的增长，为了不产生碎块状石墨，必须减低球墨铸铁终硅量<sup>[3]</sup>。

## 3 解剖试验

### 3.1 解剖位置和取样位置

首先选取一件常规的冷却壁，长度为1 910 mm，

宽度为808.5 mm，厚度为235 mm，如图1所示。并确定冷却壁解剖位置，如图2阴影部分，大约500 mm的宽度。

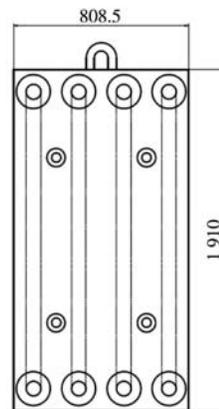


图1 冷却壁外形轮廓图

Fig. 1 Outline drawing of cooling stove



图2 冷却壁解剖位置

Fig. 2 The anatomical position of cooling wall

### 3.2 工艺改进措施

经过加工锯开后的取样位置，如图3。从冷却壁热面到冷面分别取样并编号，1-5号，并做拉伸试验和金相组织试验。



图3 冷却壁取样位置

Fig. 3 The sampling position of cooling staves

## 4 试验结果

表1给出冷却壁解剖位置试块的分析结果。从试验结果来看,从热面到冷面,抗拉强度依次提高;冷面的抗拉强度和伸长率最大,说明靠近冷面的性能最

好。1-4号样的伸长率相差不大。金相组织的结果波动不大,结果相似。通过采取相关措施提高心部性能,心部性能有了明显改善,见表2,部性能全部满足了技术协议的要求。

表1 解剖位置试样的力学性能及金相组织结果  
Table 1 Mechanical properties and metallographic microstructure of samples at anatomical locations

试样编号	抗拉强度/MPa	伸长率/%	石墨大小/级	球化分级/级	球化率/%	铁素体含量/%
1	348	9	4	3	80	85
2	361	7	4	3	80	85
3	367	9	4	3/4	75	80
4	370	8.5	4/5	3/4	75	85
5	399	13.5	5	3	80	85

表2 球墨铸铁冷却壁心部力学性能及金相组织结果  
Table 2 Mechanical properties and metallographic microstructure of LIU gang staves

抗拉强度/MPa	伸长率/%	石墨大小/级	球化分级/级	球化率/%	铁素体含量/%
386	12	5-6	3	85	90

## 5 结束语

球墨铸铁的心部性能已经成为衡量冷却壁本体质量的一个重要指标,本试验通过提高浇注速度、增加

冒口数量、增加球状石墨的数量、控制稀土元素和含硅量等方法,提高了冷却壁的心部性能,达到了技术协议要求,提高了产品质量。

### 参考文献:

- [1] 范晓明,胡寿玉,余光明,等.高炉冷却壁的制备技术及其进展[J].钢铁研究,2007(4):51-54.
- [2] 马晓峰.厚大断面球铁的显微组织及力学性能[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2009.
- [3] 周继扬,ENGLER S.厚壁球铁件中的碎块状石墨[J].铸造,1997(11):12-19.

## Study on Core Properties of Ductile Iron Cooling Staves

SONG Chun-hui<sup>1</sup>, LIU Dong-liang<sup>2</sup>

(1. Shanghai Baosteel Casting Co., Ltd., Wuhan 430080, Hubei, China; 2. Baosteel Central Research Institute (R&D Center of Wuhan Iron & Steel Co., Ltd.), Wuhan 430080, Hubei, China)

### Abstract:

In recent years, the core properties have become an important index to measure the internal quality of ductile iron cooling staves. Some projects require heart tensile strength  $R_m \geq 350 \text{ N/mm}^2$ , elongation  $A \geq 8\%$ . Heart metallographic spheroidization rate  $\geq 70\%$ , ferritic content  $\geq 80\%$ . However, because the ductile iron cooling staves belongs to thick and large castings, the core properties are not stable due to the influence of solidification characteristics, cooling rate and alloying elements, etc., and usually cannot meet the requirements of the technical agreement. In this paper, the reasons for the low performance of the heart are analyzed, and the improvement measures are put forward.

### Key words:

ductile iron; cooling staves; core properties