

邯宝炼钢产线生铁检测工艺流程的完善和优化

马爱方, 冯士娟, 陈红, 宫彦坤, 艾晓礼

(邯钢技术中心, 河北邯郸 056015)

摘要: 本文针对邯宝炼钢产线存在生铁出数率偏低的现状, 分别从取样、制样、制备、检测等方面展开调研和攻关, 通过与先进企业对标发现各环节存在的不足和问题, 找出了影响生铁出数率低的主要症结并针对这些问题进行了完善和优化。最后, 通过金相组织分析, 生铁白口化充分, 生铁出数率由原先不足 80% 提高至 95% 以上, 达到预期效果。

关键词: 原子发射光谱法; 生铁; 白口化

The Improvement and Optimization of Cast Iron Analysis Process in Hanbao Steelmaking Line

MA Aifang, FENG Shijuan, CHEN Hong, GONG Yankun, AI Xiaoli

(The Technical Center of Handan Iron and Steel Company, Handan HeBei, 056015)

Abstract: In view of the current situation of low chemical analysis data reporting rate in cast iron of Hanbao production line, this paper carries out abundant research from sampling, preparation, testing and any other methods. Through benchmarking with advanced enterprises, the problems existing in each link are founded, and the reasons which affect the data reporting rate in cast iron are also optimized. By metallographic analysis, it is found that the whitening of cast iron is very serious. Finally, the data reporting rate in cast iron was increased from less than 80% to 90% and the expected effect was achieved.

Keywords: OES; cast iron; whitening of cast iron

0 引言

邯宝炼钢产线于 2008 年 10 月建成投产, 产品以汽车板、管线钢、家电及电工钢等低硫及极低硫 (成品目标上限 $< 20 \times 10^{-6}$) 高附加值品种钢为主。为满足客户对钢材品质不断提高的需求, 在上世纪 80 年代就基本确立了以铁水预处理—转炉—炉外精炼为基准的纯净钢冶炼工艺。随着钢材市场竞争的不断加剧, 钢企制造成本的压力日益加大, 以铁水脱硫为主的铁水预处理技术得到了迅猛发展, 特别是进入 21 世纪钢铁产能迅速扩大的背景下, 为在高产量下保持高效率、高品质、低成本的冶炼, 新脱硫工艺的技术开发层出不穷, 铁水炉外预处理已成为钢铁冶金工艺流程中的一个重要环节^[1-3]。在公司汽车板新工艺新技术推进会上, 邯宝炼钢提出了转炉铁水成分检测成功率低 (仅 80% 左右) 且碳含量波动大, 转炉二级模型无法采集铁水碳含量进行静态模型计算, 影响 TSC 时刻温度、碳含量稳定性。

1 炼钢生铁检测现状

1.1 现状统计分析

根据邯宝炼钢产线生铁检测存在的问题, 对铁水倒罐站铁水成分检测情况进行了详细跟踪 (周期为一周)。跟踪周期内共跟踪倒罐铁水炉数 294 炉, 实际取样炉数 277 炉, 取样率 94.2%, 检测成功试样 217 炉 (出数的炉次, 包括 C:5.5%), 检测成功率为 78.34%, 成分报出率为 73.81%。

表 1 试样跟踪统计
Table 1 Sample tracking statistics

时间	翻铁罐数/n	取样数/n	取样率/%	检测数/n	失败数/n	检测成功率%	成分报出率%	失败原因		
								裂纹	麻点	其它
一天	62	59	95.16	46	13	77.97	74.19	11	2	0
一天	39	34	87.18	29	5	85.29	74.36	3	2	0
三天	118	113	95.76	82	31	72.57	69.49	16	13	2
二天	75	71	94.66	60	11	84.51	80.00	6	4	1
总计	294	277	94.20	217	60	78.34	73.81	36	21	3

1.2 检测失败原因

第一：试样存在裂纹导致检测不准，占比 60%（36/60）；第二：试样表面的麻点导致检测不准，占比 35%（21/60）；第三：肉眼观察无问题，检测不出数据，占比 5%（3/60）。

1.3 金相组织分析

按照相关文献报道以及 GB/T24234 《铸铁 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法（常规法）》要求，炼钢生铁样品需白口化即试样中碳均以 Fe_3C 形式存在。生铸铁样品在不采取任何措施的情况下，大多数以灰口的金相组织存在即样品中碳以石墨碳和 Fe_3C 形式存在，石墨碳在不同的生铸铁中以片状、球状或团聚状的形貌存在。

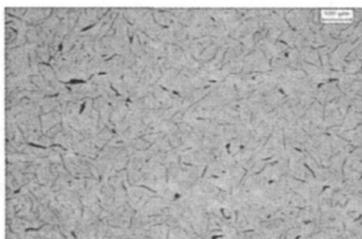


图 1 片状石墨碳
Figure 1 Flaky graphite carbon

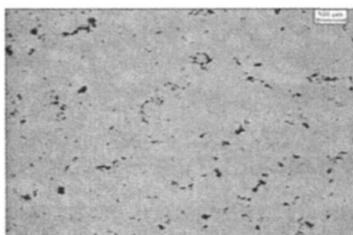


图 2 团聚状石墨碳
Figure 2 Aggregate graphite carbon

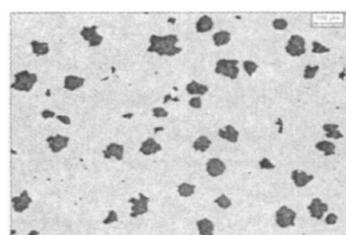


图 3 球状石墨碳
Figure 3 Spherical graphite carbon

1.4 生铸铁白口化

为了达到生铸铁白口的程度可以采取以下措施：提高浇注试样的温度，可以增加铁水的过冷度，可避免和减少作为石墨核心的夹杂物，从而提高白口化的程度，浇注温度要求 1400℃以上；提高浇注试样的冷却速度，改善试样的冷却条件，减少试样的厚度，增加试样的冷却面积，以提高冷却速度，铁水的急冷，使得样品中来不及或很少析出游离石墨，使铸铁形成白口化。一般采取铜模浇注法最好；在铁水中加入反石墨化元素。铁水中石墨碳的析出与其化学成分有极密切的关系，加入反石墨化元素能抑制石墨核心的形成，促进试样的白口化。如在浇注成试样时，分别加入铬、碲时，铬、碲两种元素的白口化效果好。

2 对标交流及原因分析

为改善和提高邯宝炼钢生铁检测工艺流程，提高生铁检测出数率，就生铁检测到某先进钢企进行对标交流，从铁水的取样、制样、检测等环节进行专项对标交流学习。对标钢企铁水运输到炼钢厂后进行 100% 脱硫，并且在脱硫前、脱硫后均进行取样，脱硫前、脱硫后的铁水取样率均在 99% 以上且均进行全成分检测；邯宝炼钢产线铁水到厂后，仅有 35% 的炉次进行铁水脱硫，无论脱硫炉次还是非脱硫炉次，铁水到炼钢厂后的取样率在 87-100% 之间，平均 93%，较对标钢企低 6%。针对这些问题进行查找分析，主要原因有：

2.1 生铁试样质量影响

邯宝炼钢产线生铁采用本公司附企制造的铁水取样器，对标钢企采用的北京某公司的多功能取样器（测温取样一体）见图 3、图 4。通过两家取样器实物表面质量的对比，发现邯宝炼钢所取铁样表面比较粗糙，对标钢企所取铁样较为平整，对标钢企铁样质量明显优化邯宝炼钢产线。



图4 邯宝炼钢产线
Figure 4 Production line of Hanbao steelmaking line



图5 对标钢企
Figure 5 The benchmarking steelmaking enterprises



图6 两家取样对比（左为邯宝）
Figure 6 Sampling comparison (the left is from Hanbao)

2.2 铁水带渣量影响

对标钢企要求铁水带渣量在 3%以下，邯宝炼钢产线铁水带渣量要求 7%以下，带渣量多导致铁水包炉渣结壳，影响取样率，该类影响在邯宝炼钢产线的占比为 2-3%左右，虽然对标钢企同样存在铁水罐炉渣结壳现象，但其采用了铁水预扒渣处理方式，可以将结壳炉渣扒除，或采用 KR 螺旋桨搅拌头把渣壳搅碎，不影响测温取样。

2.3 钢水浇余回收的影响

邯宝炼钢产线的钢包钢水浇余均采用铁包进行回收，然后加入铁水后兑入转炉内，由于钢水熔点较铁水高，铁水倒入后也很难将钢块完全熔化，导致铁水液面结壳，无法测温取样，这类比例占比约 2-3%，对标钢企不用铁包回收浇余，不存在这情况。

2.4 铁水量或生产节奏影响

邯宝炼钢产线在将铁水从鱼雷罐倒入铁包后，存在铁水包铁水不满，取样器插入深度不够或倒罐后生成节奏紧，来不及测温取样的情况，该类事故的影响占比为 2%，对标钢企采用“一罐到底”的运输方式，虽然也存在节奏紧张，无法取脱硫前铁样的情况，但其每包铁水的高炉成分，脱硫前、脱硫后成分均在同包号下显示，可以参考高炉铁水成分，很好的避免了此类情况的影响，影响比例不足 0.5%。

2.5 检测差异性影响

对标钢企铁水样的检测成功率在 98%以上，邯宝炼钢产线铁水成分检测成功率为 78%左右，较对标差距较大，除却铁样质量的影响外，在检测设备配置及检测方法方面也存在一定差异。对标企业为提高试样报出的及时性，根据现有设备能力，生铁采用铣样机铣制，X 荧光仪检测；而邯宝炼钢产线采用手动砂轮磨制，直读光谱仪检测。

3 生铁监测工艺优化与实践

3.1 生铁取样器的改进

通过对标交流学习和分析，生铁取样器是影响生铁出数率低的关键因素。为此，对取样器进行了大幅度改进，同时优化生铁试样的冷却方式。具体措施为：将取样器饼样厚度由 12mm 减薄为 10mm；将取样器和测温功能融为一体成为复合探头，铁水灌注方式由侧孔变为顶部；复合探头取样器增加挡渣帽。图 7、图 8 为取样器改进前后金相组织。

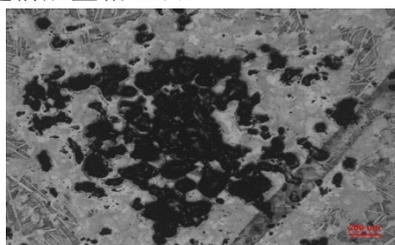


图7 旧取样器 200 微米金相组织
Figure 7 200 micro metallographic structure photograph by old sampling device

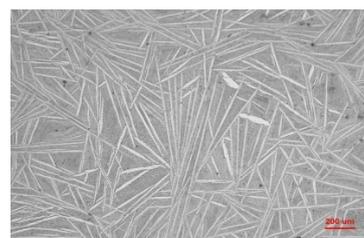


图8 新取样器 200 微米金相组织
Figure 8 200 micro metallographic structure photograph by new sampling device

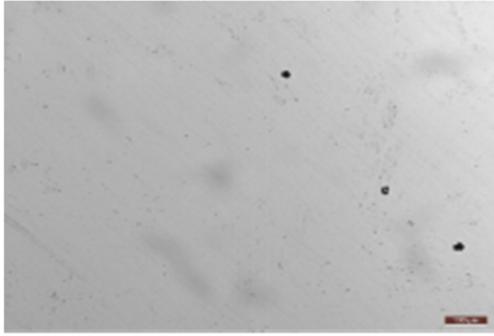


图9 先进钢企 C4.14%抛光态组织 (100 倍)
Figure 9 C 4.14% polished texture photograph
from advanced steelmaking enterprise (100X)

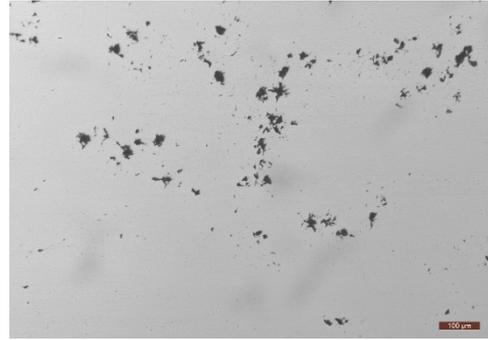


图10 邯宝炼钢 C4.00%抛光态组织 (100 倍)
Figure 10 C 4.00% polished texture photograph
from Hanbao steelmaking enterprise

通过试验, 饼样成型后, 水冷和空冷条件对表层检测区域白口化影响不大, 表层 2-3mm 白口化取决于取样器扎进铁水时饼样表层凝固形成时冷速; 复合取样探头的铁水灌入方式由侧孔变为顶部, 在没有挡渣帽的条件下容易裹入渣形成沙眼, 需要增加插入深度; 饼样取出后先空冷后水冷, 可以有效预防饼样裂纹。

3.2 取样深度和角度的改进

生铁测温和取样有两套驱动装置, 一支枪装测温头, 另一支枪装取样测头。测温的结果可以快速在现场的大屏幕数码表及脱硫操作室的计算机上显示并记录。同时采用编码器、限位开关, 确保测温、取样枪升降到位准确和安全。采用编码器可以准确确定和控制枪位, 在铁水量和渣量波动大时作用更大。测温取样枪升降速度为 24m/min, 测温取样枪行程为 5.6m, 枪体倾斜角度为 5°, 驱动形式为电动, 原则上, 要求每一包铁都进行测温取样, 特殊情况下, 不能测温取样时, 必须及时告知调度室与脱硫站, 测温取样之前必须确认铁水称量台车停位准确且罐中无大块渣。测定点深度在液面下 500mm 处。铁水测温取样探头在铁水中浸渍时间为 3-5 秒。为有效提升测温和取样效率, 将测温和取样合二为一, 一次下枪即可测温又可取样, 枪体倾斜角度依然为 5°, 测定点深度在液面下 500mm-800mm 处, 取样后先自然冷却再水冷。

3.3 磨削深度的改进

生铁样品采用圆饼型试样, 厚度约 12mm, 试样表层因采取急冷, 白口化较好, 而内部组织因冷却缓慢, 渗碳体组织未形成, 碳元素因析出差存在偏析。经过金相组织分析表明, 生铁试样表面 3mm 以下存在石墨碳。因此, 建议生铁试样磨削厚度 1mm 为宜。

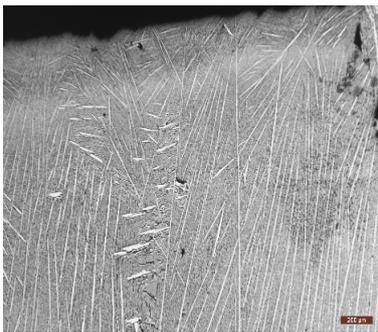


图11 距表层 1000um 内区域
Figure 11 Within 1000um' region
from the surface

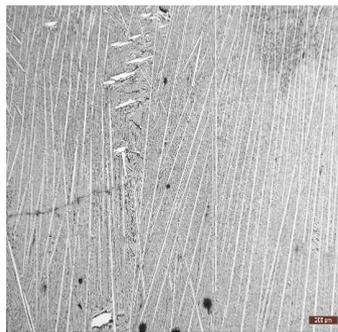


图12 距表层 2000um 内区域
Figure 12 Within 2000um'
region from the surface

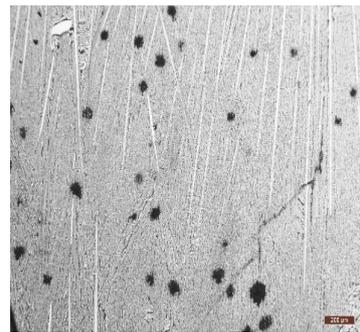


图13 距表层 2000um 内区域
Figure 13 Within 2000um'
region from the surface

3.4 制备方法的改进

按照 GB/T24234 《铸铁 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法(常规法)》要求, 样品制备可采用砂轮机、砂纸磨盘或砂带研磨机研磨, 研磨材质的粒度直径应选用 0.4mm-0.8mm, 也可选用铣床处理样品, 保证样品表面平整、洁净。由于邯宝炼钢产线生铁中碳含量较对标钢企整体偏高 0.5%, 在采用砂轮机研磨时, 砂轮上吸附的磨削料将污染生铁试样表面。而采用铣床对生铁试样进行制备将可避免此污染, 经过比对验证, 生铁中磷钛等元素的分析在采用铣床制备后得到很大改善。

表 2 不同制备方法的影响

Table 2 Effects of different preparation methods

	C	Si	Mn	P	S	Ti	备注
0063388	4.71	0.342	0.174	0.113	0.0283	0.0635	砂轮机
	4.62	0.421	0.175	0.100	0.0351	0.0632	铣床
	4.66	0.431	0.176	0.103	0.0347	0.0637	标准值
0063357	4.70	0.404	0.171	0.102	0.0311	0.056	砂轮机
	4.57	0.337	0.173	0.129	0.0331	0.056	铣床
	4.55	0.339	0.178	0.124	0.0341	0.057	标准值
0063394	4.51	0.531	0.158	0.0807	0.0395	0.081	砂轮机
	4.43	0.437	0.152	0.112	0.0286	0.0723	铣床
	4.41	0.447	0.155	0.124	0.0291	0.0732	标准值
0063391	4.80	0.45	0.161	0.0623	0.0356	0.075	砂轮机
	4.57	0.357	0.161	0.102	0.0286	0.073	铣床
	4.61	0.361	0.166	0.110	0.0294	0.075	标准值

3.5 不同金相组织下的碳元素精密度实验

选用不同金相组织（白口化组织和非白口化组织）对同一试样连续测定 10 次，计算测定结果的相对标准偏差，结果如表 5 所示。



图 13 不同金相组织下碳元素精密度数据

Figure 13 Carbon precision data from different metallographic structure

4 结论

生铁试样检测区域白口化程度和质量与取样器关系密切，需要重视取样器质量和取样操作；邯宝炼钢产线铁水中碳含量整体偏高，碳高一定程度影响铁样的白口化程度，需要通过取样器和检测手段优化弥补碳含量高的问题。下一步需要紧密与取样器厂家共同研究生产一批复合取样器，增加陶瓷套圈和挡渣帽，进一步验证铁水成分稳定性；必要时生铁试样采用铣样机加工铁样，直读光谱仪检测铁样成分；邯宝炼钢优化取样器插入深度，提高取样成功率；铁水碳高是否影响铁样冷却时石墨析出量，需要进一步研究跟踪。

参考文献:

- [1] 余永军. 喷吹 CaO_2Mg 粉剂铁水脱硫工艺分析及其参数优化[D]. 沈阳: 东北大学, 2000.
- [2] 刘炳宇. 不同铁水脱硫工艺方法的应用效果[J]. 钢铁, 2004, 39(6): 24. (LIU Bingyu. Applied Effects of Different Hot Metal Desulfurizing Processes [J]. Iron and Steel, 2004, 39(6): 24.)